

STUDIUL TRANZITĂRII DEBITELOR DE APĂ PE RÂURILE ÎNDIGUITE CU ACUMULĂRI LATERALE

Teză destinată obținerii
titlului științific de doctor inginer
la
Universitatea "Politehnica" din Timișoara
în domeniul INGINERIE CIVILĂ
de către

ing. Lucreția BOCIORT

Președinte comisie: prof.univ.dr.ing. Gheorghe LUCACI

Conducător științific: prof.univ.dr.ing. Gheorghe POPA

Referenți științifici: prof.univ.dr.ing. Ion GIURMA
prof.univ.dr.ing. Gheorghe CRETU
prof.univ.dr.ing. Aurora MANCIA

Ziua susținerii tezei: 24 februarie 2012

Seriile Teze de doctorat ale UPT sunt:

- | | |
|------------------------|---|
| 1. Automatică | 7. Inginerie Electronică și Telecomunicații |
| 2. Chimie | 8. Inginerie Industrială |
| 3. Energetică | 9. Inginerie Mecanică |
| 4. Inginerie Chimică | 10. Știința calculatoarelor |
| 5. Inginerie Civilă | 11. Știința și Ingineria Materialelor |
| 6. Inginerie Electrică | |

Universitatea "Politehnica" din Timișoara a inițiat seriile de mai sus în scopul diseminării expertizei, cunoștințelor și rezultatelor cercetărilor întreprinse în cadrul școlii doctorale a universității. Seriile conțin, potrivit H.B.Ex.S Nr. 14/14.07.2006, tezele de doctorat susținute în universitate începând cu 1 octombrie 2006.

Copyright © Editura Politehnica – Timișoara, 2011

Această publicație este supusă prevederilor legii dreptului de autor. Multiplicarea acestei publicații, în mod integral sau în parte, traducerea, tipărirea, reutilizarea ilustrațiilor, expunerea, radiodifuzarea pe microfilme sau în orice altă formă este permisă numai cu respectarea prevederilor Legii române a dreptului de autor în vigoare și permisiunea pentru utilizare obținută în scris din partea Universității "Politehnica" din Timișoara. Toate încălcările acestor drepturi vor fi penalizate potrivit Legii române a drepturilor de autor.

România, 300159 Timișoara, Bd. Republicii 9,
Tel. 0256 403823, fax. 0256 403231
e-mail: editura@edipol.upt.ro

Cuvânt înainte

Prezenta lucrare este rezultatul activităților desfășurate în perioada stagiului ca doctorand la Departamentul de Hidrotehnică din cadrul Universității "Politehnica" din Timișoara.

În teza de față s-a avut în vedere studiul tranzitării debitelor de apă pe râurile îndiguite cu acumulări laterale, principalul scop fiind acela de a analiza cu ajutorul modelelor matematice posibilitatea reducerii efectelor inundațiilor.

S-a căutat să se analizeze și să se trateze mai pe larg problemele legate de apărarea împotriva inundațiilor.

O atenție deosebită a fost îndreptată influenței activității umane asupra regimului de curgere a râului Timiș, în primul rând sub aspectul formării și propagării undelor datorate apelor mari.

Lucrarea evidențiază funcțiile și caracteristicile tehnice ale tuturor obiectivelor hidrotehnice noi importante (diguri, acumulările nepermanente - poldere, baraje, derivații, stăvilare, lucrări hidroameliorative, etc) care au o influență mare asupra regimului de scurgere a apelor mari. Toate acestea în lungul întregului curs al Timișului, în mod special în sectorul de frontieră.

Pentru reușita acestei realizări doresc să aduc alese mulțumiri conducătorului științific, domnului prof.univ.dr.ing. **Gheorghe POPA**, pentru sprijinul și competența îndrumare acordată pe toată perioada desfășurării și elaborării tezei.

Îmi exprim întreaga considerație față de membrii comisiei, domnul președinte al comisiei, prof.univ.dr.ing. **Gheorghe LUCACI**, decanul Facultății de Construcții, de la Universitatea „Politehnica” din Timișoara, domnului prof.univ.dr.ing. **Eugen MAN** de la Departamentul de Hidrotehnică din cadrul Universității „Politehnica” din Timișoara, domnului prof.univ.dr.ing. **Ion GIURMA**, Rectorul Universității Tehnice „Gh. Asachi” din Iași, prof.univ.dr.ing. **Gheorghe CREȚU** de la Departamentul de Hidrotehnică din cadrul Universității „Politehnica” din Timișoara și doamnei prof.univ.dr.ing. **Aurora MANCIA** de la Universitatea din Oradea pentru străduința și efortul de a analiza lucrarea și a participa la susținerea publică a tezei.

De asemenea, multe mulțumiri colaboratoarei mele apropiate, doamnei conf.dr.ing. **Ioana POPESCU**, cadru didactic la UNESCO-IHE Institute for Water Education din Olanda, pentru sprijinul acordat la realizarea programului pe calculator și a consultațiilor atât în domeniul informatic, cât și al literaturii de specialitate, promotor al proiectului „*Demonstrator pentru sisteme suport de decizie în caz de prevenire a riscului la inundații pentru managementul inundațiilor pe termen scurt*”, derulat cu Administrația Națională „Apele Române”, domnului Conf.dr.ing. **Gheorghe LAZĂR** de la Departamentul de Hidrotehnică a Universității „Politehnica” din Timișoara, pentru sprijinul și susținerea acordate la realizarea implementării datelor de intrare în cadrul programului HEC-RAS, colegilor mei din cadrul Administrației Bazinale de Apă Banat, ing. **Anca SOMEȘAN**, ing. **Bela BIRO**, dr.ing. **Cătălin ALDESCU**, ing. **Diana DRĂGAN**, ing. **Dorina JURCULEȚ**, tehn. **Ioța PERINAȚ** pentru implicare și susținere privind realizarea și formatarea lucrării, precum și familiei mele - părinților, soțului Florin și fiicei mele Flavia - pentru sprijin și înțelegere.

Timișoara, februarie 2012

Lucreția BOCIORT

Bociort, Lucreția

Studiul tranzitării debitelor de apă pe râurile îndiguite cu acumulări laterale

Teze de doctorat ale UPT, Seria 5, Nr.71, Editura Politehnica, 2011,
178 pagini, 16 relații matematice, 21 tabele, 29 hărți și 91 grafice și diagrame.

ISSN: 1842-581X

ISBN: 978-606-554-296-9

Cuvinte cheie: inundație, viitură, debit și nivel de apă, hidrograf, secțiune transversală, cheie limnometrică, modelare hidraulică, hărți de risc la inundații, sistem suport de decizie,

Rezumat,

Lucrarea tratează studiul tranzitării debitelor de apă pe râurile îndiguite cu acumulări laterale, principalul scop al studiului este acela de a studia cu ajutorul modelelor matematice posibilitatea reducerii efectelor inundațiilor. Datorită studierii diferitelor cazuri de inundare se pot elabora planuri de apărare și se pot recomanda măsuri de atenuare și prevenire a efectelor acestora. În principal, au fost studiate care sunt efectele erorilor datelor de intrare în modele matematice considerate și care este marja de siguranță în care se pot lua decizii în caz de inundații. Studiul în sine arată potențialul de a realiza hărți de risc la inundații cu prezentarea probabilităților unor zone de a fi inundate sau nu. Acest lucru oferă instrumente puternice factorilor de decizie în caz de inundație.

CUPRINS

1. Introducere	13
1.1. Generalități	13
1.2. Obiectivele cercetării	13
1.3. Conținutul tezei	14
2. Definirea problemei	15
2.1. Riscul la inundații	15
2.1.1. Definirea noțiunii de risc	15
2.1.2. Măsurarea riscului	16
2.1.3. Perceperea riscului de către populație.....	17
2.2. Managementul inundațiilor	18
2.2.1. Măsuri de prevenire a inundațiilor	19
2.2.2. Măsuri întreprinse în timpul fenomenului de inundație	21
2.2.3. Măsuri întreprinse după trecerea fenomenului de inundație	21
2.3. Apărarea împotriva inundațiilor	22
2.3.1. Strategii pe termen scurt	22
2.3.2. Strategii pe termen lung	23
3. Studiul de caz al sistemului Timiș-Bega	25
3.1. Sistemul hidrografic Timiș-Bega	25
3.1.1. Descrierea sectorului analizat	26
3.1.2. Date disponibile	34
3.2. Istoricul inundațiilor în zona Timiș-Bega	39
3.2.1. Viitura din anul 1912	39
3.2.2. Viitura din anul 1966	42
3.2.3. Viitura din anul 1999	48
3.2.4. Viitura din anul 2000	52
3.2.5. Viitura din anul 2005	59
3.3. Analiza riscului la inundații în bazinul hidrografic Timiș-Bega	72

4. Modelarea matematică a râurilor	73
4.1. Necesitatea modelării râurilor	73
4.2. Ecuații fundamentale	75
4.2.1. Ecuații în 3 D.....	75
4.2.2. Ecuații în 2 D.....	76
4.2.3. Ecuații 1 D	77
4.2.4. Curgerea râurilor cu secțiuni transversale compuse	77
4.2.5. Propagarea inundațiilor	79
4.3. Alegerea unui model matematic	82
5. Modelarea riscului la inundații în sistemul Timiș-Bega	85
5.1. Noțiunea de eroare a datelor	85
5.1.1. Incertitudini implicate în simularea inundațiilor	85
5.1.2. Modelarea inundațiilor și resurse „cloud & cluster computing”	86
5.1.3. Simularea inundațiilor folosind resurse de calcul distribuite ...	87
5.1.4. Studiu de caz	88
5.2. Calculul influenței erorilor asupra modelării	89
5.2.1. Descrierea modelului matematic integrat al bazinului Timiș – Bega	89
5.2.2. Sursele de erori a datelor	92
5.2.3. Utilizarea resurselor “cloud & cluster computing”	95
5.2.3.1. Utilizarea resurselor de tip “cloud computing ” pentru componenta HEC – HMS a modelului Timiș-Bega	96
5.2.3.2. Utilizarea resurselor de tip “cloud computing ” pentru componenta HEC – RAS a modelului Timiș-Bega	97
5.2.3.3. Utilizarea resurselor de tip “cluster computing” pentru componenta modelului Sobek 1D2D	97
5.2.3.4. Platforma de calcul pentru utilizarea resurselor de tip „cloud computing”	98
5.2.3.5. Rezultate obținute și analiza acestora	100
5.3. Hărți de inundabilitate	103
5.3.1. Avantajul folosirii resurselor de calcul de tip “cloud computing”	112

5.3.2. Utilitatea folosirii sistemului de calcul pe resurse de calculatoare tip "cluster"	116
---	-----

6. Influența digurilor asupra inundațiilor transfrontariere 119

6.1. Introducere / Cazuri analizate.....	119
6.2. Influența vegetației	120
6.2.1. Influența îndepărtării vegetației de pe sectorul Boka – frontieră asupra nivelurilor de pe teritoriul românesc	120
6.2.2. Rezultate	128
6.3. Influențe cotelor din secțiunea Boka asupra nivelurilor în secțiunile Jasa Tomici și Grăniceri	130
6.3.1. Analiza influenței cotelor din canalul DTD asupra nivelurilor în secțiunile Boka, Jasa Tomici și Grăniceri	130
6.3.2. Analiza influenței cotelor din secțiunea Boka asupra nivelurilor în secțiunile Jasa Tomici și Grăniceri în situația actuală a folosințelor din zona dig-mal de pe tronsonul Boka – Jasa Tomici.....	131
6.3.3. Analiza influenței cotelor din secțiunea Boka asupra nivelurilor în secțiunea Jasa Tomici și Grăniceri în condițiile eliminării vegetației de pe tronsonul Boka-frontieră cu România	133
6.3.4. Rezultate	135
6.4. Influența lucrărilor hidrotehnice de pe teritoriul românesc	138
6.4.1. Îndiguiri.....	138
6.4.2. Acumulări nepermanente	141
6.4.3. Folosirea acumulărilor nepermanente	142
6.4.4. Rezultate	151

7. Sisteme suport de decizie (SSD) în zona Timiș-Bega 155

7.1. Introducere	155
7.1.1. Informații generale.....	155
7.1.2. Descrierea bazinului hidrografic	156
7.2. Structura de urgență a SSD-ului	157
7.2.1. Deservirea unui sistem SSD	157
7.2.2. Utilizarea SSD-ului în planificarea deciziilor de urgență	159
7.2.3. Utilizarea SSD-ului în cazul unor evenimente reale (inundații în timp real).....	160
7.3. Concluzii	160

8. Concluzii și recomandări	161
8.1. Concluzii	161
8.2. Contribuții personale	163
8.3. Recomandări	164
Bibliografie	166

LISTA DE FIGURI

- 3.1. Rețeaua hidrografică a Spațiului Hidrografic Banat – amenajări complexe
- 3.2. Bazinul hidrografic Timiș-Bega
- 3.3. Schema de amenajare a b.h. Timiș pe sectorul Lugoj – frontieră Serbia
- 3.4. Bazinul hidrografic Bega
- 3.5. Bazinul hidrografic Timiș
- 3.6. Profil transversal caracteristic râu Timiș între Lugoj și Botos
- 3.7. Graficul temperaturilor medii lunare
- 3.8. Diagrama temperaturii aerului în b.h. Timiș funcție de altitudine
- 3.9. Amplasarea în plan a profilelor transversale pe r.Timiș pe teritoriul României (Sector Grăniceri – Rudna)
- 3.10. Amplasarea în plan a profilelor transversale pe r.Timiș pe teritoriul României (Sector Rudna - Cebza)
- 3.11. Amplasarea în plan a profilelor transversale pe r.Timiș pe teritoriul României (Sector Cebza - Parța)
- 3.12. Amplasarea în plan a profilelor transversale pe r.Timiș pe teritoriul României (Sector Parța - Șag)
- 3.13. Suprafețe inundate în timpul viiturilor din anii 1859 și 1912
- 3.14. Repartiția izohietelor din mai 1912 din b.h. Timiș și Bega
- 3.15. Repartiția izohietelor din mai 1966 din b.h. Timiș și Bega
- 3.16. Plan de situație a zonei inundate cu direcția de curgere a apelor inundabile în urma ruperii digului r. Timiș – 1 iunie 1966
- 3.17. Plan de situație și lucrări de închidere a digului stâng Timiș în urma inundațiilor din anul 1966
- 3.18. Inundațiile produse în Spațiul Hidrografic Banat în perioada 20–26 febr.1999
- 3.19. Repartiția izohietelor din februarie 1999 din b.h.Timiș și Bega
- 3.20. Hidrografe de niveluri la stații hidrometrice – Viitura din februarie 1999
- 3.21. Evoluția zilnică a stratului de zăpadă în perioada 15.02. – 23.02.1999
- 3.22. Precipitații înregistrate la stațiile meteo/hidro și posturile pluvio în perioada 17.02.1999 – 25.02.1999
- 3.23. Repartiția izohietelor din aprilie 2000 din b.h.Timiș și Bega
- 3.24. Grafic temperaturi Zona Lugoj - Graniceri
- 3.25. Precipitații înregistrate în perioada 01.04.2000 – 10.04.2000
- 3.26. Viitura din aprilie 2000 - *Râul Timiș*
- 3.27. Suprafețe inundate în urma ruperii digului mal stâng pe râul Timiș în 8 aprilie 2000
- 3.28. Râul Timiș cu sistemul de stăvilare din Serbia
- 3.29. B.H. Timiș – Bega. Zone inundate la viitura din aprilie 2005
- 3.30. Izohietele ploii înregistrate în Spațiul Hidrografic Banat în anul 2005
- 3.31. Niveluri și temperaturi la stațiile hidro pe sectorul Lugoj - Graniceri
- 3.32. Niveluri și temperaturi la stația hidro Grăniceri în aprilie 2005
- 3.33. Precipitații înregistrate la stațiile meteo/hidro și posturile pluvio în perioada 11.04.2005 – 30.04.2005
- 3.34. Viitura din aprilie 2005 – Râul Timiș
- 3.35. Suprafețele inundate în urma ruperii digului r. Timiș
- 3.36. Poziționarea stăvilarelor în sistemul hidrotehnic Timiș – Bega
- 3.37. Nivelul apei între digurile râului Timiș și în incinta apărată, niveluri măsurate în secțiunea de frontieră dig Timiș mal drept (aprilie – iunie 2005)
- 4.1. Curgerea într-un râu cu albie aproximativ prismatică (după Knight & Shiono, 1996)
- 4.2. Divizări ale secțiunii transversale a unui râu, în vederea calculării debitelor în 2D (după Knight & Shiono, 1996)
- 4.3. Tipuri de curgere într-un râu cu secțiune transversală compusă (după Kinght & Shiono, 1996).
- 4.4. Clasificarea modelelor hidrologice (dupa Chow 1998)

- 5.1. Spațiul Timiș-Bega, locație de captare și model HEC-HMS
- 5.2. Modelele utilizate pentru bazinul hidrografic Timiș-Bega
- 5.3. Realizarea fluxului de informații în modelul integrat Timiș-Bega
- 5.4. Variante de DEM și procesul de generare a acestora
- 5.5. Procesul de transfer și recuperare a datelor la utilizarea resurselor de tip "cloud computing"
- 5.6a. Hidrograf pe râul Gladna, aval de barajul Surduc
- 5.6b. Hidrograf la stația BG-J1, la 10 km aval de acumularea Surduc
- 5.6c. Hidrograf la stația BG-J2, la 30 km aval de stația BG-J1
- 5.7. Amploarea inundațiilor simulate și a celor conform imaginii MODIS
- 5.8a. Harta PIC pentru 10 simulări
- 5.8b. Harta PIC pentru 50 simulări
- 5.8c. Harta PIC pentru 100 simulări
- 5.8d. Harta PIC pentru 500 simulări
- 5.9a. Adâncime medie a inundației pentru 10 simulări
- 5.9b. Adâncime medie a inundației pentru 50 simulări
- 5.9c. Adâncime medie a inundației pentru 100 simulări
- 5.9d. Adâncime medie a inundației pentru 500 simulări
- 5.10a. Abaterea standard a adâncimii apei pentru 10 simulări
- 5.10b. Abaterea standard a adâncimii apei pentru 50 simulări
- 5.10c. Abaterea standard a adâncimii apei pentru 100 simulări
- 5.10d. Abaterea standard a adâncimii apei pentru 500 simulări
- 5.11. Timpul de simulare necesar rulării modelului HEC-HMS folosind resurse de calcul distribuite
- 5.12. Timpul de simulare necesar rulării modelului HEC-RAS folosind resurse de calcul distribuite
- 5.13. Timpul de simulare necesar rulării modelului SOBEK folosind resurse de calcul distribuite
- 5.14. Timpul economisit în actualizarea datelor la modelele integrate
- 5.15. Intervalul de probabilitate necesar

- 6.1. Reprezentarea grafică a variantelor de chei la Grăniceri
- 6.2. Reprezentarea grafică a variantelor de chei la P.H. ȘAG
- 6.3. Rezultatul calculului de mișcare permanentă pe tronsonul Grăniceri- Șag pentru debitele de 800, 1000, 1100, 1200 și 1368mc/s
- 6.4. Influența valorilor cotelor din canalul DTD asupra nivelurilor în secțiunile Boka, Jasa Tomici și Grăniceri
- 6.5. Influența valorilor cotelor din secțiunea Boka asupra nivelurilor la Jasa Tomici și Grăniceri în situația actuală, la debitele Q 800, 1000 și 1100mc/s
- 6.6. Influența valorilor cotelor din secțiunea Boka asupra nivelurilor la Jasa Tomici și Grăniceri în condițiile eliminării vegetației, la debitele Q 800, 1000 și 1100mc/s
- 6.7. Acumularea nepermanentă Cadar - Duboz
- 6.8. Polder Gad
- 6.9. Plan polder Hitiaș cu echipamente
- 6.10. Plan polder Pădureni
- 6.11. Schematizarea scurgerii pe modelul matematic realizat
- 6.12. Diagrame de distribuție a debitelor maxime – regim amenajat cu atenuări în poldere și acumulări
- 6.13. Hidrografe de nivel și de debit în secțiunea Șag
- 6.14. Hidrografe de nivel și de debit în secțiunea Grăniceri
- 6.15. Chei limnimetrice în regim permanent și nepermanent la Grăniceri
- 6.16. Chei limnimetrice în regim permanent și nepermanent la Jasa Tomici
- 7.1. Conceptul SSD de trei straturi
- 7.2. Cadrul conceptual al unui SSD

LISTA DE SIMBOLURI

- A - aria secțiunii transversale (mp) subcap. 4.2.3., 4.2.5., 6.1.; curgerea secundara subcap.4.2.1;
- α - coeficientul Coriolis - cap. 6.1.
- B - componenta greutatei - subcap. 4.2.1.
- β - coeficient de corecție al momentului - subcap. 4.2.5.
- C - coeficientul Chézy - cap. 6.1.
- C, D - tensorii Reynolds pe verticală și orizontală - subcap. 4.2.1.
- g - accelerația gravitațională - subcap. 4.2.1., - cap. 6.1.
- H1,H2,H3** - varianta minimală, medie și maximală a cheii limnimetrice la Șag (material predat părții sârbești în 1998) - cap. 6.2.
- H0 - cheia limnometrică în regim nepermanent din secțiunea Grăniceri, în situația actuală a vegetației în albia majoră de pe teritoriul sârbesc (n.major=0.120/n.minor=0.032) - subcap.6.5.3.
- HX-cheia limnometrică în regim nepermanent din secțiunea Grăniceri, în situația în care întreaga vegetație din zona dig-mal care există pe teritoriul sârbesc este înlăturată (n.major=0.055/n.minor=0.032) - subcap.6.5.3
- Hmed.Gr.98 - cheia medie la postul Grăniceri furnizată părții sârbe în anul 1998 - subcap.6.5.3.
- i - panta - cap. 6.1.
- IP^S - limita superioară a intervalului de probabilitate considerat
- IP^I - limita inferioară a intervalului de probabilitate considerat
- K - modulul de debit - cap. 6.1.
- L - lungimea cursului de apă (km)- subcap.6.5.1.
- MPI - interval mediu de probabilitate
- n - coeficientul de rezistență - subcap. 4.2.3.; coeficientul de rugozitate - cap.6.1., cap. 6.2.
- N - numărul total de scenarii de simulare
- PIC - probabilitatea de inundare a celulei
- Q -debitul - subcap. 4.2.5.,
- Q_{1%} - debitului cu probabilitatea de 1% (mc/s) - subcap.6.5.1.
- Q_{5%} - debitului cu probabilitatea de 5% (mc/s) - subcap.6.5.1.
- q_L - debit lateral- subcap. 4.2.5.,
- R - raza hidraulică - subcap. 4.2.3., cap.6.1.
- S - suprafața bazinului de recepție (km²) - subcap.6.5.1.
- S_f - panta energetică a râului - subcap. 4.2.3.
- S_o - panta râului - subcap. 4.2.1.
- S1 - Cheie Serbia la frontieră - starea actuală a vegetației pe tronsonul Boka - Frontieră (realizarea unui culoar curățat de 130 - 200 m. lățime) - cap.6.2.
- S2 - Cheie Serbia în ipoteza îndepărtării complete a vegetației pe tronsonul Boka - frontieră - cap.6.2.
- T_{cr.}, T_{tot.} - timpul de creștere și timpul total al viiturii (ore) - subcap.6.5.1.
- u,v, w - componentele vitezei după cele trei direcții {xyz} - subcap. 4.2.1.
- V - viteza medie în secțiune - cap. 6.1.
- W_{1%} - Volumul undei de viitură corespunzător debitului cu probabilitatea de 1% (mil.m³) - subcap.6.5.1.

- x, y și z - direcțiile de curgere în cele trei dimensiuni - subcap. 4.2.1.
- X - abscisă - cap. 6.1.
- Z - cota suprafeței libere - cap. 6.1.
- ρ - densitatea apei - subcap. 4.2.1.

LISTA DE TABELE

- 3.1. Sectoarele caracteristice ale râului Timiș**
- 3.2. Volumul undelor de viitură în secțiunile de control ale râului Timiș**
- 3.3. Niveluri și debite maxime în timpul viiturii din aprilie 2000**
- 3.4. Precipitațiile căzute la stațiile meteorologice în aprilie 2005 compartiv cu precipitațiile maxime cazute la aceleași stații meteo în luna aprilie în anii anteriori**
- 3.5. Analiza scurgerii în bazinul Timiș –Bega în perioada viiturii din aprilie 2005**
- 3.6. Niveluri maxime în aprilie 2000 și 2005 la Stațiile hidrometrice din Banat**
- 5.1. Abaterea medie pătratică standard, pentru diferite intervale de adâncimea de apă ale inundației**
- 6.1. Analiza cheii de plecare Grăniceri**
- 6.2. Influența îndepărtării vegetației în ipoteza $Q = 800 \text{ mc/s}$**
- 6.3. Influența îndepărtării vegetației în ipoteza $Q = 1000 \text{ mc/s}$**
- 6.4. Influența îndepărtării vegetației în ipoteza $Q = 1100 \text{ mc/s}$**
- 6.5. Influența îndepărtării vegetației în ipoteza $Q = 1200 \text{ mc/s}$**
- 6.6. Influența îndepărtării vegetației în ipoteza $Q = 1368 \text{ mc/s}$**
- 6.7. Analiza influenței valorilor cotelor din canalul DTD asupra nivelurilor în secțiunea Boka**
- 6.8. Analiza influenței valorilor cotelor din canalul DTD asupra nivelurilor în secțiunea Jasa Tomici**
- 6.9. Analiza influenței valorilor cotelor din canalul DTD asupra nivelurilor în secțiunea Grăniceri**
- 6.10. Analiza influenței cotelor din secțiunea Boka asupra nivelurilor în secțiunile Jasa Tomici și Grăniceri în situația actuală a folosințelor din zona dig-mal**
- 6.11. Analiza influenței cotelor din secțiunea Boka asupra nivelurilor în secțiunea Jasa Tomici și Grăniceri în condițiile eliminării vegetației**
- 6.12. Debitele maxime cu probabilitățile de depășire în secțiunile de studiu din bazinul hidrografic Timiș-Bega**
- 6.13. Debitele maxime cu probabilitățile de depășire în secțiunile de studiu din bazinul hidrografic Timiș-Bega, regim actual (fără poldere), în ipoteza ploii uniforme pe bazin și a stratului scurs neuniform**
- 6.14. Debitele maxime cu probabilitățile de depășire de 1%**

CAPITOLUL 1 - INTRODUCERE

1.1. Generalități

Prezentul studiu are ca scop investigarea posibilităților de aplicare a modelelor matematice la modelarea râurilor în vederea determinării soluțiilor optime de tranzitare a debitelor cu impact minim asupra mediului înconjurător, iar construcțiile aferente să aibă un impact major asupra ecosistemului. În cazul amenajărilor pe lungimi mari, având ca scop obiective de dezvoltare agricolă și urbană, porțiunile afectate ale cursurilor de apă sunt mult mai importante, iar impacturile mult mai severe (ecologice, spațiale, climatice, etc.).

Dezvoltarea lucrărilor de îndiguiri atingând nivelul la care s-a ajuns în prezent, și care în anii următori se vor dezvolta și mai mult, impune ca întreg personalul tehnic din cadrul formațiunilor de gospodărire a apelor să conlucreze la apărarea împotriva inundațiilor, să posede temeinic noțiunile de apărare împotriva inundațiilor, pentru a putea face față diferitelor situații critice ce pot apărea în timpul apelor mari. Este știut că un dig sau oricare lucrare hidrotehnică de apărare, oricât de bine ar fi concepută, executată și întreținută, totuși din diferite cauze neprevăzute, ce apar pe timpul apelor mari, poate suferi avarii, micșorându-i-se gradul de siguranță sau chiar să fie distrusă, producându-se catastrofe.

Prin prezentul studiu s-a căutat să se analizeze și să se trateze mai pe larg problemele legate de apărarea împotriva inundațiilor.

În acest studiu se prezintă: cunoștințele generale despre apărarea împotriva inundațiilor, factorii principali care condiționează posibilitatea efectuării unor apărări eficiente, mijloace ce se folosesc în acțiunile de apărare pe timpul apelor mari, față de diferite situații critice ce se ivesc, cu indicarea acolo unde a fost posibil a normelor de timp, a mijloacelor de apărare, încadrarea formațiunilor de apărare, analizându-se în mod special elementul om ca factor principal în desfășurarea acțiunilor de apărare împotriva inundațiilor.

1.2. Obiectivele cercetării

În teza de față s-a avut în vedere studiul tranzitării debitelor de apă pe râurile îndiguite cu acumulări laterale, principalul scop fiind acela de a studia cu ajutorul modelelor matematice posibilitatea reducerii efectelor inundațiilor. Datorită studierii diferitelor cazuri de inundare se pot elabora planuri de apărare și se pot recomanda măsuri de atenuare și prevenire a efectelor acestora. Studiul în sine arată potențialul de a realiza hărți de risc la inundații cu prezentarea probabilităților unor zone de a fi inundate sau nu. Acest lucru oferă instrumente puternice factorilor de decizie în caz de inundație.

Teza își propune să studieze și efectul digurilor asupra inundațiilor transfrontariere, prin analiza influenței vegetației asupra nivelurilor de apă în râul Timiș

1.3. Conținutul tezei

Teza de față este structurată în 8 capitole descrise după cum urmează:

- Capitolul 1 – Introducere, în care se prezintă obiectivele principale ale cercetării și se face descrierea conținutului tezei.
- Capitolul 2 – Definirea problemei, prezintă generalități privind problemele studiate prin prezentarea noțiunii de risc la inundații și perceperea acestuia de către populație. Capitolul 2 mai cuprinde măsurile de prevenire și apărare împotriva inundațiilor, măsuri luate atât pe termen scurt cât și pe termen lung.
- Capitolul 3 – Studiul de caz al sistemului hidrografic Timiș-Bega, prezintă descrierea fizică a studiului de caz analizat, precum și istoricul inundațiilor importante semnalate în această zonă începând cu anul 1912. În acest capitol se face o scurtă analiză a cauzelor apariției inundațiilor în acest bazin.
- Capitolul 4 – Modelarea matematică a râurilor, precizează cadrul teoretic actual de abordare al rezolvării matematice a inundațiilor. Se prezintă atât necesitatea modelării râurilor cât și ecuațiile fundamentale folosite pentru modelarea propagării inundațiilor.
- Capitolul 5 – Modelarea riscului la inundații în sistemul Timiș-Bega, prezintă modelarea inundațiilor bazate pe ipoteza existenței unor erori în datele de intrare în modelele matematice și face analiza intervalului de siguranță a rezultatelor obținute prin modelare. Cuprinde o metodologie de obținere a hărților de risc sigur la inundații.
- Capitolul 6 – Influența digurilor asupra inundațiilor transfrontariere, arată care este influența structurilor hidrotehnice (diguri, baraje, poldere) asupra propagării inundației în zona de frontieră dintre România și Serbia. Acest capitol prezintă atât influența structurilor cât și influența vegetației din zonă și face o recalculare a coeficienților de rugozitate a albiei râului, funcție de condițiile existente în zonă.
- Capitolul 7 - Sisteme suport de decizie în zona Timiș-Bega, prezintă o propunere de creare a unui sistem suport de decizie, pentru bazinul Timiș-Bega, sistem care să stea la dispoziția celor implicate în luarea deciziilor în caz de apărare împotriva inundațiilor. Acest sistem suport de decizie poate fi folosit atât în caz de urgențe cât și pentru alcătuirea de strategii de apărare pe termen lung, atunci când nu sunt situații de urgență.
- Capitolul 8 - Concluzii și recomandări, precizează concluziile studiului efectuat și încearcă să dea câteva recomandări de îmbunătățire a apărării împotriva inundațiilor în bazinul Timiș-Bega, dar și să prezinte câteva recomandări și concluzii cu caracter general, care pot fi transpuse la nivel național și în alte bazine.

Teza se încheie cu o listă bibliografică a cărților, articolelor și documentelor consultate pe parcursul realizării cercetării.

CAPITOLUL 2 - DEFINIREA PROBLEMEI

2.1 Riscul la inundații

2.1.1. Definirea noțiunii de risc

În zilele noastre noțiunea de risc are o paletă întregă de sensuri și multiple dimensiuni legate de probleme de siguranță, economice, de mediu și sociale. Aceste sensuri diferite reflectă adesea nevoile factorilor particulari de decizie rezultând astfel că nu există o definiție specifică unică pentru risc și orice încercare de a dezvolta una va satisface în mod inevitabil doar o parte dintre managerii situațiilor de risc. Într-adevăr, această adaptabilitate a conceptului de risc este unul dintre punctele sale tari. O dificultate în terminologia riscului îl reprezintă faptul că aceasta a fost dezvoltată în cadrul unei largi game de discipline și activități, rezultând astfel potențiale neînțelegeri în terminologia tehnică asociată cu evaluarea riscului, deoarece distincțiile tehnice sunt făcute între cuvinte care în limbajul comun sunt tratate de obicei ca și sinonime.

Și mai important de realizat este distincția dintre cuvintele hazard și risc.

Pentru a înțelege legătura dintre hazard și risc este util de a lua în considerare noțiunea comună de model Sursă-Cale- Receptor-Consecință (S-C-R-C).

Acesta este, în linii mari, un model conceptual simplu de reprezentare a sistemelor și proceselor care duc la o consecință particulară. Pentru ca un risc să apară trebuie să existe un hazard care constă într-o „sursă” sau într-un eveniment inițiator (ex. precipitații puternice); într-un „receptor” (ex. proprietăți albie majoră); și într-o cale între sursă și receptor (ex. zone inundabile inclusiv incinte apărate sau alunecări de teren).

Un hazard nu duce în mod automat la un rezultat dăunător, însă identificarea unui hazard înseamnă că există posibilitatea apariției unei situații periculoase ce depinde de expunerea la hazard și de caracteristicile receptorului.

Astfel, pentru a evalua riscul, trebuie luate în considerare un număr de componente:

- natura și probabilitatea hazardului (p)
- gradul de expunere al Receptorilor (numărul de oameni și proprietăți) la hazard (e).
- susceptibilitatea Receptorilor la hazard (s)
- valoarea Receptorilor (v)

Deci: Risc = funcție (p, e, s, v)

În acest context, vulnerabilitatea este o sub-funcție a riscului. Acest termen cuprinde caracteristicile unui sistem care descrie potențialul său de a fi vătămat. Poate fi exprimat în termenii unor relații funcționale între posibilele daune și caracteristicile sistemului (sensibilitatea, valoarea elementelor la risc), având în vedere majoritatea riscurilor de inundații în cauză.

Sau, în formă funcțională:

Vulnerabilitate = funcție (s, v)

În practică, însă, expunerea și vulnerabilitatea sunt adesea cuprinse în evaluarea consecințelor; astfel de riscuri pot fi văzute în termeni simpli (cu o probabilitate înțeleasă ca fiind o probabilitate de expunere): cum ar fi:

Risc = (probabilitate) x (consecință)

În ceea ce privește inundațiile, o descriere a pericolului va fi necesară pentru a evalua potențialele consecințe ale unei posibile apariții a unei inundații. Caracteristicile relevante pot fi luate în considerare prin prisma următoarelor întrebări:

- Este terenul inundabil?
- Ce zonă este afectată?
- Care sunt cauzele inundațiilor?
- Cât de des se produc inundații?
- Cât de mari sunt inundațiile?
- Cât de rapid se ridică nivelul apei la o inundație?
- Cât de repede curge apa?
- Cât timp durează această inundare?
- Se poate da vreun avertisment?

Gradul de hazard la inundații într-o regiune este adesea măsurat după probabilitatea anuală de inundare sau în funcție de probabilitatea de apariție a viiturilor care vor cauza inundații. Oricum, ideea că producerea unei inundații cu probabilitate de apariție o dată la 100 de ani (probabilitate 1%) nu va mai conduce la apariția unui asemenea eveniment în următorii 100 de ani, este o concepție comună greșită. Această idee este falsă. Inundațiile sunt aleatorii, iar faptul că alți factori sunt neschimbați înseamnă că au aceeași probabilitate de apariție în orice an.

Este important de observat că "riscul" la inundații este în întregime o preocupare a societății umane, mai mult decât o caracteristică inerentă a sistemului natural. Reducerea riscului la inundații poate fi îndeplinită prin managementul oricărui hazard, a expunere și a vulnerabilității. În general vorbind, hazardul la inundații poate fi redus prin măsuri inginerești și „structurale”, care influențează frecvența (ex. probabilitatea) nivelurilor inundațiilor într-o regiune. Expunerea și vulnerabilitatea unei comunități la pierderile provocate de inundații pot fi reduse prin măsuri „non-structurale”, de exemplu, prin schimbarea și managementul utilizării terenului, prin avertizarea în caz de inundații, prin măsuri efective de răspuns și prin tehnici de construcții rezistente la inundații.

2.1.2. Măsurarea riscului

În general, riscurile se măsoară în unități, unitatea unui risc depinzând de definirea verosimilității și a consecințelor. De exemplu, ambele, verosimilitatea (probabilitatea) și consecințele, pot fi exprimate într-un număr egal de posibilități.

Verosimilitatea poate fi considerată un concept general care descrie cât de probabil este ca un eveniment să se producă. Frecvența și probabilitatea pot fi

utilizate pentru a exprima verosimilitatea. Oricum, acești termeni au înțelesuri diferite și sunt adesea confunzi. Este importantă înțelegerea diferențelor dintre ei:

- Probabilitatea – poate fi definită ca șansa de apariție a unui eveniment comparat cu totalitatea evenimentelor apărute. De aceea, probabilitatea este adimensională – este oricum, adesea referită la un anumit interval de timp, de exemplu, ca și probabilitate de depășire anuală, sau probabilitatea de depășire pentru întreaga viață.
- Frecvența – definește numărul așteptat de apariții ale unui eveniment (o extremă particulară) în cadrul unui număr specific de evenimente, de cele mai multe ori legat de un cadru de timp (în cazul probabilității de apariție este uzual exprimat în ani).
- Consecința - reprezintă impactul, ca de exemplu, cel economic, social, pagubele sau îmbunătățirile aduse mediului, și poate fi exprimată cantitativ (de ex. valori monetare), prin categorii (Mare, Mediu, Mic) sau descriptiv.

Inundațiile pot avea multe consecințe, unele dintre ele pot fi exprimate în termeni monetari. Consecințele pot include fatalități, răni, distrugerii ale proprietăților sau ale mediului. Problema modului în care pot fi evaluate unele dintre aceste consecințe reprezintă un subiect al cercetărilor contemporane. Oricum, luarea deciziilor pe baza riscurilor ar fi foarte mult simplificată dacă ar fi agreată o unitate comună de evaluare a consecințelor. De aceea, de cele mai multe ori este mai bine să se utilizeze „măsuri surrogat” sau indicatori ai consecințelor pentru care datele sunt existente.

De exemplu, „numărul de proprietăți” poate fi o măsură surrogat rezonabilă pentru evaluarea gradului de afectare / importanță a inundațiilor și are avantajul de a fi mai ușor de evaluat decât, de exemplu, pagubele economice sau impactul social.

O parte importantă a proiectării metodei de evaluare a riscului este aceea de a decide cum vor fi evaluate impacturile. Câteva descrieri ale consecințelor ar fi:

- pagube economice (naționale, ale comunității sau individuale);
- numărul de oameni / proprietăți afectate;
- vătămări individuale (calamitățile, răni, stresul etc.);
- pagube de mediu sau ecologice (uneori exprimate în termeni monetari)

În mod cert acestea diferă în ceea ce privește descrierea.

2.1.3. Perceperea riscului de către populație

Intuitiv se poate presupune că riscurile cu aceeași valoare numerică au aceeași „semnificație”, dar de multe ori acest lucru nu se adevărește. Dimpotrivă, valorile numerice au un rol marginal în percepția de risc, ca și termen, cel puțin în abordările tradiționale ale percepției de risc, se referă în special la procesele de zi cu zi prin care oamenii estimează riscurile fără utilizarea seriilor statistice și a modelelor exacte pe calculator. Prin urmare, este un proces "pre-științific", în cea mai mare parte influențat de păreri, atitudini, intuiție, așteptări, informații și experiențe cu hazarde. De exemplu, percepția de risc și, legat de aceasta, capacitățile de adaptare ale oamenilor ce trăiesc într-o albie majoră cu inundații frecvente, este probabil, mai mare decât a persoanelor care nu au cunoscut o inundație. Cu toate acestea, nu numai așa-numite "persoane nespecializate", ci și "experții" percep riscul referindu-se nu doar la valori numerice.

Politicile instituționale, puterea de relaționare, preferințele și atitudinea privind riscul au de asemenea impact asupra percepției riscului și asupra deciziilor luate de către factorii decizionali. Astfel, scopul principal al investigării percepției asupra riscului prin intermediul tehnicilor de anchetă ale științei sociale cantitative și calitative este:

- să înțeleagă și să anticipeze reacțiile publice la hazarde,
- să îmbunătățească modalitatea de comunicare a informației despre hazard, atât de partea persoanelor nespecializate cât și de partea experților,
- să identifice criteriile cele mai relevante pentru a evalua situațiile de risc,

Pe baza percepției riscului pot fi îmbunătățite strategiile de informare și de comunicare, iar măsurile de reducere a inundațiilor pot fi mai bine evaluate.

2.2 Managementul inundațiilor

Managementul inundațiilor este un subsansamblu al managementului integrat de cercetare a apelor și se adresează interdependenței dintre aspectul benefic al inundațiilor, pe de o parte, și riscurile provocate de evenimente extreme asupra dezvoltării durabile în zone inundabile (zone expuse inundațiilor), pe de altă parte. Măsurile de reducere a riscurilor - cum ar fi cele structurale (primare) și cele non-structurale (secundare), pot fi folosite pentru reducerea riscurilor inundațiilor actuale și viitoare, până când se atinge un nivel tolerabil. Termenul „reducere”, ca unul general pentru toate măsurile structurale și non-structurale, corespunde politicilor europene și naționale actuale privind managementul apelor. Din acest motiv, reducerea comprimă toate măsurile cu potențial de minimizare a riscurilor referitoare la inundații, care pot fi luate înainte, în timpul sau după inundație.

Măsurile de reducere a riscului de inundație se desfășoară, cum era și normal, înainte de producerea evenimentului. Concret, în acest caz se disting două abordări, și anume: (1) Prevenirea inundațiilor și a impactului negativ al lor - de exemplu, dezvoltând planuri urbanistice, pentru a descuraja dezvoltarea imobiliară în zone inundabile și realocarea acesteia în zone fără risc; (2) Starea de pregătire este capacitatea de a asigura o reacție eficientă la impactul produs de catastrofe, incluzând problematica alarmării efective din timp și evacuarea temporară a persoanelor și bunurilor din zonele amenințate. Pentru a dezvolta această capacitate este nevoie de timp și resurse. Prin urmare, ar trebui să fie privită ca măsură de reducere a inundației înaintea producerii acesteia, care este legată foarte strâns de managementul evenimentelor.

Măsurile de reducere a riscului pe timpul inundației cuprind toate activitățile de la începutul și din timpul manifestării inundației - de exemplu, monitorizarea evenimentului și evacuarea efectivă a populației.

Acțiunile tipice se referă la evenimente neașteptate. Acea capacitate de auto-organizare devine crucială pentru combinarea abordărilor formale și informale în managementului evenimentelor.

Măsurile de reducere a consecințelor după inundație cuprind toate acțiunile și deciziile care sunt luate după producerea unei inundații. Destul de des, acestea se concentrează pe reinstalarea structurii care a existat înainte de producerea inundației prin aplicarea de mecanisme de compensare financiară și măsuri structurale de refacere a lucrărilor de protecție împotriva inundațiilor.

Măsurile dinaintea, din timpul și de după inundație sunt, teoretic, categorii distincte din punct de vedere analitic, dar, în realitate, acestea sunt interdependente. De exemplu, mecanismele de asigurare financiară nu doar remediază pagubele produse de inundații, ci au și o influență asupra așteptărilor celor implicați, privind plățile viitoare de asigurare împotriva pagubelor produse de inundații. Acestea pot descuraja sau încuraja dezvoltarea în văile inundabile și, din acest motiv, ele influențează condițiile pentru managementul riscului înaintea producerii unei inundații.

2.2.1. Măsuri de prevenire a inundațiilor

Aceste acțiuni sunt concentrate spre prevenirea/diminuarea pagubelor potențiale generate de inundații prin:

- identificarea de detaliu, delimitarea geografică a zonelor de risc natural la inundații de pe teritoriul unității administrativ – teritoriale, înscrierea acestor zone în planurile de urbanism general și prevederea în regulamentele de urbanism a măsurilor specifice privind prevenirea și atenuarea riscului la inundații, realizarea construcțiilor și utilizarea terenurilor.

- implementarea sistemelor de prognoză, avertizare și alarmare pentru cazuri de inundații,

- introducerea unor sisteme de alarmare – avertizare a autorităților și populației pentru cazuri de incidente și accidente la baraje aflate în administrarea ANAR.

- comunicarea cu populația și educarea ei în privința riscului la inundații și a modului ei de a acționa în situații de urgență, elaborarea unui sistem de comunicare și educare a populației în vederea cunoașterii riscului la inundații, a consecințelor acestuia și a modului de comportare înainte, în timpul și după trecerea fenomenului de inundații.

- întreținerea infrastructurilor existente de protecție împotriva inundațiilor și a albiilor cursurilor de apă, controlul și reglementarea utilizării albiilor și a malurilor cursurilor de apă;

- evitarea construcției de locuințe și de obiective sociale, culturale și economice în zonele potențial inundabile, cu prezentarea în documentațiile de urbanism a datelor privind efectele inundațiilor anterioare; adaptarea dezvoltărilor viitoare la condițiile de risc la inundații, promovarea unor practici adecvate de utilizare a terenurilor agricole și silvice.

- realizarea de măsuri nestructurale (controlul utilizării albiilor minore, elaborarea planurilor bazinale de reducere a riscului la inundații și a programelor de măsuri: introducerea sistemelor de asigurări etc);

- introducerea unui sistem de asigurări de bunuri și persoane pentru cazuri de inundații care poate contribui activ la reducerea pagubelor potențiale prin

excluderea sau limitarea expunerii la riscuri excesive, constituind tototdată un mijloc de a face suportabilă conviețuirea cu inundațiile.

- realizarea de măsuri structurale de protecție, inclusiv în zona podurilor și podețelor, execuția lucrărilor de protecție împotriva afuerilor albiilor râurilor în zona podurilor și podețelor existente

- transmiterea tuturor factorilor interesați de avertizări hidro-meteorologice, rapoarte informative, note telefonice, telegrame către părțile interesate și telegrame de avertizare hidrologică.

- asigurarea de resurse (materiale, financiare, umane) la nivel județean pentru intervenția operativă

- elaborarea prognozelor meteorologice și a avertizărilor și diseminarea acestora către autorități

- întreținerea infrastructurilor hidrotehnice și asigurarea funcționării lor în condiții de siguranță în exploatare

- analiza și evaluarea permanentă a pagubelor potențiale ce le-ar putea produce inundațiile infrastructurilor ingineresti de protecție, de transport, construcții, turistice.

- elaborarea harților de hazard și a harților de risc la inundații la nivelul bazinelor sau a grupurilor de bazine hidrografice

- elaborarea periodică de analize privind gradul de protecție asigurat și sistemele de protecție existente și sporirii acestuia,

- elaborarea planurilor operative de intervenție în situații de urgență

- realizarea și implementarea în conformitate cu legislația în vigoare a studiilor de fezabilitate și a proiectelor de interes național pentru infrastructurile ingineresti destinate reducerii varfurilor hidrografelor undelor de viitură și a celorlalte proiecte de protecție a populației și a bunurilor împotriva inundațiilor și de amenajare a cursurilor de apă.

- introducerea de noi concepte de amenajare a cursurilor de apă, de renaturare a râurilor și reconstruire a zonelor inundabile

- elaborarea unor metodologii și a conținutului cadru al unor proiecte privind amenajarea cursurilor de apă pe care se produc viituri rapide

- reglementarea extragerii materialelor de construcții din albiile cursurilor de apă prin menținerea unui echilibru dinamic în timp și spațiu al hidrosistemului cursului de apă și prin delimitarea unor spații de mobilitate ale cursurilor de apă.

Măsuri operative

- angrenarea forțelor de intervenție civile și militare, prin intermediul Comitetelor Județene pentru situații de Urgență, în vederea luării unor măsuri concertate de apărare și intervenție rapidă în caz de necesitate.

- mobilizarea tuturor responsabililor de sectoare de apărare (cadre tehnice de specialitate cu rol de coordonare a acțiunilor specifice).

- preluarea și atenuarea undelor de viitură în tranșele de volum disponibile din acumulările permanente și nepermanente

- derivarea și tranzitarea undelor de viitură prin sistemul de interconexiune Timiș-Bega, în conformitate cu menirea și capacitatea uvrajelor acestuia.

- inundarea dirijată a polderelor Hitiaș din râul Bega și Timiș, Pădureni din râul Timiș și Gad din Lanca Birda.

- monitorizarea în permanență a liniilor de apărare și raportarea problemelor apărute, în vederea intervenției operative de apărare.

- intervenții operative de supraînălțare a coronamentelor digurilor cu rol de apărare împotriva inundațiilor, cu saci umpluți cu pământ, în zonele susceptibile a fi deversate în conformitate cu prognozele hidro emise de serviciul Hidrologie și I.N.H.G.A.

2.2.2. Măsuri întreprinse în timpul fenomenului de inundație

- elaborarea prognozelor meteorologice și hidrologice și identificarea posibilităților de formare a viiturilor pe cursurile de apă;
- avertizarea autorităților și a populației asupra întinderii, severității și a timpului de apariție al inundațiilor;
- organizarea și acțiuni de răspuns ale autorităților și ale populației pentru situații de urgență;
- detectarea posibilității formării viiturilor și a inundațiilor probabile;
- prognoza evoluției și propagării viiturilor în lungul cursurilor de apă;
- asigurarea de resurse umane (materiale, financiare, umane) la nivel județean pentru intervenția operativă;
- activarea instituțiilor operaționale, mobilizarea resurselor;
- menținerea integrității și funcționalității infrastructurilor de protecție împotriva inundațiilor și exercitarea controlului asupra stării tehnice a acestora;
- asigurarea surselor de aprovizionare cu apă a populației racordate la sistemul centralizat de alimentare cu apă.

2.2.3. Măsuri întreprinse după trecerea fenomenului de inundație

Măsuri imediate

În Comitetele Județene pentru situații de Urgență se hotărăște și se dispune luarea de măsuri imediate pentru închiderea provizorie a breșelor pentru diminuarea efectelor și stoparea pătrunderii apei în continuare în incintele inundate.

Se trece de urgență la transportul materialelor și amenajarea acceselor pentru execuția lucrărilor, soluțiile abordabile în cazul breșelor în liniile de apărare fiind realizarea unor diguri potcoavă, soluții mai simple cu pari, geotextil și saci umpluți cu pământ, peste care se realizează diguri din pământ, soluții favorizate de adâncimi ale apei mai mici în zona breșelor.

Asigurarea de către factorii abilitați a suportului tehnic, material și întreaga logistică necesară amplasării stațiilor de pompe pentru epuizamente în zona stațiilor de pompare.

Pregătirea proiectării lucrărilor de refacere ale liniilor de apărare

Măsuri pe termen scurt

Accesarea de fonduri și pregătirea "achiziției publice" de lucrări în vederea începerii în regim de urgență a execuției acestora

Realizarea și recepționarea lucrărilor de construcții montaj pentru refacerea și închiderea liniilor de apărare avariate în cel mai scurt timp posibil

Acțiuni pentru îndepărtarea obstacolelor din albiile minore ale cursurilor de apă și asigurarea scurgerii normale a apelor

Elaborarea de tehnici, metode și metodologii pentru evaluarea impactului economic, social și de mediu produs de inundații

Revizuirea planurilor bazinale de management al riscului la inundații și a celor operative de intervenție

Revizuirea sistemelor de avertizare – alarmare după trecerea fenomenului de inundații

Măsuri pe termen mediu și lung

- promovarea unor lucrări de investiții noi aflate în portofoliul de lucrări al Administrației Bazinale, lucrări pentru care se va avea în vedere reanalizarea și reavizarea soluțiilor de amenajare propuse, raportat și în concordanță cu evenimentele hidrologice ce au avut loc în ultima perioadă.

- actualizarea "Schemelor cadru de amenajare a bazinelor hidrografice din spațiul hidrografic Banat" - cu consultarea factorilor interesați și implicați în evenimentele recent desfășurate.

- elaborarea unei strategii naționale de abordare a proiectării lucrărilor de apărare împotriva inundațiilor, în corelare cu noua hidrologie modificată a carei modificare o constatăm a se manifesta din ce mai pregnant în ultimii ani.

- revizuirea activităților de management al inundațiilor în vederea îmbunătățirii procesului de planificare a intervenției, pentru a face față unor evenimente viitoare în zona afectată, precum și în alte zone.

- reconstrucția și regenerarea mediului înconjurător afectat de inundații.

2.3 Apărarea împotriva inundațiilor

Pregătirea pentru dezastre este un element cheie privind îmbunătățirea vieții economice și sociale a populației. Conștientizarea populației despre potențialele inundații și a consecințelor acestora este un element important în reducerea și prevenirea efectelor inundațiilor. În acest context este important să fie definite strategii de apărare împotriva inundațiilor atât pe termen scurt cât și pe termen lung. Strategiile pe termen scurt vizează apărarea împotriva potențialelor inundații pe o perioadă de o jumătate de an până la un an, în timp ce strategiile pe termen lung dau posibilitatea dezvoltării unor planuri de apărare eșalonate în timp pentru perioade de la 20 la 50 de ani.

2.3.1. Strategii pe termen scurt

În cazul strategiilor pe termen scurt în mod practic se are în vedere posibilitatea de anticipare a unui eventual eveniment de inundație și planuri de intervenție în cazul apariției evenimentului. Strategiile pe termen scurt implică existența datelor (precipitații, temperaturi, niveluri de apă) și analiza acestora în timp real.

În strategiile pe termen scurt trebuie avut în vedere o prognoză bună și o determinare a timpului în care viitura ajunge într-un punct critic.

Măsurile care se au în vedere pe termen scurt sunt o întreținere curentă, la zi a structurii de apărare existente, astfel:

- nivelul de apă în lacurile de acumulare corespunzătoare pentru preluarea unui volum de atenuare;
- funcționarea echipamentelor hidromecanice corespunzătoare;

2.3.2. Strategii pe termen lung

Dezvoltarea de software-uri de modelare a deschis modalitatea de a studia diferite scenarii de apărare împotriva inundațiilor și a dat posibilitatea elaborării de planuri de apărare pe termen lung. Soluțiile ingineresti aplicate pentru a preveni sau limita inundațiile sunt:

- identificarea de posibilități de stocare a apei în lacuri de acumulare;
- identificarea posibilităților de stocare a apei în albia majoră sau în zone umede, (aceste două soluții aplicate constructiv ar reduce vârful viiturii);
- executarea de diguri în zonele laterale râului, definind astfel acumulările laterale (poldere);
- protejarea suprafețelor foarte joase prin realizarea de diguri în jurul râului;
- devierea apelor mari în râuri și canale de desecare și irigații;
- îmbunătățirea rugozității râului pentru a reduce local nivelul apelor;
- utilizarea de epiuri pentru menținerea transportului de sedimente constant;
- identificarea suprafețelor pavate și reducerea acestora pentru a permite o infiltrație a apei în teren;
- executarea de diguri înelare în jurul localităților pentru apărarea împotriva inundațiilor.

Toate aceste soluții trebuie încorporate într-un scenariu de protecție împotriva inundațiilor. Ele pot fi realizate doar cu investiții importante și în timp îndelungat.

Cele menționate mai sus intră în categoria măsurilor structurale, pe lângă acestea se pot impune și măsuri nestructurale, cum ar fi:

- îmbunătățirea management-ului și planificarea dezvoltării terenurilor agricole din bazinele care sunt afectate de inundații;
- limitarea construcțiilor de infrastructură (drumuri, căi de comunicații, lucrări de artă, etc.) în zonele în care se constată inundații frecvente;
- introducerea de sisteme de prognoze și alarmare la inundații;
- introducerea de procedee de evacuare;
- utilizarea de sisteme de operare, stații de pompare și stăvilare în timp real;
- încercarea de a inunda anumite zone în mod controlat în așa fel ca populația să știe și să ia măsuri corespunzătoare.

Toate aceste strategii trebuie testate și integrate în mod judicios cu măsurile atât structurale cât și nestructurale, aceste măsuri diferă de la un bazin hidrografic la alt bazin hidrografic, și trebuie identificate ca unele măsuri structurale să fie eliminate, ca de exemplu, eliminarea de diguri în anumite zone și construirea lor în alte zone.

Aceste lucrări se pot face doar în cadrul unei legislații clar definite în care se introduc și impozite clare și chiar asigurări pentru aceste tipuri de risc.

La ora actuală legislația trebuie să fie dinamică și trebuie să ia în considerare pe toți cei care sunt afectați în urma emiterii unei legi, acest proces modern de proiect al unei legi trebuie să ia în considerare toți factorii implicați.

În cadrul acestei legislații se pot face întotdeauna modificări datorită implicării și în cooperare cu cetățenii și alte categorii interesate (industrii, agricultură, etc.), fiecare grup implicat trebuie să fie consultat de la început până la sfârșitul elaborării legislației în vigoare.

Tot acest proces de discuții și elaborare a unei legi implică o comunicare deschisă și intensă, într-un limbaj ușor de înțeles și în același timp prezintă în mod deschis toate incertitudinile care pot apărea în caz de inundație.

Prezentarea incertitudinilor arată că este necesar să se revină și să se revada planurile de management în caz de inundații în mod regulat.

CAPITOLUL 3 - STUDIUL DE CAZ AL SISTEMULUI TIMIȘ-BEGA

3.1 Sistemul hidrografic Timiș-Bega

Spațiul hidrografic BANAT, situat în extremitatea de sud – vest a României, ocupă o suprafață de 18 320 km², ceea ce corespunde unui procent de cca. 7,7% din suprafața totală a țării și cuprinde rețeaua hidrografică situată între Mureș și Jiu, inclusiv afluenții direcți ai Dunării între Baziaș și Cerna.

Rețeaua hidrografică din Spațiul Hidrografic. Banat, având o lungime codificată de 6311km, se compune din 9 cursuri de apă și afluenții acestora ce traversează frontiera de stat cu Serbia și afluenții Dunării dintre Baziaș și Cerna și anume: Aranca ($S_b= 1080\text{km}^2$, $L_{r,h}= 328\text{km}$), Bega Veche ($S_b= 2108\text{km}^2$, $L_{r,h}= 527\text{km}$), Bega ($S_b= 2362\text{km}^2$, $L_{r,h}= 892\text{km}$), Timiș ($S_b= 5673\text{km}^2$, $L_{r,h}= 1907\text{km}$), Bârzava ($S_b= 1202\text{km}^2$, $L_{r,h}= 355\text{km}$), Caraș ($S_b= 1280\text{km}^2$, $L_{r,h}= 502\text{km}$), Nera ($S_b= 1380\text{km}^2$, $L_{r,h}= 574\text{km}$), afluenții Dunării dintre Baziaș și Cerna ($S_b= 1091\text{km}^2$, $L_{r,h}= 530\text{km}$) și Cerna ($S_b= 1360\text{km}^2$, $L_{r,h}= 524\text{km}$). Densitatea rețelei hidrografice are valoarea minimă de 0,165 km/km², cea maximă fiind de 0,486 km/km², respectiv o medie de 0,278 km/km².



Figura 3.1. Rețeaua hidrografică a Spațiului Hidrografic Banat – amenajări complexe

3.1.1. Descrierea sectorului analizat

În studiul de față, cele două bazine luate în considerare sunt Timiș și Bega.

Bazinele hidrografice Timiș (5673km²) și Bega (2362km²) care împreună reprezintă circa 43% din suprafața Banatului, au o situație specială din punct de vedere al calculului parametrilor scurgerii maxime, datorită intervenției antropice, care a modificat distribuția naturală a scurgerii în perioadele de ape mari și viituri.

Despre bazinele Timiș și Bega se poate vorbi ca despre un singur bazin Timiș – Bega întrucât sunt legate prin două derivații (Coștei și Topolovăț) formând practic un bazin unic.

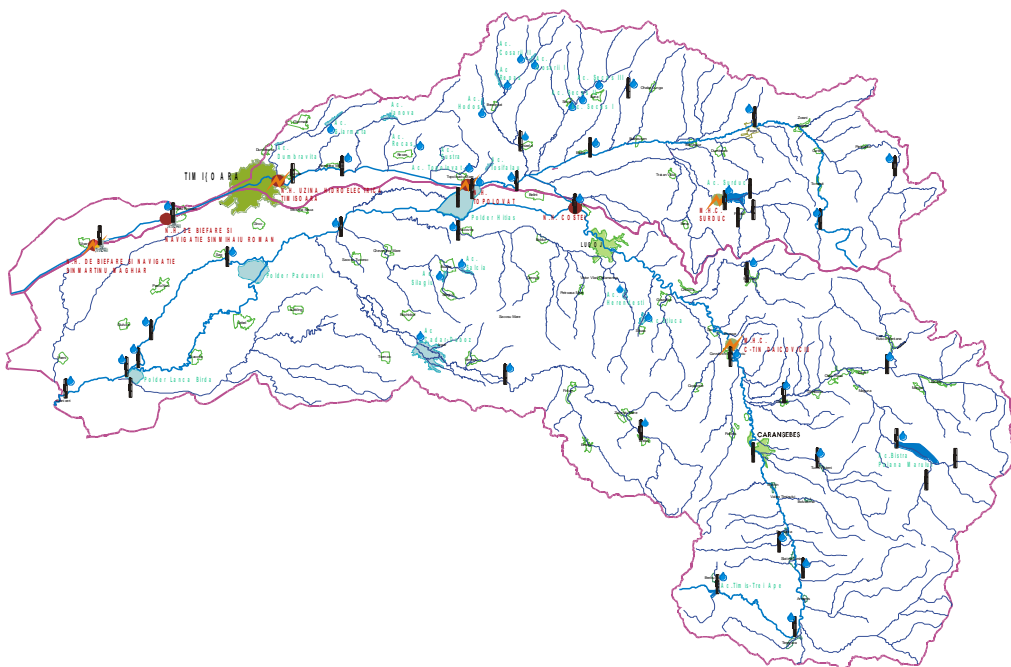


Figura 3.2. Bazinul hidrografic Timiș-Bega

Pentru regimul scurgerii maxime este importantă derivația Topolovăț care dirijează debitele la ape mari din Bega în Timiș lăsând ca în aval de această derivație pe canalul Bega să se scurgă debite reduse. La viitura din aprilie 2005, de exemplu, în aval de Topolovăț, pe canalul Bega, debitul maxim a fost de 26m³/s, în timp ce în amonte de derivația amintită pe râul Bega, debitul de vârf a atins 346m³/s la stația Chizătău.

Practic, la ape mari, debitele din Bega sunt transferate aproape integral în Timiș prin intermediul canalului de descărcare Topolovăț, ceea ce justifică considerarea celor două bazine ca unul singur, râul Bega devenind practic principalul afluent al r. Timiș.

Spațiul Banat se prezintă cu o bogată rețea hidrografică. Teritoriul său, limitat la nord de râul Mures, la vest de râul Tisa și la sud de fluviul Dunarea este traversat de pâraiele și râurile interioare, care izvorăsc din munți și dealuri, îndreptându-se către Tisa și Dunăre.

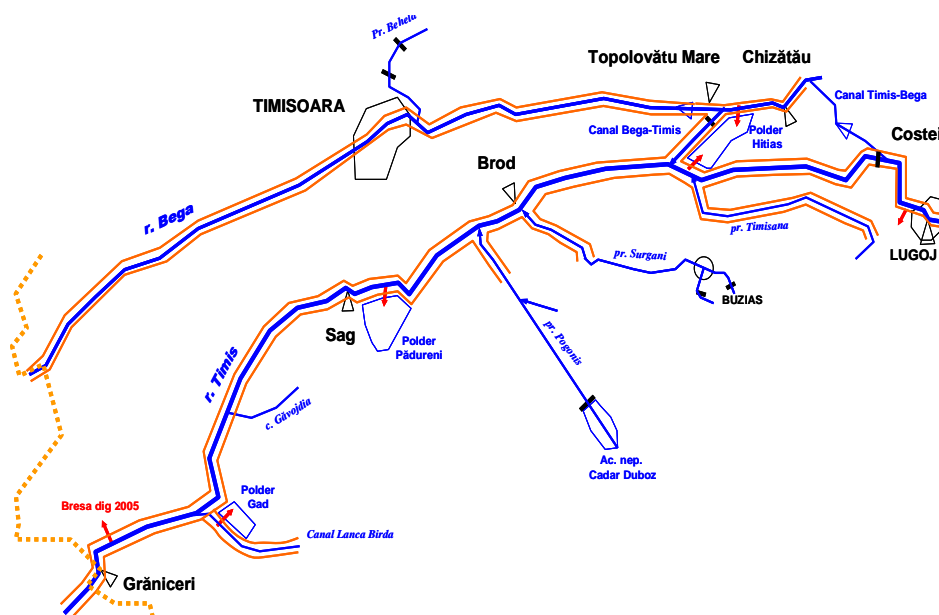


Figura 3.3. Schema de amenajare a b.h. Timiș pe sectorul Lugoș – frontieră Serbia

Din cauza pantei foarte reduse a terenului în direcția de curgere și trecerii bruște de la relieful înalt de deal la cel de șes, cursurile de apă ce străbat câmpia Banatului au fost lipsite în trecut de stabilitate, adesea pierzându-se în zone depresionare, formând bălți și mlaștini.

Între râurile Timiș și Bega au existat numeroase albie de legatură, care au format două grupuri cu tendințe contrarii: în cursul superior al văii, din Timiș spre Bega, iar mai jos, din Bega în Timiș.

În secolele trecute, înainte de regularizarea râurilor din spațiul Banat, revărsările cursurilor de apă erau foarte frecvente și ele alimentau mlaștinile care erau înlănțuite în direcția de curgere a apelor. Întinderea acelor mlaștini era atât de impunătoare încât apreciatul istoriograf italian Grisselini arăta despre ele în "Istoria Banatului Severin" că depășeau vestitele mlaștini Pontice din Italia.

Datorită lucrărilor hidroameliorative începute cu 200 ani în urmă și continuate în ritm susținut până în anii din urmă, cursurile de apă în cea mai mare parte au fost regularizate, iar vechile mlaștini și bălți au fost transformate în terenuri agricole.

Râul Bega izvorăște din munții Poiana Ruscă, fiind format din două brațe, ambele pornind din versanții nordici ai muntelui Padies. Primul braț, Begheul propriu-zis are o lungime de 31km, iar al doilea 37km. Ele se întâlnesc în dreptul comunei Marginea, intrând în culoarul Begheului și curgând spre sud-vest până la confluența cu canalul de alimentare Timiș-Bega. De la confluența cu canalul de alimentare până la uzina hidroelectrică, Bega primește numele de canalul Bega nenavigabil, având o albie regularizată, o pantă a fundului de 0.4%, iar pe o lungime de 31km amonte de Timișoara este indiguit.

De la uzina hidroelectrică Timișoara și până la vărsarea în Tisa, cursul este navigabil, îndiguit pe ambele maluri și are o pantă de 0.18%.

Lungimea totală a cursului Bega este de 244km, din care 168km pe teritoriul românesc.



Figura 3.4. Bazinul hidrografic Bega

Suprafața bazinului hidrografic a râului Bega pe teritoriul României este de 2213.5km², iar pantă generală a râului Bega până la frontieră este de 4.5%.

O dată cu regularizarea cursurilor de apă din Câmpia Banatului, înfăptuită în secolul al XVIII-lea, în scopul de a asigura pe de o parte navigabilitatea canalului Bega, iar pe de altă parte pentru a ocroti lucrările și instalațiile de efectul apelor mari, apărând totodată zona de șes și însuși orașul Timișoara împotriva inundațiilor, s-a construit "dubla conexiune Timiș-Bega și Bega-Timiș".

La începutul secolului al XVIII-lea, apele Begăi, neoprite prin diguri, umpleau toate ținuturile joase și formau mocirle. În anul 1728 s-a trecut la regularizarea Begheiului, urmărindu-se înlăturarea mai multor neajunsuri în același timp. În acel an s-a început pe toată lungimea sectorului Chizătău-Făget săparea unui canal destinat să servească la plutirea lemnelor exploatare din pădurile situate în bazinul superior al râului Bega, pentru trebuințele cetății. Pe restul parcursului până la Timișoara, s-a păstrat albia naturală a râului Bega, îmbunătățită însă prin lucrări locale. De la Timișoara în aval s-a săpat, de asemenea un canal destinat în primul rând navigației. Aceste lucrări au fost terminate în anul 1756. După numai câteva decenii s-a dovedit că aceste regularizări nu sunt suficiente. Interesele de ordin sanitar și economic cereau desecarea cât mai grabnică a mlaștinilor și reducerea intensităților inundațiilor. Aceste motive au impus noi măsuri pentru regularizare generală.

În primul rând trebuia remediat inconvenientul că apa Begheiului, fiind scăzută, nu asigură nici plutirea lemnelor și nici navigația. Pe de alta parte, până și viiturile cele mai mici deversau peste malurile canalului. Pentru eliminarea acestor neajunsuri s-a construit canalul de alimentare Timiș-Bega de la Coștei la Chizătău, iar mai aval, la Topolovățul Mic canalul de descărcare.

Primul, comportând un baraj de fund construit în albia Timișului și un stavilar la ramificarea canalului de alimentare, avea ca scop să conducă în perioadele de secetă apele râului Timiș în canalul Bega, suplimentându-se astfel debitul acestuia. Canalul de descărcare avea rolul de a conduce în Timiș viiturile mici ale Begheiului. Asupra viiturilor mari canalul de descărcare nu avea efect deoarece

nu era suficient dimensionat, astfel problema inundațiilor pe râul Bega nu era decât parțial soluționată. Prin aceste lucrări s-au redat agriculturii sute de mii de hectare

Râul Timiș este un curs de apă transfrontarier cu izvorul pe versantul estic al muntelui Semenic (cel mai înalt vârf este Iacob 1446m) sub Piatra Goznei(1145m). De la izvor spre Dunăre, albia Timișului se întinde în forma unui arc larg spre nord până la Lugoj, după care își schimbă direcția de curgere spre vest trecând prin Câmpia Banatului până la Baranda de unde își schimbă din nou direcția spre sud-est prin Banatul de sud până la vărsarea în Dunare la Pancova(Km 1153). Lungimea totală a râului Timiș este de aproximativ 348km, dintre care 231Km pe teritoriul României. Figura 3.5 prezintă bazinul Timișului, doar pe teritoriul României.

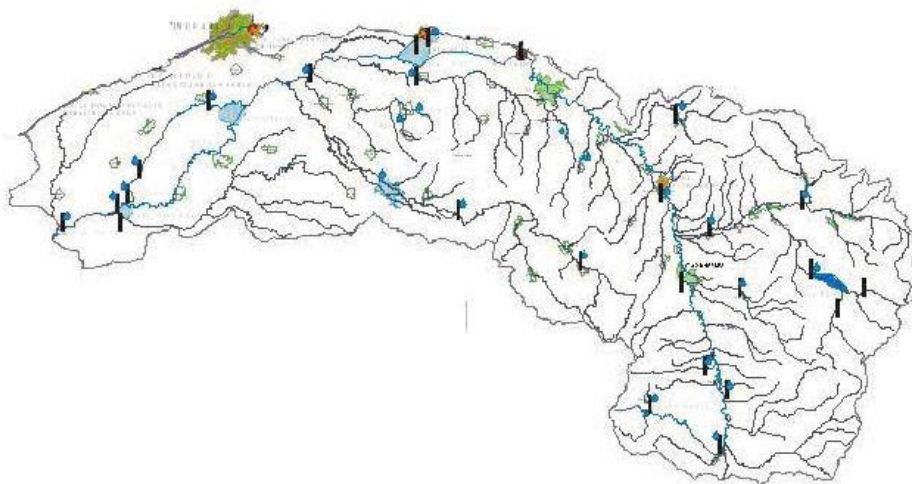


Figura 3.5. Bazinul hidrografic Timiș

Rețeaua de râuri și canale în bazinul hidrografic Timiș este foarte dezvoltată, mai ales pe cursul superior și cel mijlociu al râului. În sectorul cel mai amonte, albia Timișului cu multitudinea afluenților are un pronunțat caracter de râu de munte, cu pantă longitudinală mare, cu scurgeri puternice ale apei. Coborând de la izvor spre est până la Teregova, albia Timișului și -a croit drumul prin stâncile cristaline ale masivului Semenic. De pe versanții Semenicului primește câțiva afluenți mai mici (Brebu , Semenic , Teregova), iar după ce își schimbă direcția spre nord în Timiș se varsă afluenți mai importanți (pârâul Rece și Feneș) care se scurg de pe versanții de vest ai muntelui Cornel (1919 m) din Carpații Meridionali.

Panta râului Timiș scade simțitor, pornind de la Izvoare și până la Lugoj. După Lugoj, valea râului se lărgeste, iar după traversarea unei treimi din lungime, Timișul își încetinește mersul spre vărsare, aval de Lugoj având caracteristicile unui râu de câmpie.

În continuare, aval de Lugoj, albia râului Timiș este regularizată având construite diguri pentru a proteja împotriva inundațiilor largă vale a râului. Pe sectorul între Lugoj și Botos (circa 150Km lungime), digurile având înălțimi între 3 și 7,50m și o distanță între diguri de 300 – 900m, delimitează albia majoră pentru debitul apelor mari ale râului Timiș. Între diguri se întinde o albie minoră amenajată parțial

și meandrată pentru debitul apelor mici și mijlocii. Acest sector al Timișului are caracteristici ale unui curs de apă de șes, care sunt mai pronunțate aval de Rudna.

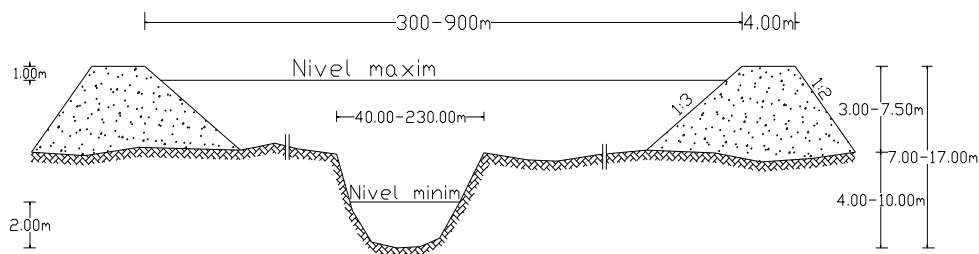


Figura 3.6. Profil transversal caracteristic râului Timiș între Lugoj și frontieră

Panta medie longitudinală a albiei râului între Lugoj și Rudna este de 0.36‰, iar între Rudna și Tamașevăț este de 0.08‰. Între Lugoj și frontiera de stat, Timișul primește câțiva afluenți de stânga (Timișina, Șurgani, Pogonis, Lanca Birda), parțial regularizate. Pe partea dreaptă a Timișului, albiile râului Timiș și ale râului Bega sunt legate prin două canale artificiale : la Coștei (de alimentare) și la Topolovățul Mic (de descărcare).

Pentru tematica noastră privind inundațiile din zona Timiș – Bega este important canalul de descărcare, cu ajutorul căruia se transportă cea mai mare parte a apelor mari de pe Bega superioară (până la 372m³/s) în albia Timișului, măbind astfel debitul acestuia cu 25%. Astfel întreg bazinul hidrografic Bega din partea deluroasă montană (1690Km²) se include în bazinul hidrografic Timiș.

După parcurgerea a 231Km pe teritoriul României, râul Timiș ajunge la frontiera de stat intrând în Serbia la localitatea Jasa Tomic. Pe sectorul între frontieră și intersectarea cu canalul DTD la Botos(31Km) Timișul nu primește afluenți mai importanți. Pe acest sector, însă, ca și pe partea de șes de pe teritoriul României există multe canale de desecare care, împreună cu cei câțiva afluenți, ajută la evacuarea apelor interioare de pe suprafața hidroameliorată. Sectoarele caracteristice în lungul cursului sunt prezentate în tabelul de mai jos :

Sector de râu	Izvoare-Teregova	Teregova-Lugoj	Lugoj-Rudna	Rudna-Tomașevăț	Tomașevăț-varsare
Km	348-322	322-232	232-134	134-81	81-0
Lungime sector	26	90	98	53	81
Panta medie ‰	27	3	0.36	0.08	0.04
Tipul sectorului	muntos	deluros	de trecere deal-câmpie	câmpie	câmpie

Tabel 3.1. Sectoarele caracteristice ale râului Timiș

Forma bazinului hidrografic a Timișului este variabilă în funcție de condițiile apelor în bazinul hidrografic Bega superioară și a rețelei de canale în sistemul D.T.D. Pentru formarea undelor de ape mari, cea mai importantă parte a bazinului este cea amonte de stația hidrometrică Șag (Km156 de la varsare) cu o formă de evantai.

Toți afluenții mai importanți în formarea undei de viitură au varsarea în Timiș amonte de profilul Șag. De menționat ca rețeaua râurilor este asimetric dispusă. Sunt mai mulți cei care se varsă în Timiș cu o cantitate mai mare de precipitații de pe versanții munților sud-carpatici din partea dreaptă a bazinului, iar din partea stângă a bazinului afluenții au un aport mic de apă.

Cursul de apă	Stația hidro	Supraf. bazin (km ²)	Nivel Mediu (m)	Dist.de la izvor km	Panta medie a B.H. ‰	Panta medie curs apă ‰	Volum undă la 1% (mil.mc)
Timiș	Teregova	167	906	26.1	187	28.7	20.9
Timiș	Caransebeș	1072	69	60.0	286	15.6	102.0
Bistra	Ciresa-Voislova gara	404	35	26.4	355	61.2	40.0
Bistra Poieni	Poiana Marului	79	442	12.7	501	71.5	14.1
Timiș	Lugoj	2706	65	116	258	8.8	209.0
Bega	Făget	473	64	42.6	199	23.6	21.6
Gladna	Surduc	112	30	18.0	142	6.5	10.5
Timiș	Șag	4.493*	468	194	175	5.4	356.0

Tabel 3.2. Volumul undelor de viitură în secțiunile de control ale râului Timiș

Caracteristicile regimului apelor

Volumele de apă în albia Timișului și a afluenților acestora variază în cursul unui an, mai ales luând în considerare o perioadă mai lungă de timp. Valoarea ridicată a scurgerii în albie este în mare măsură influențată de factorii climatici (precipitații, temperaturi, umiditatea aerului, evaporția, etc), condiții fizico-geografice (suprafața și relieful bazinului, densitatea și caracteristicile rețelei râurilor, caracteristici hidrogeologice, starea vegetației, etc), precum și acțiunea omului la condițiile de curgere în bazinul hidrografic. În bazinul Timiș-Bega acțiunea omului asupra condițiilor de curgere este foarte reprezentativă, aceasta desfășurându-se de 2,5 secole pe două sensuri :

- primul se referă la lucrările în albia râului (tăieri de coturi, barări ale brațelor, etc), la construirea obiectivelor hidrotehnice (stăvilare, canale, baraje, poldere, etc), care au dus la schimbări, în mare parte pozitive și într-o mică parte negative, în regimul de curgere a apelor în lungul Timișului și a râului Bega. Ca exemple clasice se pot enumera canalele de legătură Coștei-Bega (pentru completarea cantității de ape mici în Bega) și de la Topolovăț la Timiș (pentru atenuarea apelor mari din Bega inferioară);

- al doilea aspect legat de influența omului reiese din schimbarea regimului de curgere în bazinul hidrografic și în albia Timișului și a afluenților acestuia prin construirea digurilor, tăierea meandrelor, a pragurilor și a lucrărilor de hidroameliorații.

Prin execuția acestor lucrări se ajunge la mărirea vitezei și a cantității apei scurse din bazinul hidrografic, înrăutățindu-se regimul apelor mari (mărirea debitelor și nivelelor extreme).

Dacă se iau în considerare concluziile noilor studii de schimbări ale climei în regiune, cu mărimi ale perioadei ploioase și secetoase, se constată că sunt motive suplimentare pentru a nu putea lua ca o constantă curgerea apelor în bazinul Timișului, precum și regimul apelor în general, ci ca o mărime variabilă în funcție de numărul factorilor ce se schimbă în timp.

Factori climatici ai scurgerii

Dacă privim bazinul Timiș-Bega ca o regiune geografică se observă o diferență în caracteristicile climatice în partea ei de munte și cea de câmpie. Sub aspectul formării undelor de viituri și a apărării împotriva inundațiilor, factorii cei mai importanți sunt precipitațiile, temperatura și vânturile.

Precipitațiile sunt repartizate inegal, atât în cursul unui an, precum și într-o perioadă multianuală, iar ca spațiu în funcție de relieful bazinului hidrografic. Cantitatea medie anuală a precipitațiilor în partea de câmpie a bazinului hidrografic este de circa 600mm, iar în partea montană de circa 1200mm. Cantitățile cele mai mari de precipitații cad în cursul lunii iunie (13.5% din cantitatea anuală), în mai (11.2%) și în iulie (10.9%), iar cele mai mici în cursul lunii martie (4.9%), octombrie (6.1%) și septembrie (6.3%). Este important de menționat că în anii cu ploi extreme, cantitățile de precipitații depășesc media și de 2-3 ori.

Cauza principală a precipitațiilor însemnate, cele care formează unde de viitură pe Timiș, sunt cicloanele care circulă dinspre Oceanul Atlantic sau din vestul Mediteranei spre est. Traseul cicloanelor este cauzat de regiuni cu presiuni coborâte ale aerului (densități), în lungul cărora sunt înregistrate cele mai mari cantități de precipitații.

Numărul mediu de zile cu precipitații este de 120 zile în zonele de câmpie și 180 zile în zonele montane ale bazinului hidrografic. Este de reținut că numărul de zile cu precipitații cu intensitate mare (mai mare de 20mm/zi) se mărește de la 5 zile în câmpie la 12 zile anual în zona muntoasă a bazinului hidrografic. Într-o perioadă lungă cu date înregistrate se constată cantități extreme de 100-140mm/zi, precum și cantități de 200mm în două zile. Pentru formarea undelor de viitură este importantă și grosimea stratului de zăpadă care poate ajunge în perioada critică la o grosime cumulativă de 200cm în partea muntoasă a bazinului hidrografic.

Temperaturile aerului variază în cursul anului și bineînțeles în perioada mai lungă. Aici sunt prezentate doar acele temperaturi, importante pentru formarea undelor de viitură pe Timiș.

Temperatura medie anuală este de 11°C, iar temperaturile medii lunare variază de la -1,1°C în luna ianuarie până la 21,3°C în luna iulie, având diferența de temperatură de 22,4°C.

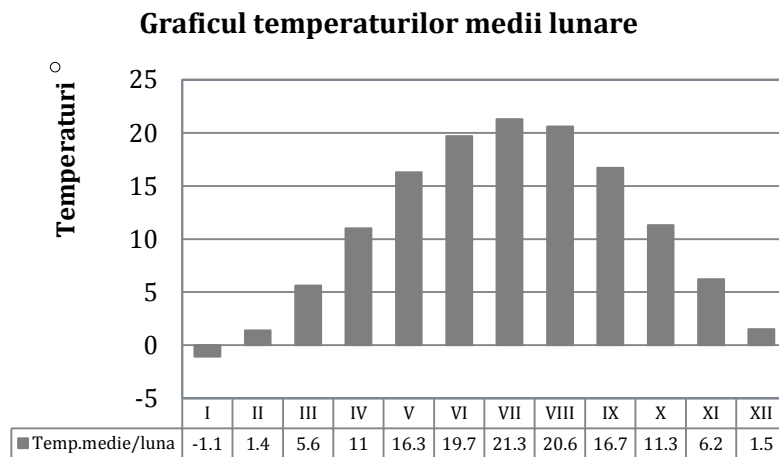


Figura 3.7. Graficul temperaturilor medii lunare

Influența altitudinii Carpaților Meridionali la variațiile de temperatură în partea muntoasă a bazinului hidrografic a râurilor Timiș și Bega este bine prezentată în diagrama întocmită de hidrometeorologi pentru lunile caracteristice (ianuarie și iulie) pe baza datelor de observație într-o perioadă de lungă durată; cu creșterea altitudinii (H) de la 150m la 1000m, temperatura medie (T) scade de la 22°C la 15°C.

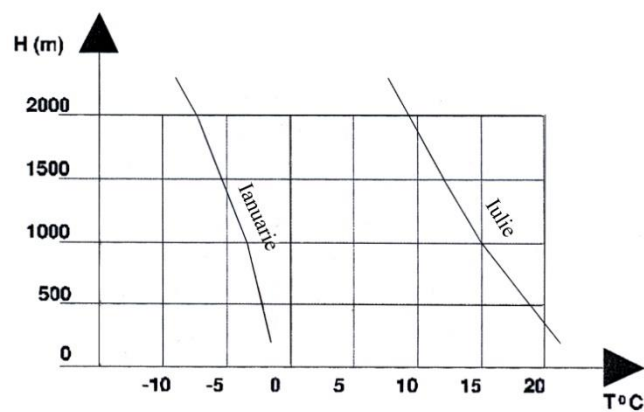


Figura 3.8. Diagrama temperaturii aerului în b.h. Timiș funcție de altitudine

Pentru condițiile de formare a gheții în albia râului, respectiv acumularea zăpezii în bazinul hidrografic, sunt foarte importante variațiile de temperatură a aerului în perioada de iarnă, inclusiv perioada de trecere toamnă-iarnă și în mod special cea de iarnă-primăvară. Rezultatele analizelor arată că într-un an sunt 90 de zile la câmpie și 180 de zile în zona muntoasă cu temperaturi negative.

3.1.2. Date disponibile

Datele disponibile pentru modelare sunt datele stocate în baza de date a Administrației Bazinale de Apă Banat, sectorul de râu analizat este delimitat în amonte de localitatea Șag și în aval de frontiera cu Serbia până la localitatea Boka, lungimea sectorului analizat fiind de 53,220km (39,67km pe sector Șag – frontieră, respectiv 13,55km pe sectorul frontieră – localitatea Boka.

Datele includ secțiuni transversale, pe râul Timiș pe sectorul de interes comun româno – sârbesc. Secțiunile transversale disponibile sunt 27 pe partea sârbească între Boka și Jasa Tomici, și 39 (36 + 3 secțiuni la poduri) pe partea românească pe sectorul Șag – frontieră. Datele disponibile includ măsurători de debite și nivele, precum și curbe cheie, Aceste date, constituind baza topografică de calcul, au fost ridicate de către colectivul de studii topografice al S.C. AQUAPROIECT S.A. Filiala Sibiu în anul 2005. Profilele transversale au fost ridicate în sistem de coordonate având ca plan de referință Marea Neagră 75. Distanța între aceste profile transversale variază de la 500m la 3000m. Reprezentarea amplasării profilelor transversale și a releveelor s-a făcut pe planuri de situație scara 1 : 25.000.

Față de datele topo care au stat la baza întocmirii studiului hidraulic din anul 2005, de către S.C. AQUAPROIECT S.A. Filiala Sibiu, partea sârbă a transmis părții române prin documentația "Extras din proiectul de reabilitare a digurilor de pe r. Timiș între Frontiera de stat și Seceani" datele topo de pe sectorul Boka - Frontiera de stat. date topografice și hidraulice, care sunt folosite pentru acest studiu. Datele topo trimise de Partea sârbă constau din 7 profile transversale care reliefează întreaga albie a r. Timiș pe zona dig-dig la scara 1:50/1000 și planuri de situație la scările 1:5000 și 1:10000 cu amplasarea în plan a profilelor trasversale, a zonelor de pe care sunt prevăzute lucrări de curățire a albiei, traseul digurilor de apărare și amplasarea posturilor hidrometrice.

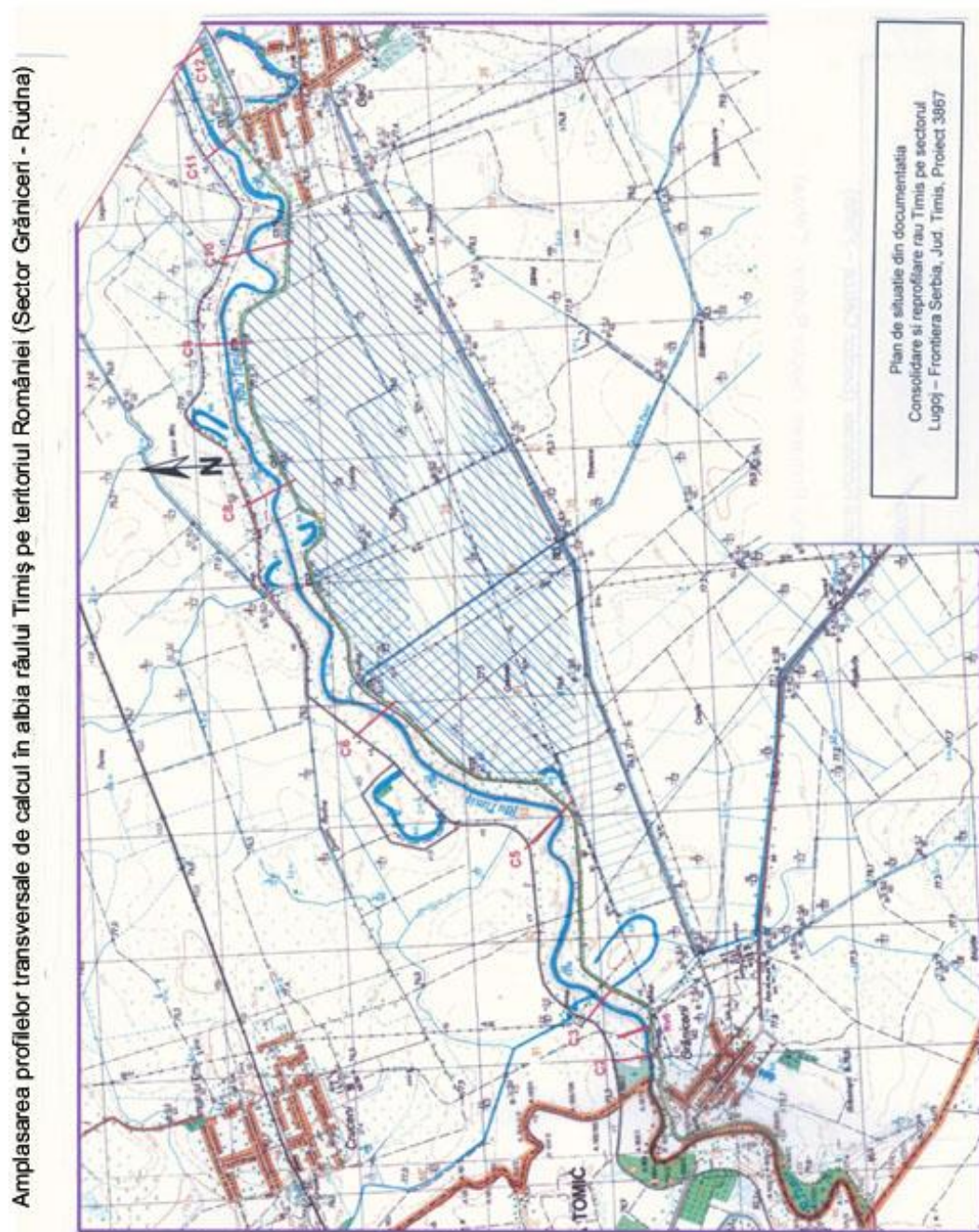


Figura 3.9. Amplasarea în plan a profilelor transversale pe r.Timiș pe teritoriul României (Sector Grăniceri – Rudna)

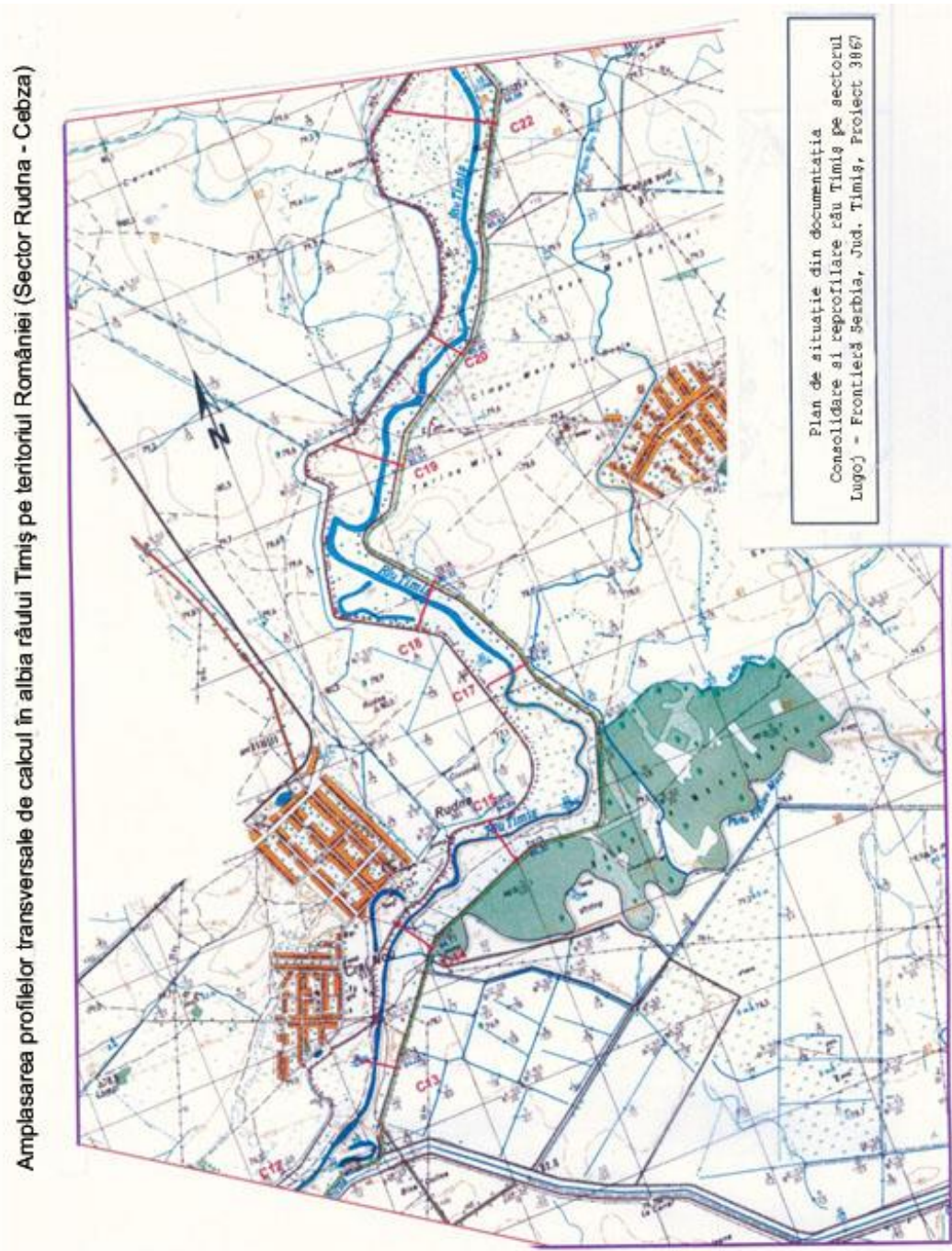


Figura 3.10. Amplasarea în plan a profilelor transversale pe r.Timiș pe teritoriul României (Sector Rudna - Cebza)

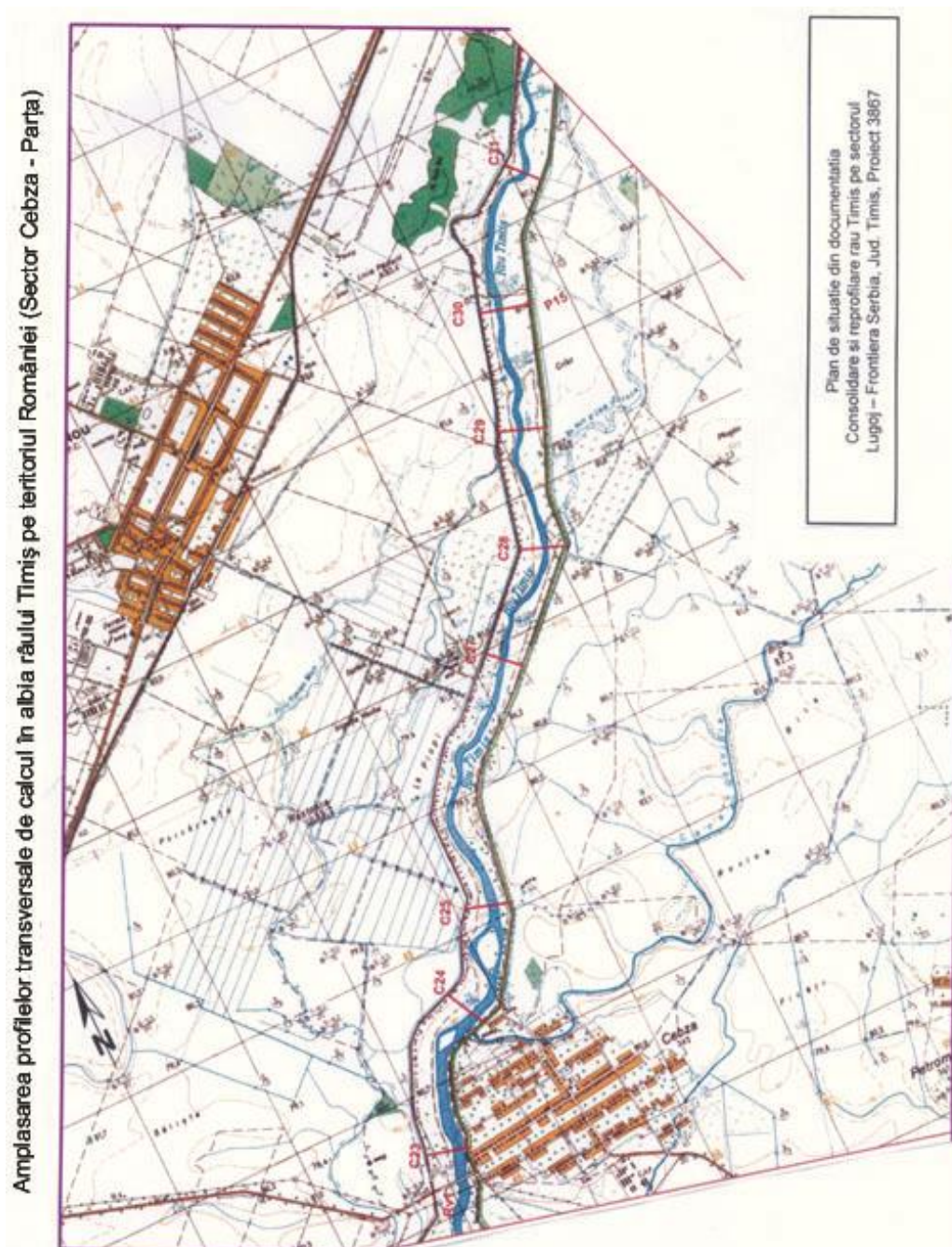


Figura 3.11. Amplasarea în plan a profilelor transversale pe r.Timiș pe teritoriul României (Sector Cebza - Parța)

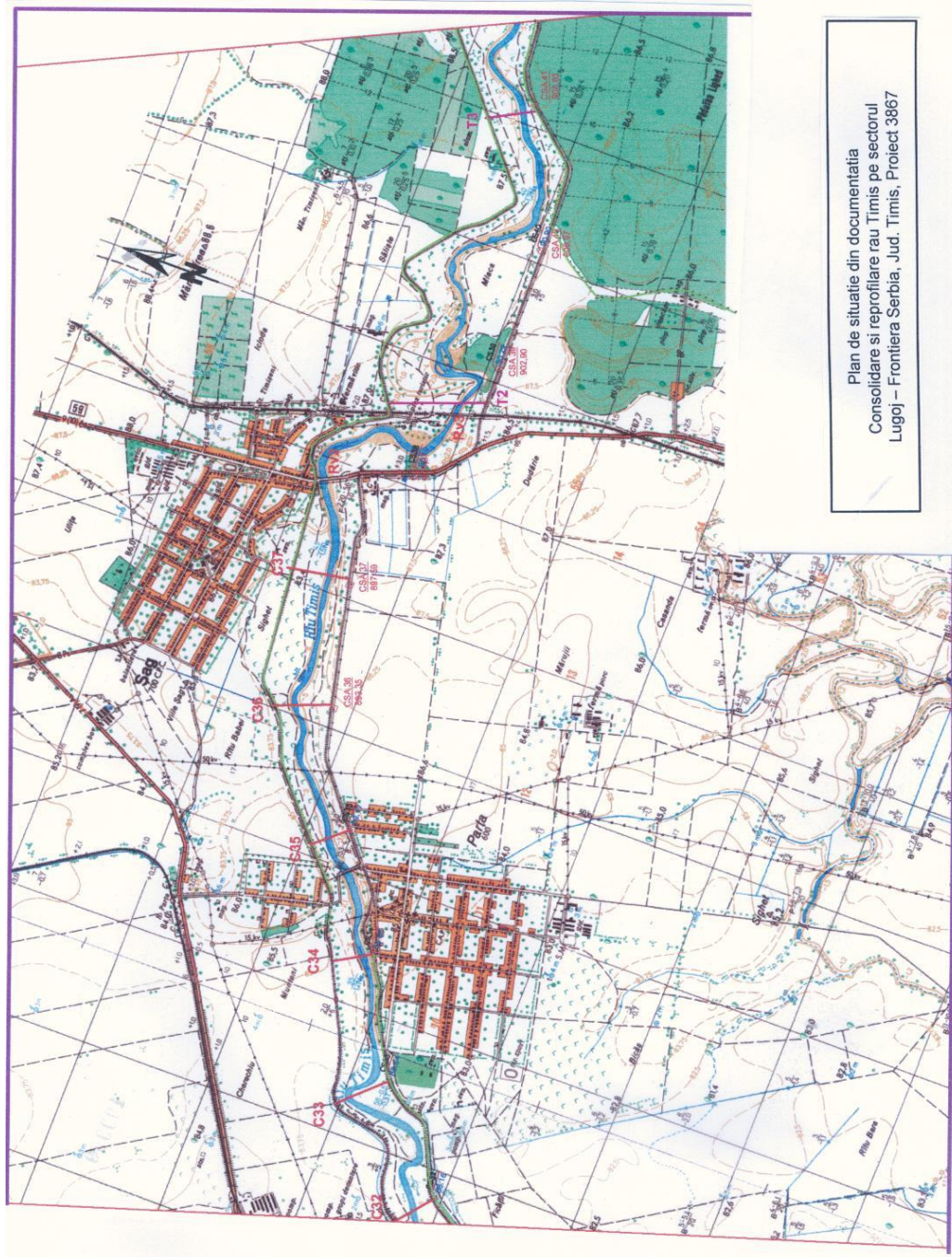


Figura 3.12. Amplasarea în plan a profilelor transversale pe r.Timiș pe teritoriul României (Sector Parța - Șag)

3.2 Istoricul inundațiilor în zona Timiș – Bega

3.2.1. Viitura din anul 1912

Cele mai mari inundații cunoscute în secolul trecut sunt acelea din iunie 1859, în bazinul Timiș și Bega care au avut un caracter catastrofal, acoperind cu apă localități și terenuri pe o suprafață după cum se menționează în documentele vremii de "aproape o jumătate milion de jugări".

Ca o consecință a celor întâmplate în 1859, în fața proporțiilor catastrofei, statul burghezo-moșieresc, pentru a ieși din această situație fără o contribuție materială proprie, concretizează sarcinile celor interesați prin înființarea primei asociații denumită "Asociația pentru regularizarea Văii Timișului și Begheiului".

În cadrul acestei asociații, precum și a altora asemănătoare care au luat ființă pe parcurs, s-au executat în continuare în a doua jumătate a secolului al XIX-lea și începutul secolului XX, lucrările de îndiguire de pe Bega Veche, Beregsău, Timiș și afluenții săi principali, Lanca Birda, Bârzava și Mureș, în lungime totală de aproximativ 630 km.

Lucrărilor de regularizare a r. Timiș li s-au dat o mare importanță începând cu anul 1822, ca o măsură primordială (urgentă) s-a stabilit ca din albie să fie înlăturate morile de apă care au avut scopul reducerii vitezei apei, ulterior continuându-se executarea digurilor pe malurile mai joase și tăierea coturilor pronunțate.

Lucrările nu au înaintat cu o dinamică mulțumitoare, dar după 1836 fiind mărită intensitatea în așa fel încât începând cu anul 1837 a fost construit digul pe malul drept al Timișului între Rudna și Seceani.

Obiectivele construcțiilor pentru apărare împotriva inundațiilor nu mai satisfăceau cerințele din ce în ce mai mari ale agriculturii și a însăși orașului Timișoara, așa că în 1841, serviciul tehnic al canalului Bega a elaborat un proiect pentru îmbunătățirea situațiilor, executând un dig pe malul drept între canalul de atenuare Hitiș și Șag. Discuțiile legate de acest proiect au durat până la revoluția de la 1848, nefiind finalizate lucrările, fiind datorate necorelării între dezvoltarea agriculturii și lucrărilor de apărare împotriva inundațiilor.

Acest fapt a ieșit în evidență în mod drastic la inundațiile din iunie 1859 când a fost inundată o suprafață de cca 265000 ha. Se consideră că această undă de viitură în b. h. Bega-Timiș a fost cea mai mare de la începerea lucrărilor de regularizare.

Urmare a pagubelor imense, această inundație a influențat schimbarea concepțiilor de până acum despre puterea de distrugere a apelor mari, de pe Timiș și Bega și a contribuit la dezvoltarea foarte rapidă a apărării împotriva inundațiilor.

Inundațiile din 1859 au fost un motiv ca experții hidrotehnicieni să examineze și să înlătore toate părțile slabe a sistemului executat de până acum. Pentru executarea proiectului a fost însărcinat șeful serviciului tehnic a canalului Bega ing. D. Hatkei. Proiectul a fost aprobat foarte rapid, realizarea lucrărilor proiectate începând deja din 1860-1861. A fost construit un dig pe malul drept al râului Timiș, iar tăierea celor 64 coturi pe sectoarele Timișului amonte de Rudna însă a rămas neterminat întrucât au apărut schimbări organizatorice și administrativ-teritoriale.

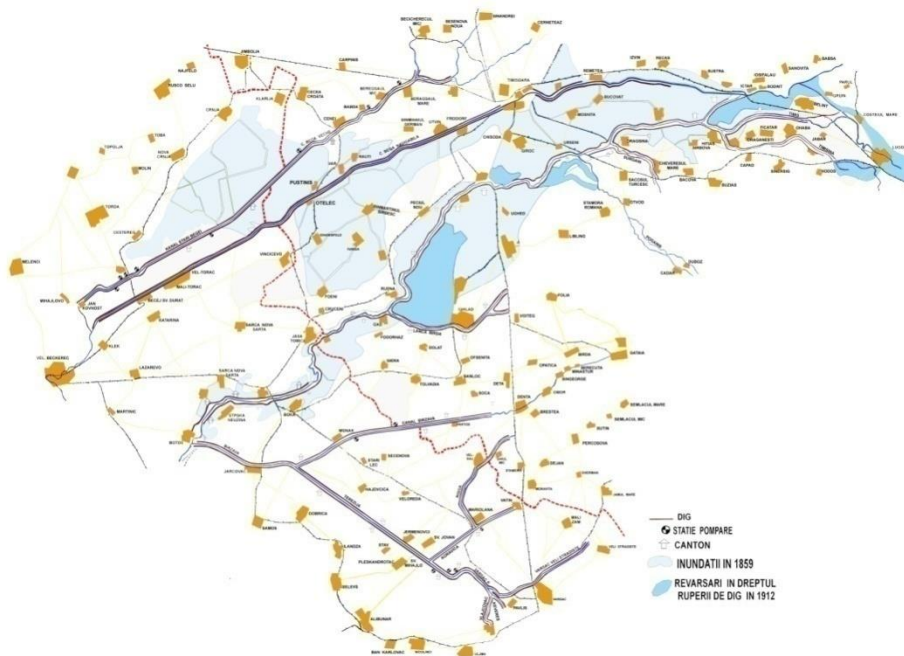


Figura 3.13. Suprafețe inundate în timpul viiturilor din anii 1859 și 1912

La inițiativa celor interesați în anul 1863 a fost înființată Societatea pentru regularizarea Timișului în scopul eficientizării lucrărilor de apărare împotriva inundațiilor.

Societatea nou înființată a continuat în mod rapid lucrările conform proiectului aprobat; a fost construit canalul de descărcare Bega-Timiș în scopul tranzitării apelor mari a canalului Bega în albia Timișului, dar din cauza lipsei fondurilor financiare nu a fost construit digul de pe malul stâng al r. Timiș.

Terminarea lucrărilor de bază și catastrofa de la 1912

Prin terminarea lucrărilor, regularizarea de bază a Timișului pe sectoarele între Coștei și Botoș, construirea digului în lungul ambelor maluri în continuitate între Ictar-Botoș, bararea brațelor și tăierea coturilor a fost formată treptat albia principală a r. Timiș. Tranzitarea apelor mari este asigurată, întrucât coronamentul digului executat a fost cu 1 m mai mare decât cota proiectată.

Convingerea că sistemul executat al obiectivelor de apărare în lungul Timișului și afluenții acestora, a asigurării protecției zonelor periclitate, a fost rapid combătută printr-o inundație catastrofală din 1912. Nivelele înregistrate în timpul trecerii undei de viitură au depășit maxime importante pe întreg sectorul Timiș între Lugoj și Botoș, fiind depășit și coronamentul proiectat la ape mari. Orașul Lugoj a

fost total inundat, iar la Șag, Cebza și Neusine (aval Tomașevat) apa a creat breșe în diguri inundând cca 25000 ha și câteva localități.

Viitura din anul 1912 a fost înregistrată în perioada 26 – 31 mai, la stația hidrometrică Șag, și 27 mai – 1 iunie, la Ciavoș (Grăniceri), fiind generată de precipitațiile căzute în perioada 25 – 27 mai, precedate de ploi mai reduse cantitativ produse în intervalul 22 – 24 mai.

Cantitățile de apă din perioada premergătoare declanșării undei de viitură, care au avut rolul de a umecta solul și a favoriza scurgerea la viitură, au însumat în medie între 10 – 30mm în trei zile, depășind chiar 30mm în câteva puncte izolate.

Ploile care au produs viitura, cele căzute în intervalul 25 – 27 mai au totalizat cantități ce au depășit local 200 mm (Nădrag – 209,9 mm, Văliug – 208,6 mm), situându-se între 30 – 100 mm în cele mai multe puncte de măsură din bazin.

Distribuția lor teritorială indică o concentrare masivă în zona montană a bazinului hidrografic al râului Timiș, și au avut valori de peste 100 mm, existând nuclee izolate unde au depășit 200 mm.

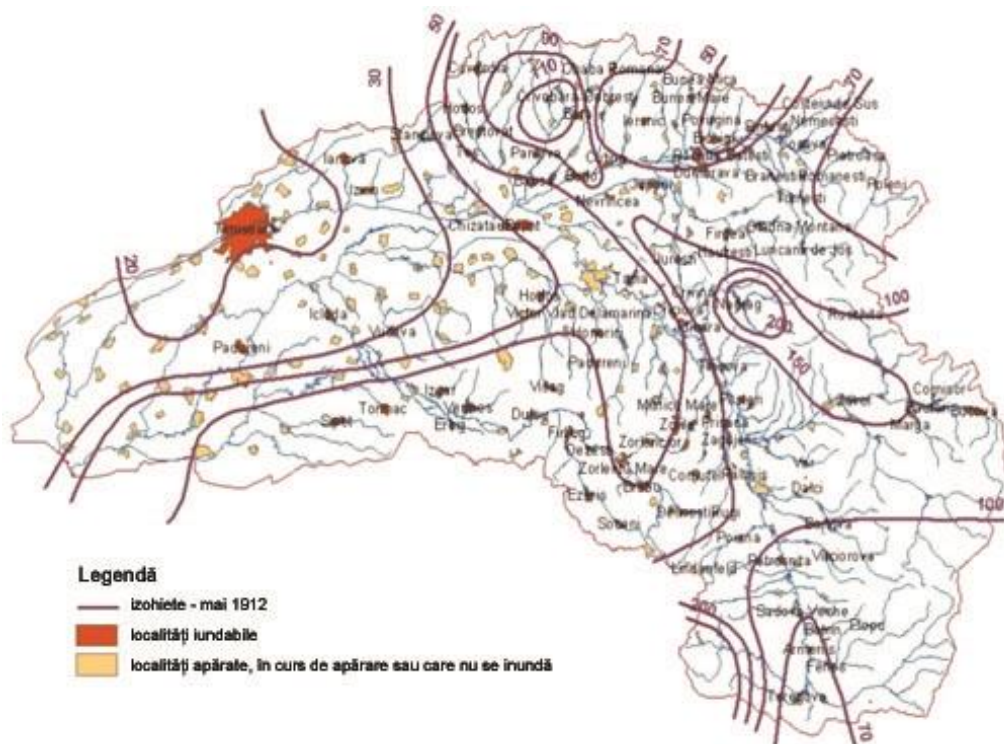


Figura 3.14. Repartiția izohietelor din mai 1912 din b.h. Timiș și Bega

Pe sectorul median al bazinului hidrografic Timiș, cantitățile căzute s-au situat între 30 – 70 mm, iar pe cel inferior, în câmpia Timișului au înregistrat valori cuprinse între 20 – 30 mm. La viitura din 1912 a plouat în tot bazinul hidrografic al r. Timiș, cantitățile de precipitații descrescând de la est la vest între 236 și 20mm.

Chiar dacă au existat pagube mari și victime omenești în cursul acestor inundații, conducerea societății de gospodărirea apelor Timiș-Bega nu a aprobat construirea în continuare a obiectivelor hidrotehnice, apreciind că unda de viitură din mai 1912 a avut caracterul unei catastrofe naturale; considerând că apărarea împotriva unor asemenea unde implică consum mare a surselor financiare pe care societatea nu o poate suporta în condițiile unei gospodării rentabile. S-a hotărât ca să fie închise urgent toate breșele și să fie reparate obiectivele avariate în așa fel încât aceste obiective să fie aduse la parametrii inițiali.

În cursul ultimelor 4 decenii, factorii implicați apărării împotriva inundațiilor nu au reușit să rețină apele mari (iunie 1966, aprilie 2000 și aprilie 2005), de trei ori apele mari au ajuns la prima linie de apărare în sectorul de frontieră al r. Timiș. În toate cele trei cazuri este vorba de unde de viitură deosebit de mari care au depășit nivelurile maxime istorice de până atunci. Toate breșele din dig s-au format pe teritoriul României în urma deversării coronamentului digului în lungul celor 2 maluri ale râului Timiș.

Apele din revărsări au inundat suprafețe mari de terenuri riverane (15.500-36.600 ha) pe teritoriul celor 2 țări, (România și Serbia) cu un mare număr de localități, producând pagube enorme și suferințe ale populației.

După consecințele grave, aceste inundații sunt considerate catastrofale, din care cauză li se dă o importanță deosebită – în speranța că experiența din aceste întâmplări poate fi folosită la adoptarea unor soluții mai bune pentru viitor.

3.2.2. Viitura din anul 1966

Inundațiile catastrofale din anii 1910 și 1912 reliefează necesitatea executării unor lucrări de mai mare anvergură, dat fiind că cele existente la acea dată nu au fost suficiente.

Înainte de a trata cele întâmplate în anul 1966 în acțiunea de apărare împotriva inundațiilor din 8-12 februarie, respectiv 30 mai-2 iunie pe cursurile de apă Bega, Lanca Birda și Timiș, este indicat să menționăm construirea digurilor de apărare și valoarea lor de-a lungul anilor pentru această zonă (câmpie joasă și câmpie înaltă) din bazin.

Oricare ar fi înfățișarea morfologică actuală a șesului Banatului, el reprezintă fundul colmatat al fostului lac Panonic.

Datorită trecerii bruște de la relieful înalt de deal la cel de șes, a precipitațiilor periodice abundente și a influenței climatului mediteranean, resimțit prin topirea într-o perioadă scurtă a zăpezilor din zona de munte, cursurile de apă în general au un pronunțat caracter torențial existent, o variație mare a debitului în cursul anului.

Datorită caracteristicilor hidrografice, datorită zonei de câmpie cu o pantă foarte mică în direcția de scurgere, datorită și posibilităților reduse de infiltrare a apei (permeabilități reduse ale solului), cursurile de apă în trecut aveau un caracter instabil, cu multe brațe ce se pierdeau adesea în zonele depresionare unde formau bălți și mlaștini întinse.

În cursul anului 1966 pe r. Timiș au fost înregistrate 4 unde de viitură (februarie, aprilie, mai-iunie și iulie-august), din care în ordine cronologică a treia a produs inundații catastrofale.

În februarie, prima undă a avertizat că urmează catastrofa, întrucât a depășit nivelul maxim înregistrat de până atunci la Stația Hidrologică Jasa Tomici cu 20 cm atingând 788 cm. Această undă s-a produs în condițiile fenomenelor de

gheață ($g = 6...22$ cm), care se aglomera în mai multe locații (sectoare) în albia râului Timiș, ceea ce crea mari probleme factorilor de apărare în timpul desfășurării acțiunilor de apărare.

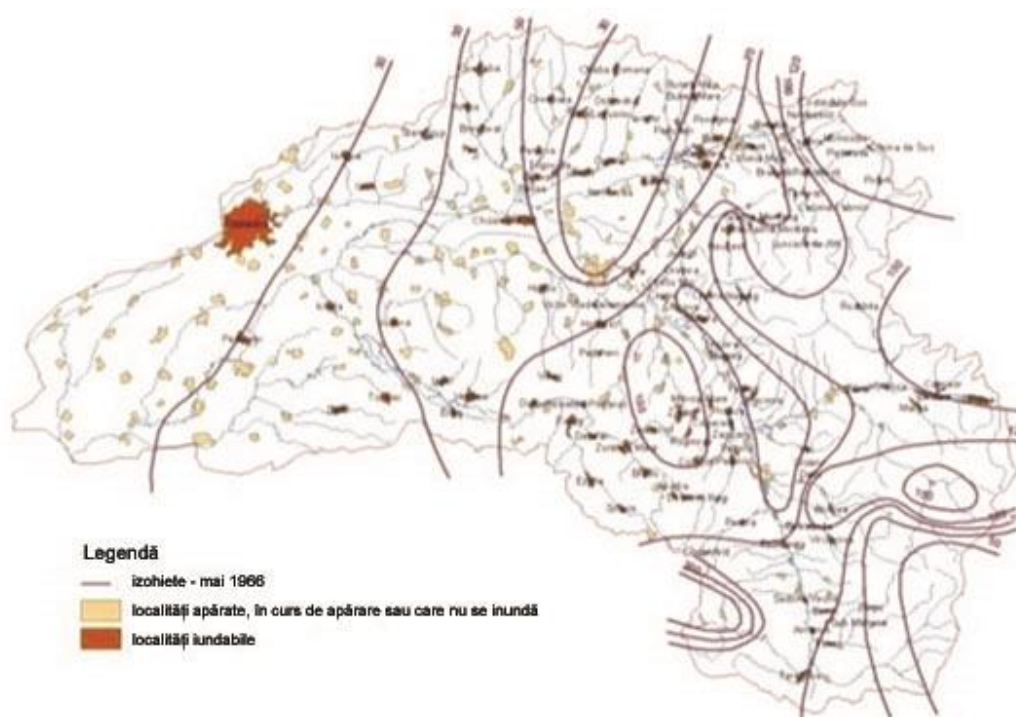


Figura 3.15. Repartiția izohietelor din mai 1966 din b.h. Timiș și Bega

Scurgerea torențială a cantității de apă din bazinul hidrografic a produs o creștere bruscă a nivelurilor în albia r. Timiș, astfel la Stația hidrologică Șag, în data de 31 mai la ora 19.00, nivelul a atins punctul culminant de 620 cm, iar la S.H.Cebza și Rudna au fost depășite nivelurile maxime înregistrate până atunci. Este evident că nivelurile maxime ar fi fost depășite și în sectorul aval al r. Timiș, dacă la ora 5.30 nu s-ar fi produs breșa de pe malul stâng aval de Gad la km 102+000, la cca 7,5 km de frontiera de stat. La Stația Hidrologică Jasa Tomici nivelul a atins 786 cm. (doar 2 cm sub nivelul maxim), ulterior din cauza producerii breșei a început să scadă brusc. Înălțimea totală a creșterii nivelului a fost 798 cm în doar 66 ore.

Cea mai mare creștere zilnică a nivelului a fost de 364 cm (30-31 mai) în medie 15,6 cm/h.

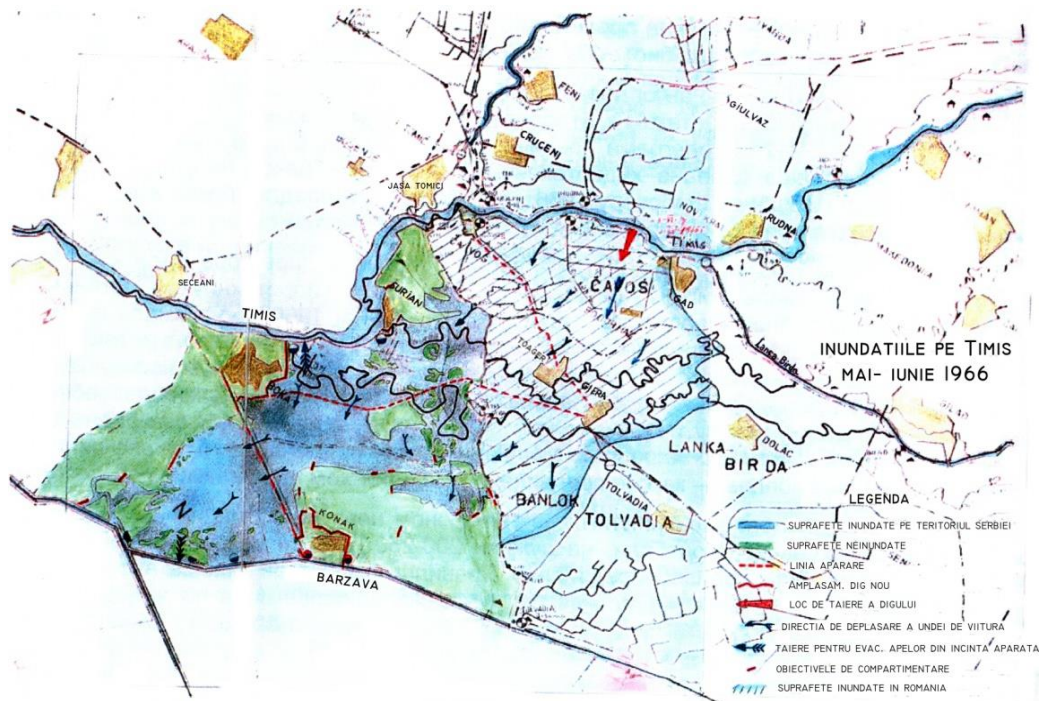


Figura 3.16. Plan de situație a zonei inundate cu direcția de curgere a apelor inundabile în urma ruperii digului r. Timiș – 1 iunie 1966

Totalul precipitațiilor medii anuale este de 630 l/mp cu o repartitie neuniformă. Din studiul regimului pluviometric pe o perioadă mai lungă de ani, ne arată că se pot atinge în cursul verii valori maxime ce depășesc 100 l/mp în 24 de ore și anuale care au depășit 1000 l/mp. Cantitatea de zăpadă căzută în zona de câmpie este în general mică și nu crează prin topire probleme deosebite. Uneori însă zăpada abundentă căzută în zona colinară și muntoasă învecinată topită brusc, provoacă neajunsuri prin ridicarea nivelurilor cursurilor de apă până la depășirea viiturilor de calcul. Peste zăpada existentă între 10-20 cm în medie în bazin a plouat 26,9 l/mp la Coștei, 27,8 l/mp la Topolovăț, iar în zona de munte precipitațiile au fost mari în zilele de 6-10 februarie 1966. În noaptea de 9 februarie la Chevereșul Mare apa din comună nu poate fi preluată, de pârâul Șurgani care avea diguri foarte mici și Timișul nu permitea scurgerea, fiind nevoie de intervenție în sat cu bărci pentru evacuarea populației din 10 case. În 10 februarie pe Timișina la km 8+200 și 12+500 la ora 14 se realizează diguri iepurești pe digul drept pe porțiuni de câte 60-80 m. Pe malul stâng la km 7+890 apare o spălare puternică a digului prin depășirea acestuia, dar care în aceeași zi aduce apele înapoi prin scăderea nivelului, zona de deal fiind fără probleme.

Pe Bega în același timp nivelurile mari în amonte de Chizătău - 380 cm la Coștei, 550 cm la Chizătău - au produs pe cursul de apă în aval o depășire a terenului ce închidea un prival pe malul stâng la cca 300 m de Chizătău, astfel că

apa a dus la acest obstacol pe valea respectivă, ajungând pe sub podurile de cale ferată până la digurile Timișului pe malul drept și canalul de descărcare mal stâng într-un volum de apă de cca 22 mil.mc, inundând terenurile agricole, complexul zootehnic al CAP Ictar Budinț și amenințând satul Topolovățul Mic.

Timp de 22 zile s-a încercat evacuarea apei cu motopompe de 12", dar fără succes, astfel că până la urmă evacuarea apei a trebuit fi făcută prin tăierea digului canalului de descărcare mal stâng la km 0+550.

Pe malul drept al canalului Bega Nenavigabilă km 152+500 curs de apă, respectiv km 2+150 dig, tot în același timp se produce o rupere pe 20 m lungime ca urmare a apelor din Bega ce deversau în satul Ictar, cât și ca urmare a apelor provenite de pe Văile Iosifalăului care nu aveau evacuare în Bega, satul a fost evacuat, iar 10 case distruse.

Apa s-a scurs spre zona joasă spre Topolovățul Mare și apoi în Bega aval de stăvilarul Topolovăț.

Refacerea acestei rupturi s-a făcut până la sfârșitul lunii, apoi în vară, cu ajutorul studenților din Timișoara, s-a refăcut digul cu completări de terasamente pe 500 m; așa cum se găsește azi s-a realizat în 1975 prin programul de investiții.

Nivelurile crescute pe râul Timiș nu au permis descărcarea canalului Lanca-Birda prin stăvilarul de la Gad din digul stâng al Timișului, și astfel, între digurile canalului Lanca-Birda s-a acumulat cca 4,25 mil.mc.

La sfârșitul lunii mai s-a format o nouă undă de viitură ca o consecință a căderilor de precipitații în cantități mari și intensități mari. Cantitățile de precipitații au fost deosebit de mari mai ales în partea deluroasă-muntoasă a bazinului, unde în perioada 21-31 mai au fost înregistrate peste 150 l/mp, iar la Stația Meteorologică Brebu Nou s-au înregistrat 229.6 l/mp. Într-un spațiu mai larg au fost înregistrate precipitații de peste 100 l/mp, iar în partea de câmpie a bazinului cantitățile de precipitații au fost de 30-100 l/mp.

În perioada 30 mai-3 iunie apare din nou o situație de apărare cu suprapuneri de unde de viitură creând cel mai mare pericol asupra acestui punct critic. În ziua de 31 mai ora 5.00 pe mira de pe taluz se înregistrează creșterea nivelului la baza taluzului exterior al digului cu o frecvență de 1cm/minut și astfel până la orele 22.00 apa ajunge la coronamentul digului. La ora 23.30 se constată pe mira provizorie de la Grăniceri o stagnare și apoi descreștere, la km 8+375 în amonte apa a rupt digul prin deversare așa cum se va descrie în continuare întreaga situație.

Ruptura s-a datorat depășirii digului Timișului pe mai mulți kilometri, ca urmare a creșterii nivelului în mod neașteptat, în sectorul de frontieră. Atingerea unor cote mari a apelor de viitură în acest sector s-a datorat schimbării condițiilor de scurgere în albia majoră dintre diguri ce fusese acoperită de vegetație lemnoasă crescută spontan pe teritoriul român sau plantată special pe teritoriul iugoslav și care la data respectivă era complet înverzită.

Cu toate eforturile depuse nu s-a putut împiedica deversarea, deoarece ar fi fost necesar să se execute diguri iepurești de cca 10 km pe ambele diguri. Intervenția fusese îngreunată foarte mult din cauza faptului că nu se putea lucra absolut deloc cu utilaje, porțiunea superioară a digului fiind înmuiată.

Digul fusese construit din pământ argilo-nisipos cu straturi neomogene. În schimb fundația acestuia era o argilă grea în grosime mare. Distanța între malul albiei minore și baza taluzului exterior era de cca 8-10 m, dar în apropierea digului cu timpul se formase un prival prin fostele gropi de imprumut, care avea legătură cu

albia minoră atât în amonte cât și în aval de ruptură. Ruptura s-a dezvoltat foarte repede. După 24 de ore a atins o lungime de 200m, după care s-a stabilizat. La interior până aproape de poziția coronamentului s-a format un gropan lat de cca 100m, lung de 100m și o adâncime medie de 2 m.

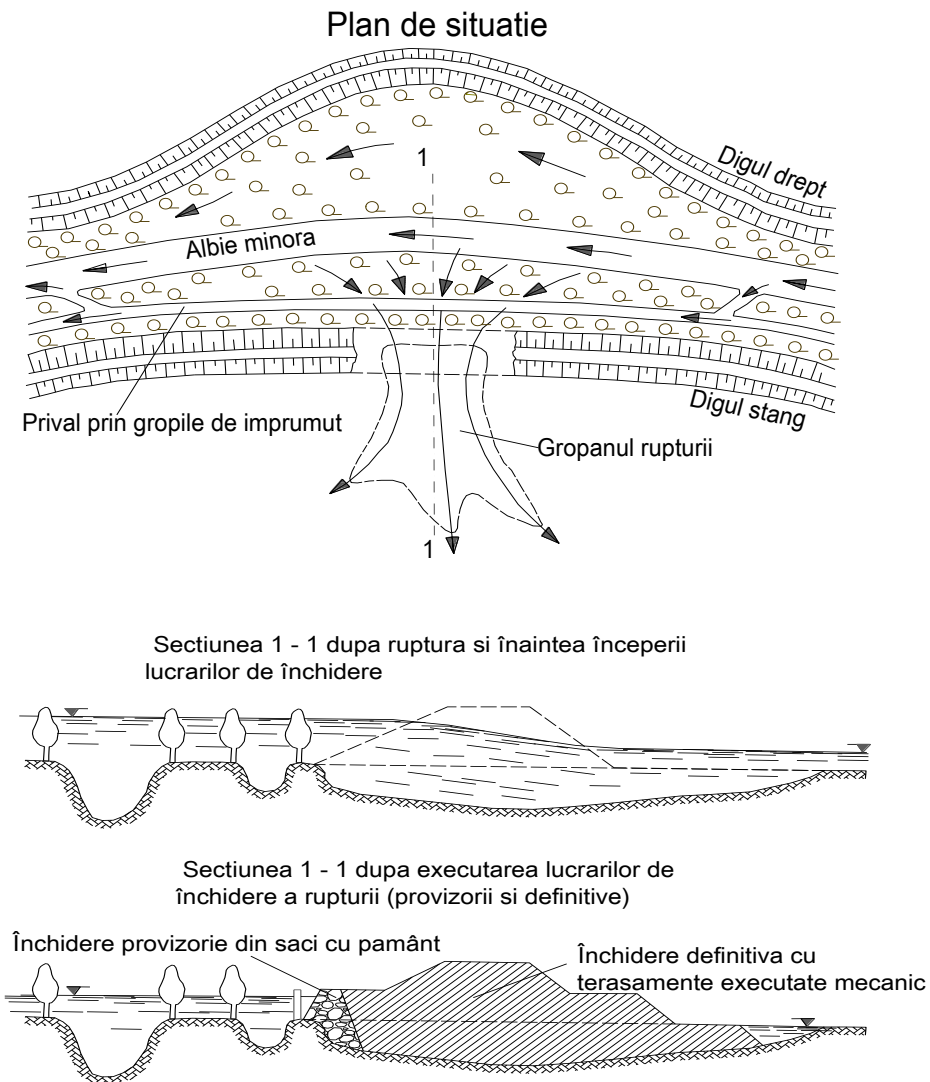


Figura 3.17. Plan de situație și lucrări de închidere a digului stâng Timiș în urma inundațiilor din anul 1966

Apele pătrunse în incinta îndiguită nu puteau fi localizate, scurgerea lor normală fiind peste frontiera cu R.S.F. Iugoslavia. Pe teritoriul nostru apa a inundat

cca 6500 ha și 4 localități (numai parțial), iar în Iugoslavia cca 20000 ha și de asemenea 4 localități, care însă au fost apărate de unitațile hidrotehnice din Iugoslavia cu diguri circulare.

Fiind începutul perioadei de vegetație, pentru a se limita pagubele și a se crea posibilități pentru reînsămânțare, a fost necesar a se trece la închiderea rupturii chiar pe timpul viiturii cu toate condițiile grele existente.

Închiderea breșei din dig a început la 48 ore de la producerea ei, după ce coloana și viteza apei de pătrundere prin ruptură a mai scăzut și s-a putut constata că și în acest caz pragul existent între privalul amintit și marginea gropii de la interior nu fusese străpuns.

Nivelurile pe râul Timiș fiind în scădere și lungimea rupturii nemaiavansând, s-a renunțat la lucrările de consolidare a capetelor rupturii. Pentru închidere s-a realizat un dig din saci de pământ și grosime din saci cu pământ lungi de 6-8 m. După 45 de ore lucrarea de închidere cu saci s-a terminat, respectiv 93 ore de la producerea rupturii.

S-a executat un dig provizoriu cu o lățime la bază de 2-6 m, în funcție de înălțimea coloanei de apă, care în punctul cel mai de jos a fost de cca 2 m, în lucrarea provizorie au intrat cca 60000 saci de diferite mărimi. Debitul scurs printre saci fiind relativ mic, de cca 3-4 m³/s; la adăpostul digului provizoriu s-a trecut direct la executarea digului definitiv pe aliniamentul vechi după ce s-a curățat bine ampriza digului, folosind tot brigăzi de mașini terasiere compuse din screpere de 6 m³ și 2,75 m³, buldozere și o draglină.

Digul definitiv s-a terminat la 20 iunie.

Pentru atacarea lucrării provizorii din ambele capete s-a realizat un pod plutitor peste groapă la interior. Podul montat în această poziție a ajutat și la închiderea ultimilor 30 m din ruptură, deoarece rezemat de podul principal și transversal pe acesta s-a montat o porțiță care a fost împinsă până la deschiderea rămasă în digul provizoriu. Gabionul, pentru a nu fi antrenat în șuvoiul de apă spre gropan, era ancorat cu sârma de 4 mm de sălciile din albie. De pe porțițe se lansau gabioanele la locurile impuse, tot ancorate în prealabil.

Pentru evacuarea apelor pătrunse în ruptura de la digul râului Timiș s-au executat pe teritoriul R.S.F. Iugoslavia 2 breșe, una în digul stâng al râului Timiș, și una în digul drept al Bârzavei. Pe teritoriul țării noastre evacuarea s-a făcut într-o măsură mai mică, prin punerea în funcțiune a 3 stații de pompare definitive (2 pe Timiș și una pe Bârzava) și un număr de cca 20 de motopompe mobile de 12". Când a fost posibil s-au deschis și stăvilarele de descărcare din digul stâng al Timișului din zona interesată. Pentru închiderea în prima fază s-a transportat pământul din banchetele digului din amonte și aval pe 500-600 ml.

Apele mari au scos la iveală multe puncte cu deficiențe legate de comportarea digurilor pe lângă necesitatea de supraînălțare. Astfel imediat au început lucrările de remediere prin desfacerea locurilor până la infiltrație, corpuri străine, conducte, stăvilare necorespunzătoare, respectiv impermeabilizări cu bentonită, argilă pe taluze și la baza digului, precum și gruparea utilajelor terasiere pentru supraînălțare. Din 1966 până în 1969 digurile Timișului pe toată lungimea au fost refăcute la punctele critice descoperite cât și supraînălțate cu cca 20-60 cm. Între timp au început și s-au executat lucrările la barajele din pământ care au atenuat mult undele de viitură, iar acumulările nepermanente (Hitias, Pădureni și Gad pentru Lanca Birda) sunt azi adevărate depozite pentru surplusul de apă ce în 1966 au adus necazurile descrise mai sus.

3.2.3. Viitura din anul 1999

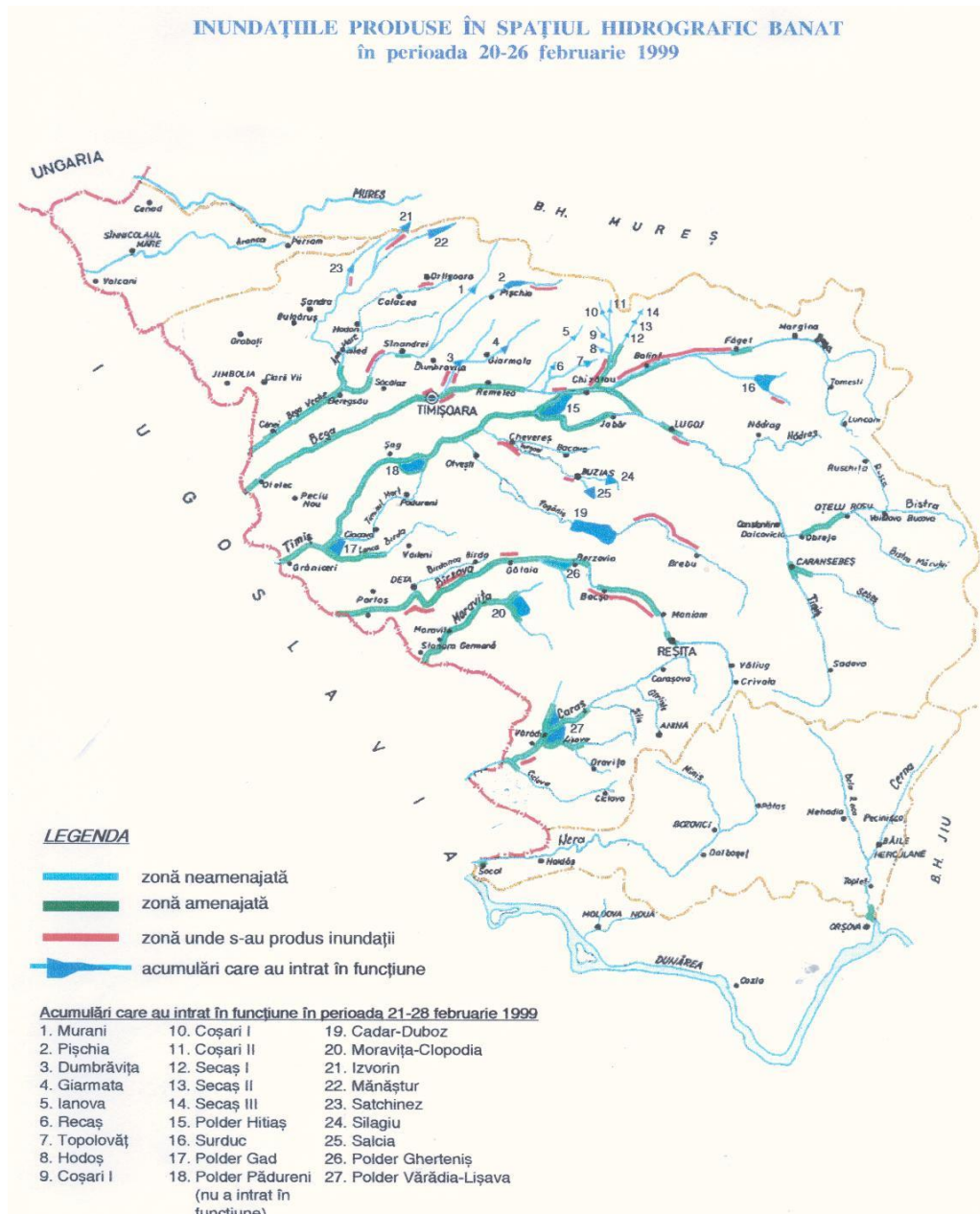


Figura 3.18. Inundațiile produse în Spațiul Hidrografic Banat în perioada 20–26 februarie 1999

Viitura produsă în anul 1999 din perioada 20 – 26 februarie a fost de origine pluvio-nivală, fiind rezultatul topirii stratului de zăpadă existent pe sol și a precipitațiilor căzute în perioada 17 – 26 februarie, așa cum se prezintă în repartitia izohietelor din această lună, astfel:

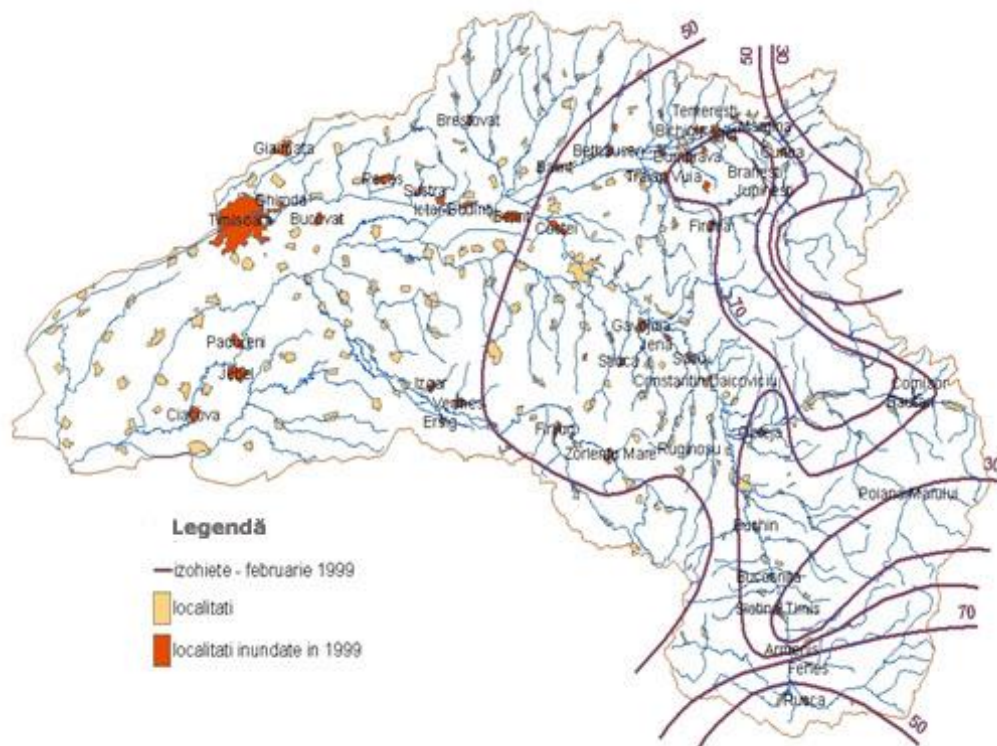


Figura 3.19. Repartitia izohietelor din februarie 1999 din b.h.Timiș și Bega

Viiturile s-au produs în bazinele hidrografice Bega Veche, Bega – bazinul mijlociu și inferior, Timiș – bazinul inferior, Pogăniș, Moravița, Bârzava – bazinul mijlociu și inferior, bazine a căror altitudine nu depășește 250 m.

Temperatura maximă zilnică, ca factor declanșator al topirii stratului de zăpadă, a avut valori de până la 9°C (stația meteorologică Timișoara).

Cele mai mari viituri s-au produs în bazinele hidrografice Bega Veche și Bega unde s-au înregistrat valori ale debitelor maxime comparabile cu cele produse la viiturile din februarie 1966.

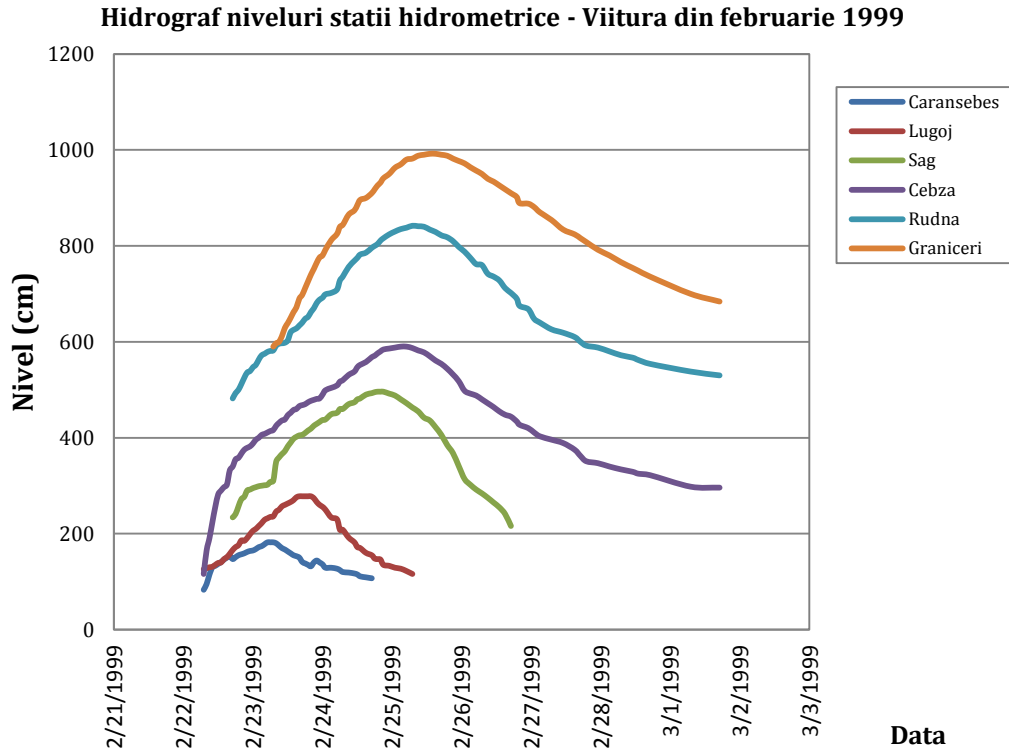
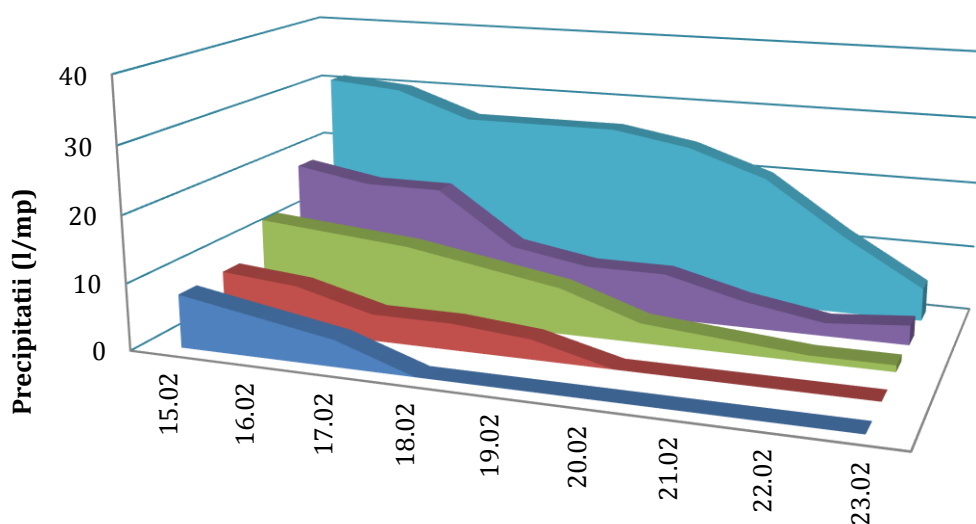


Figura 3.20. Hidrografe de niveluri la stații hidrometrice – Viitura din februarie 1999

Situația hidrologică înregistrată în principalele puncte de control, comparativ cu cotele fazelor I-a, a II-a și a III-a, respectiv cotelor de apărare, de inundație și de pericol din bazinele hidrografice ale râurilor Bega și Timiș s-a prezentat astfel:

**EVOLUȚIA ZILNICĂ A STRATULUI DE ZĂPADĂ ÎN PERIOADA
15.02.1999 - 23.02.1999**



	15.02	16.02	17.02	18.02	19.02	20.02	21.02	22.02	23.02
■ Graniceri	8	6	4	0	0	0	0	0	0
■ Sag	8	7	4	4	3	0	0	0	0
■ Costei	13	12	11	9	7	3	2	1	1
■ Lugoj	19	17	17	9	7	7	4	2	3
■ Caransebes	31	30	26	26	26	24	20	12	5

Figura 3.21. Evoluția zilnică a stratului de zăpadă în perioada 15.02. – 23.02.1999

Stratul de zăpadă existent înainte de producerea viiturii, a fost în medie de 15 – 20 cm în zonele de câmpie și de cca. 30 cm în zonele colinare și de dealuri joase.

Echivalentul de apă a fost aproximativ la 30-40 mm în zonele de câmpie și la 60 mm în zonele colinare și de dealuri joase.

Precipitațiile lichide au însumat valori medii de 30 l/mp în bazinul hidrografic Bega Veche, 50 l/mp în bazinul hidrografic Bega, 42 l/mp în bazinul hidrografic Timiș, 60 l/mp în bazinul hidrografic Bârzava, 55 l/mp în bazinul hidrografic Pogăniș, 54 l/mp în bazinul hidrografic Nera, 45 l/mp în bazinul hidrografic Caraș.

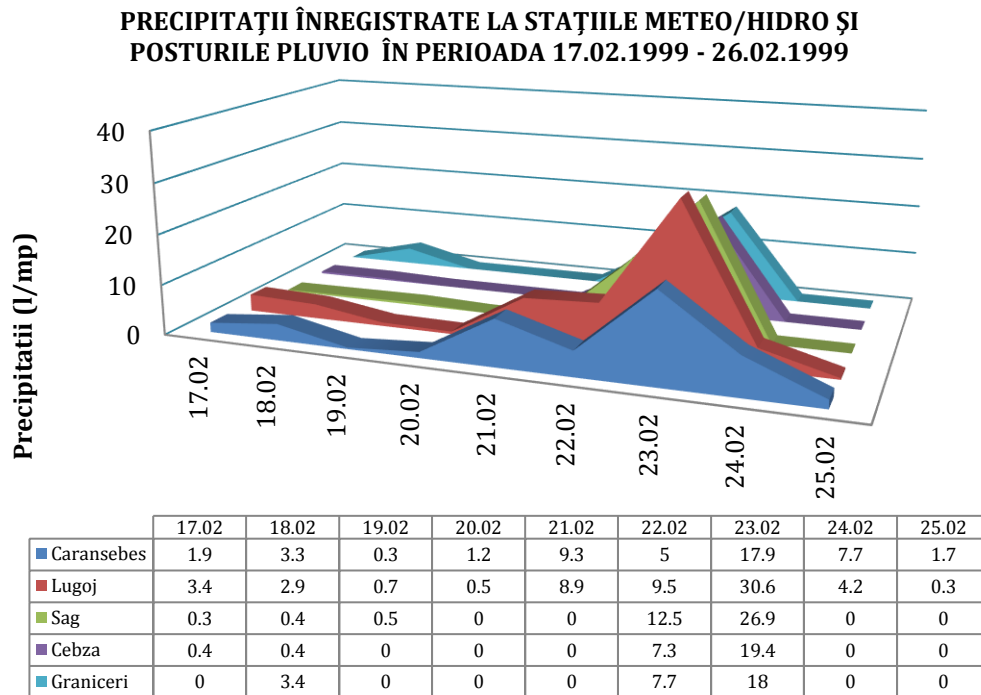


Figura 3.22. Precipitații înregistrate la stațiile meteo/hidro și posturile pluvio în perioada 17.02.1999 – 25.02.1999

3.2.4. Viitura din anul 2000

După consecințe această inundație seamănă cu inundația descrisă în 1966, dar s-a întâmplat în condiții deosebit de schimbate.

Cele mai mari modificări intervenite în regimul apelor mari inclusiv în perioada 1966-2000 au fost existența lucrărilor hidrotehnice pe teritoriul României, care au influențat în mai mică sau mai mare măsură condițiile de curgere a apelor de pe bazinul hidrografic al râului Timiș și în lungul cursului de apă.

În figura următoare sunt prezentate izohietele ploii care au generat viitura din aprilie 2000.

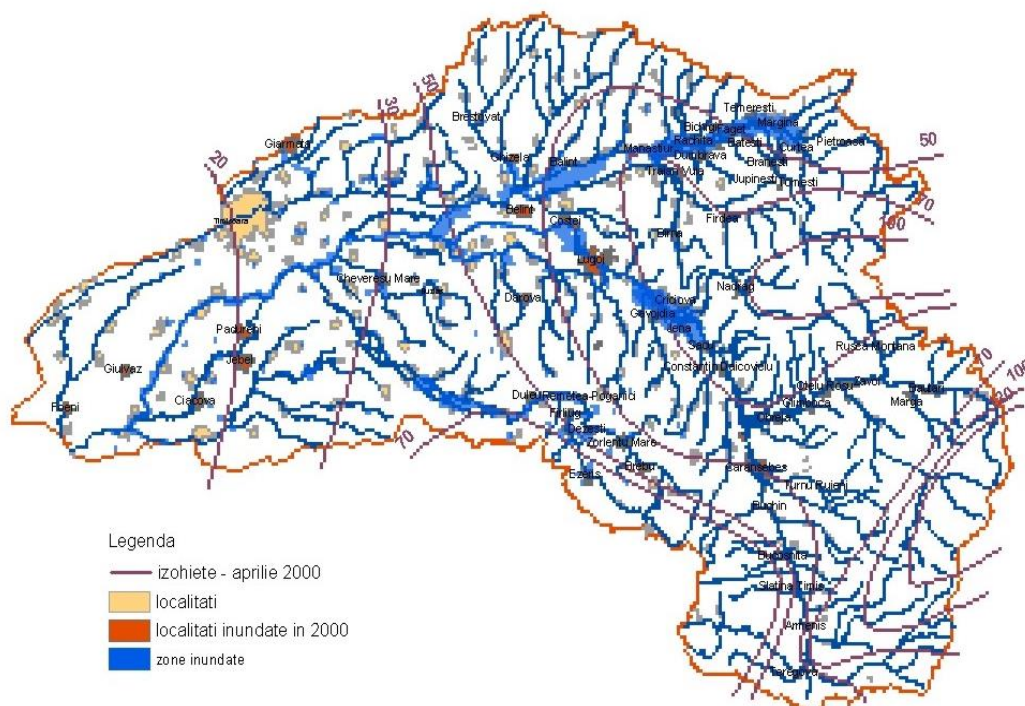


Figura 3.23. Repartiția izohietelor din aprilie 2000 din b.h.Timiș și Bega

Lucrările care au accelerat curgerea apelor și care au influențat creșterea apelor mari sunt: regularizarea cursurilor de apă al r. Timiș și al r. Bega cu afluenții acestora, precum și reconstruirea sistemelor de desecare existente și execuția celor noi, în zona riverană în lungul întregului curs al r. Timiș și a afluenților acestuia.

De asemenea, au fost executate lucrări hidrotehnice importante pentru îmbunătățirea scurgerii apelor mari (polderul Hitiaș, Pădureni și Gad, acumulări: Cadar-Duboz, Surduc și barajul Poiana Mărului, hidrosistemul DTD și regularizarea Timișului inferior) care au reușit să atenueze părți ale efectelor negative ale apelor mari.

Această apreciere generală a efectelor lucrărilor hidrotehnice executate nu era posibil de a se verifica exact în sectorul de frontieră, mai întâi din cauza lipsei monitorizării funcționării adecvate a lucrărilor executate cât și a lipsei analizei în comun în cadrul colaborării transfrontariere.

Condițiile meteo de dinaintea formării undei de viitură sunt caracterizate de curenții de altitudine din direcția S-V cu pătrundere a masei de aer umed mediteranean în zona Carpaților Meridionali.

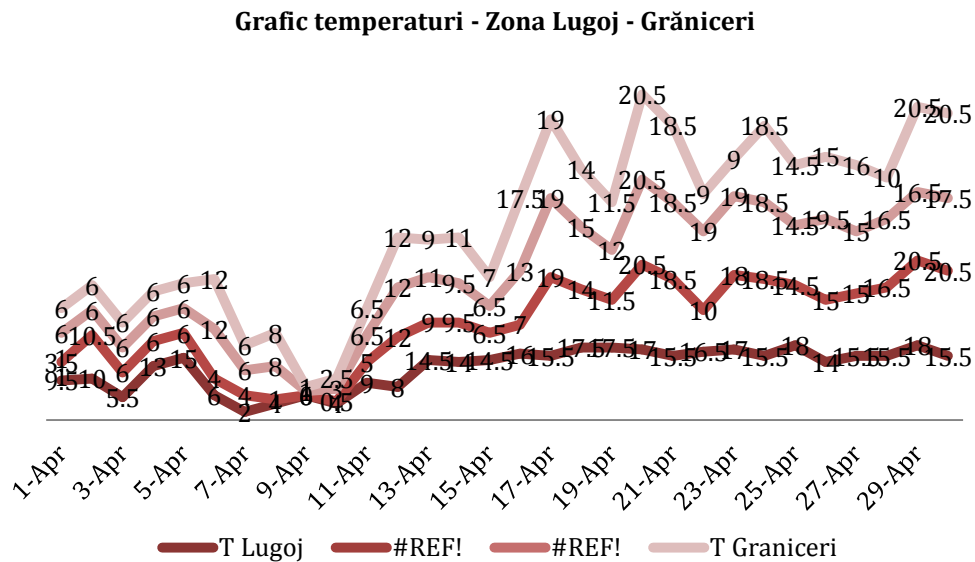


Figura 3.24. Grafic temperaturi Zona Lugoj - Grăniceri

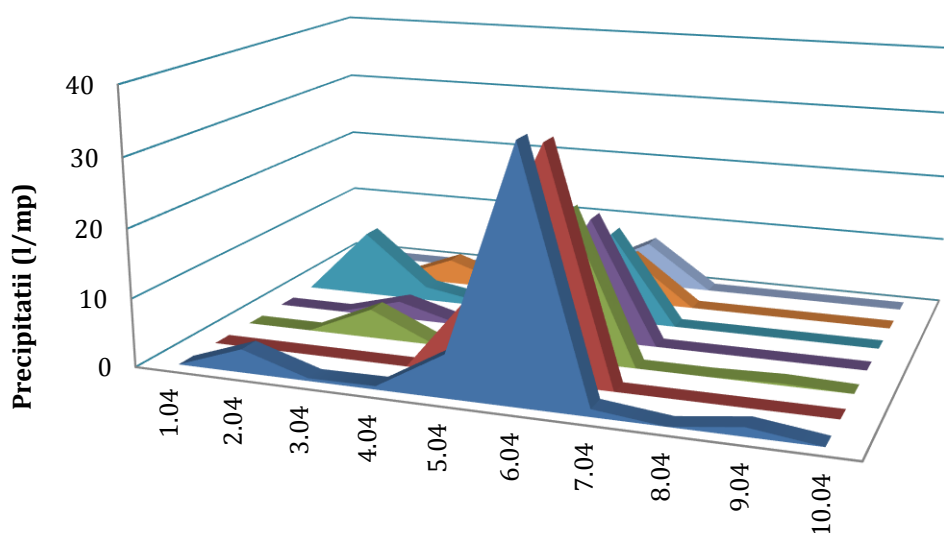
Creșterea intensivă a temperaturii la finele lunii martie și începutul lunii aprilie a favorizat topirea bruscă a zăpezilor care s-a menținut la o altitudine de 600 m în zona muntoasă a bazinului. Totodată ploile au fost foarte dense, care au avut o intensitate mare în zilele de 5-6 aprilie 2000, atingând cantități de la 43 l/mp la Teregova și 121 l/mp la Poiana Mărului.

Grosimea stratului de zăpadă la stația meteo Semenici a fost de 214 cm, iar temperaturile maxime zilnice măsurate la formarea undei de viitură erau de 5,1-8,7°C, ceea ce a condus la topirea zăpezii cu o intensitate de 3mm/°C. Echivalentul mediu de apă a stratului de zăpadă în zona înaltă cu altitudini între 600-1400 m a fost de 70-80 l/mp, iar la stația meteorologică Semenici 112 l/mp.

În perioada 31.03-5.04.2000 stratul total de apă din ploi și zăpadă a atins înălțimea de 160-200 mm, care se scurgea puternic mai ales în zona Poiana Ruscă și Valea Bistrei.

Situația hidrologică pe r. Timiș s-a format în condițiile aportului brusc a cantității enorme de apă de pe bazinul hidrografic, precum și sub influența funcționării obiectivelor hidrotehnice menționate - respectiv ruperea digurilor în mai multe amplasamente (zona Pohalma - Lugoj, zona Pescăruș-Coștei, zona Grăniceri mal stâng).

PRECIPITAȚII ÎNREGISTRATE ÎN PERIOADA 01.04.2000 - 10.04.2000



	1.04	2.04	3.04	4.04	5.04	6.04	7.04	8.04	9.04	10.04
■ Teregova	0	3.4	0.4	0.5	6.2	35.8	1.1	0	1.3	0
■ Sadova	0	0	0	0	12	33.5	0	0	0	0
■ Bucova	0	0	4.3	0	2.5	21.8	0	0	0.3	0
■ Costei	0	0	2.6	0	1.2	18.2	0	0	0	0
■ Șag	0	9.8	2.1	0.5	3.6	13.5	0	0	0	0
■ Cebza	0	0	3.8	0.6	2.2	7.2	0	0	0	0
■ Grăniceri	0	0	0	1.2	1.8	6.8	0	0	0	0

Figura 3.25. Precipitații înregistrate în perioada 01.04.2000 – 10.04.2000

Creșterea bruscă a nivelurilor a început pe data de 5 aprilie 2000 pe cursul superior al r.Timiș. La Stația Hidrologică Lugoj – Hmax=514 cm (Q=1247mc/s), la S.H. Chizătau pe r. Bega H=508 cm.

Râul Timiș și-a arătat imprevizibilitatea, astfel în cursul nopții dinspre 7/8 aprilie 2000, și-a accelerat creșterea nivelurilor atingând în ziua de 8.04 la ora 6.00, cota de 576 cm la Șag, la Cebza cota de 694 cm, la Rudna a fost atinsă cota de 869 cm, iar la Grăniceri a fost atinsă cota de 1032 cm, pe teritoriul sârbesc la Stația hidrologică Jasa Tomici a fost înregistrată cota de 786 cm, cu doar 2 cm sub cota maximă absolută (istorică).

Urmărind intensitatea creșterii (15,7 cm/h) a fost evident că nivelurile vor continua să crească, ceea ce s-a adeverit primind o avertizare drastică de la dispecerul D.A.Banat că există posibilitatea deversării și ruperii digului aval de Șag.

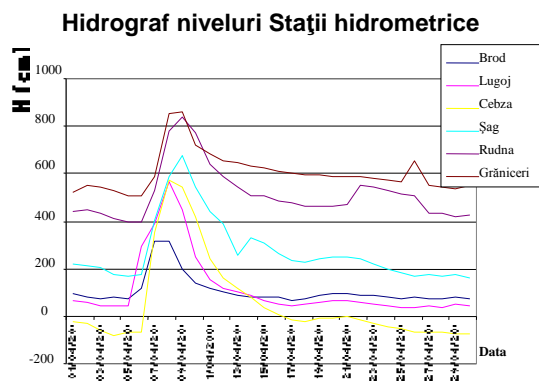
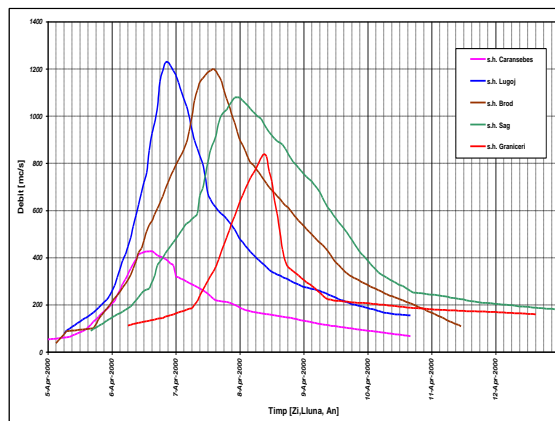


Figura 3.26. Viitura din aprilie 2000 - Râul Timiș

Ruperea digului se aștepta să se producă pe malul drept și a fost dată dispoziția ca toate utilajele și forța de muncă să se concentreze înspre frontieră pentru întărirea liniei de localizare din zona de frontieră, dar ruperea digului s-a produs pe malul stâng la km 3+400 amonte de frontiera de stat. Între timp nivelurile pe Timișul inferior erau în continuare în creștere, atingându-se un maxim de 822 cm la stația hidrologică Jasa Tomici (de pe teritoriul sârbesc – ora 11.00/8.04.2000).

Dintr-o analiză ulterioară s-a demonstrat că, creșterea nivelurilor ar fi continuat dacă nu s-ar fi produs deversarea și ruperea digurilor pe teritoriul României, pentru că vârful culminant al undei de viitură în momentul ruperii se afla în zona Rudna. Înălțimea maximă a nivelurilor la această undă cu data și ora apariției la Stațiile Hidrologice caracteristice din lungul Timișului, se prezintă astfel:

Cursul de apă	Stația hidrologică	Nivel max. Hmax. (cm)	Debit maxim Qmax. (mc/s)	Data și ora apariției	Observații
Bistra	Obreja	370	620	6.04. - ora 9.00	Afluent dreapta
Timiș	Caransebeș	365	440	6.04. - ora 14.00	
	Lugoș	514	1247	6.04. - ora 19.00	
r. Bega	Balinț	656	227	6.04. - ora 20.00	
	Chizătău	508	315	7.04. - ora 6.00	
	Topolovăț	806	239	7.04. - ora 6.00	Canal Descărcător
Timiș	Brod	568	1200	7.04. - ora 23.00	
	Șag	592	1084	7.04. - ora 23.00	
	Grăniceri	1052*	-	8.04. - ora 10.00	în vecinătatea ruperii
	Jasa Tomici	822	988	8.04. - ora 11.00	
	Seceani	706	-	8.04. - ora 16.00	
	Botoș	76.06**	-	9.04. - ora 6.00	* NH DTD ** mdMA

Tabel 3.3. Niveluri și debite maxime în timpul viiturii din aprilie 2000

Compararea datelor cu cele realizate la unda de viitură din mai-iunie 1966 demonstrează că sunt schimbări importante în regimul nivelelor și a debitelor în lungul cursului. Este evident că principalii factori cauzatori care au creat acest nou regim de scurgere sunt obiectivele nou construite, dar nu numai acestea.

Pentru un răspuns real-concludent, se solicită analize hidrologice în detaliu ale schimbării condițiilor de curgere a apei atât în bazinul hidrotehnic cât și în albia râului Timiș și afluenții acestuia.

Evacuarea apelor din incinta apărută s-a realizat pe teritoriul sârbesc - atât în r. Timiș prin stăvilarul Lanca din localitatea Șurian, cât și prin tăierea digului râului Bârzava la 2 km amonte de confluența cu canalul DTD.

Tăierea digului r. Timiș a fost începută în 13 aprilie 2000, la cca 100 m amonte de stăvilarul existent la confluența canalului Lanca cu r. Timiș datorită depărtării de albia r. Timiș de la dig, tăierea s-a executat în unghi drept.

Înălțimea lamei deversate după tăierea digului era de 0,9 m, nu s-au produs eroziuni, și pragul deversor a rămas stabil în cursul întregii perioade de evacuare a apelor din incintă.

Exista un pericol mare atât pe râul Timiș cât și pe râul Bârzava dacă în acel moment ar fi apărut o nouă undă de viitură, care ar fi periclitat digurile tăiate, datorită faptului că linia de apărare era întreruptă în special pe r. Timiș, pentru că o eventuală apariție de ape mari, în acest amplasament ar depăși coronamentul liniilor de apărare cu 1,8m. Pentru evitarea acestor fenomene s-a trecut la închiderea provizorie a liniei de apărare.

Evacuarea apelor din incintă s-a desfășurat în condiții hidrologice foarte favorabile. Timpul frumos, fără precipitații, cu o scădere a nivelului permanent pe râul Timiș și Bârzava au asigurat o folosire optimă a golurilor disponibile pentru apele din incintă. Pe r. Bârzava, odată cu scăderea nivelului pe râu, au fost deschise cele 5 stăvilare mici pentru evacuarea gravitațională a apelor, în așa fel încât în data

de 15.04.2000 a fost evacuată o mare cantitate de apă (157 mc/s - respectiv 13,6 mil.mc/zi)

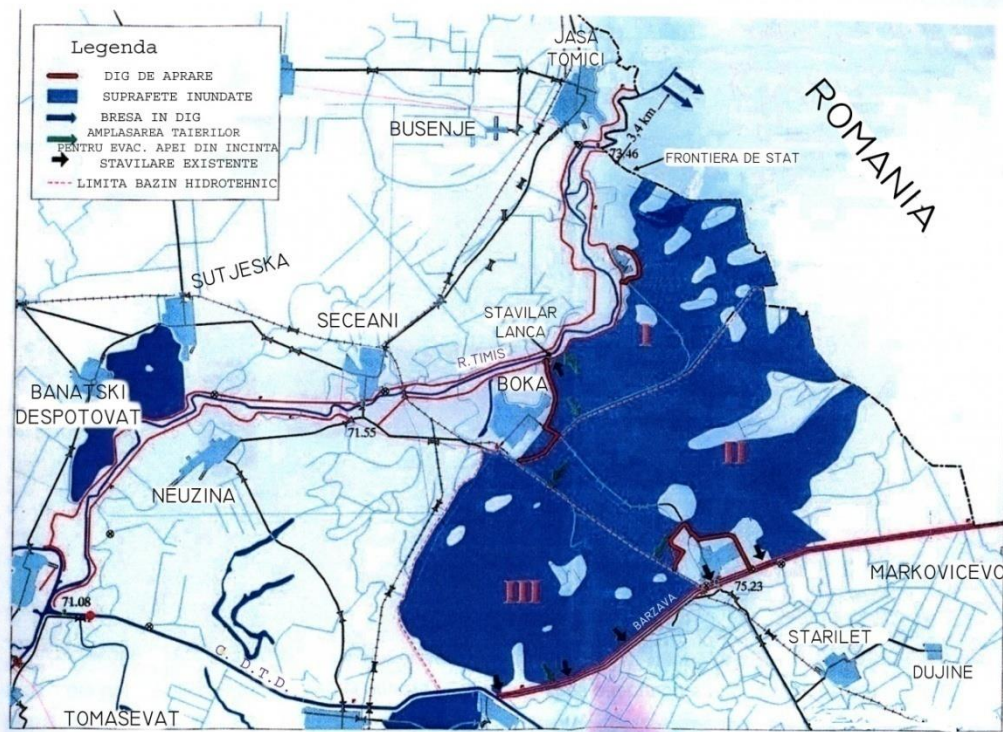


Figura 3.27. Suprafețe inundate în urma ruperii digului mal stâng pe râul Timiș în 8 aprilie 2000

Cea mai mare cantitate de apă evacuată din incintă s-a efectuat prin tăierea digului stâng pe r. Timiș care a funcționat 20 zile (14.04-3.05) și prin tăierea digului pe râul Bârza între 13.04-9.05 (27 zile).

O mare importanță în evacuarea apelor din incintă a avut-o stăvilarul Lanca (de pe teritoriul sârbesc) care a fost în funcțiune de evacuare 30 zile (10.04-9.05) și ulterior încă vreo 10 zile la evacuarea finală a apelor din incintă. În faza finală de evacuare un rol important l-au avut cele 5 stăvilare (cu clopot) mici situate la confluența canalelor de desecare cu r. Barzava.

Schematic situația stăvilarelor pe râul Timiș de pe sectorul sârbesc se prezintă astfel:

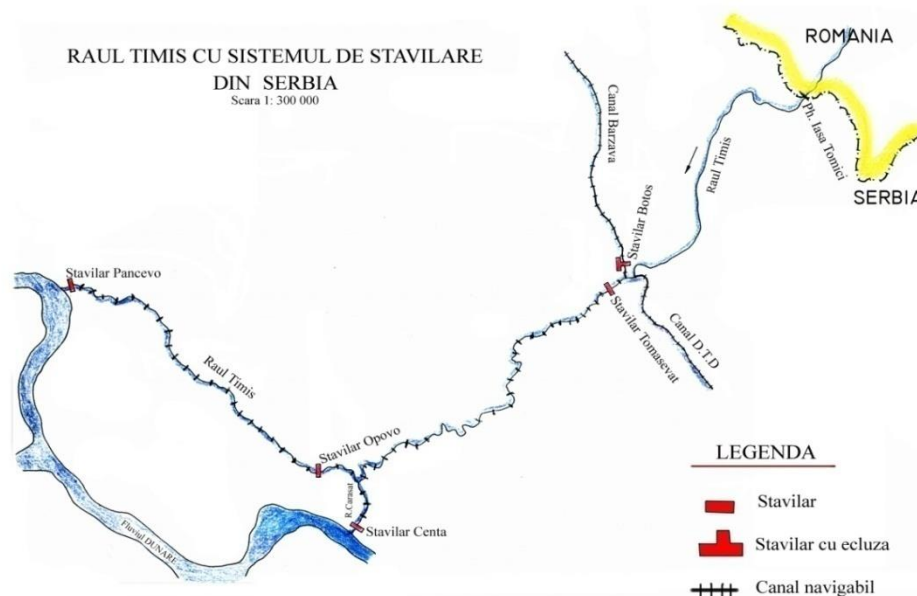


Figura 3.28. Râul Timiș cu sistemul de stăvilare din Serbia

La finele evacuării apelor, un timp foarte scurt au lucrat și stațiile de pompare, (SP Lanca, SP Grăniceri, SP Toager).

Închiderea definitivă a tăierilor digurilor s-a făcut imediat după scăderea nivelului din incintă sub nivelul tăierilor de dig.

Pagubele în urma inundațiilor din aprilie 2000, la nivelul cel mai mare din incinta apărută s-a atins o suprafață de $S=9500\text{ha}$ (YU+RO), au fost cu consecințe dezastruoase asupra obiectivelor hidrotehnice, căilor de comunicații, gospodării și terenuri agricole, etc.

3.2.5. Viitura din anul 2005

În perioada 15 – 30 aprilie 2005 în întreg Spațiul Hidrografic Banat a avut loc o viitură excepțională, una din cele mai mari produse vreodată în acest spațiu.

Viitura s-a declanșat ca urmare a precipitațiilor înregistrate în intervalul 14 – 16 aprilie, când se produc primele creșteri semnificative de debite și niveluri pe râurile din Banat.

Un potențial pericol pentru formarea unei viituri mai mare pe cursurile de apă bănățene s-a datorat marii cantități de zăpadă din Munții Carpați, care în prima decadă a lunii martie 2005 au atins o valoare de 3 ori mai mare în raport cu media multianuală. Plecând de la experimentele nefaste din anul 2000, faptul că digurile de pe r. Timiș erau în aceeași stare, doar o completare a planului de apărare împotriva inundațiilor (s-a intervenit doar la reabilitarea celei de a 2 linie de apărare -calea ferată, prin refacerea acostamentului - zona Cruceni).

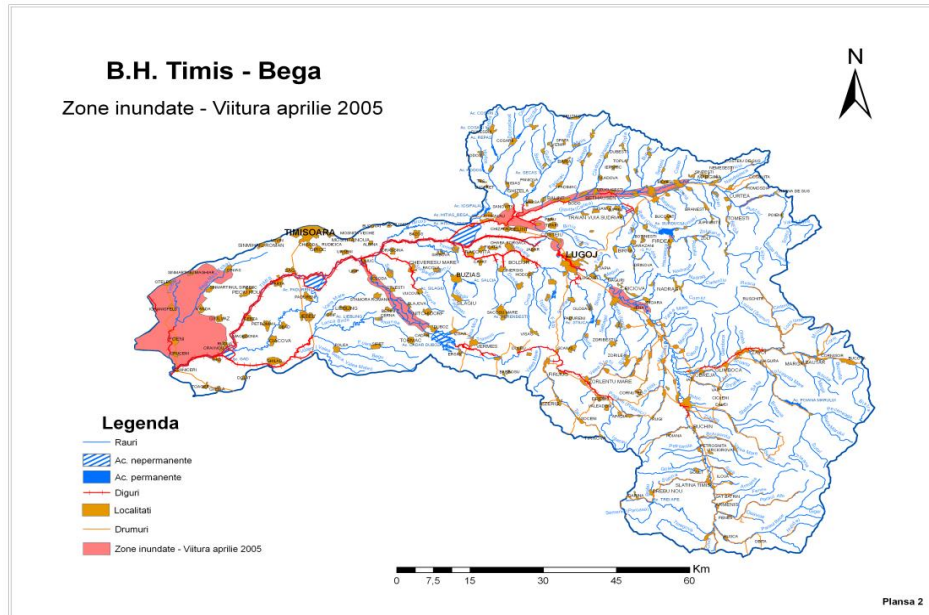


Figura 3.29. B.H. Timiș – Bega. Zone inundate la viitura din aprilie 2005

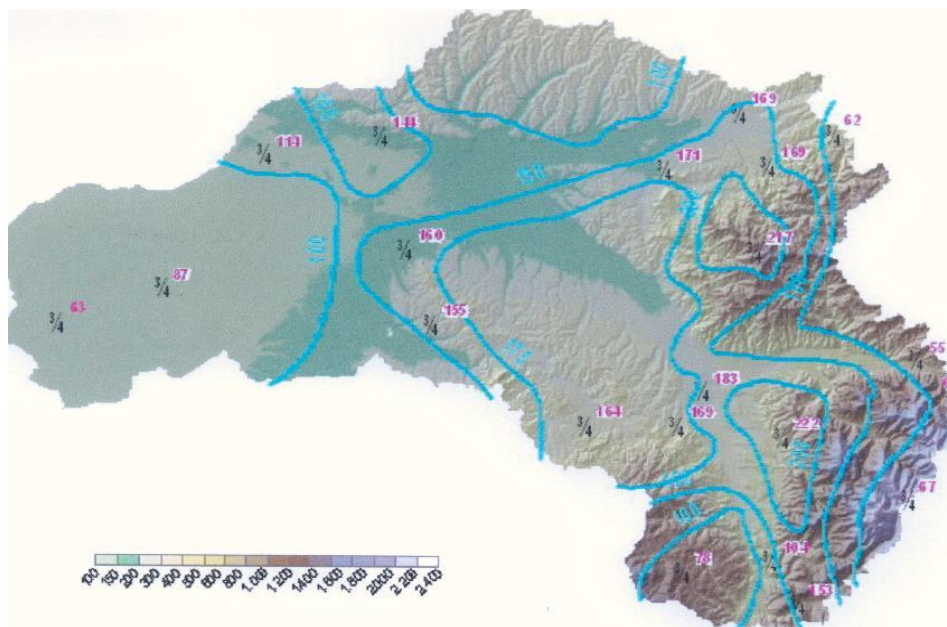


Figura 3.30. Izohietele ploii înregistrate în Spațiul Hidrografic Banat în anul 2005

Condițiile hidrometeorologice la sfârșitul iernii și începutul primăverii din 2005 au fost destul de favorabile pentru că nu au fost creșteri bruște de temperatură ale aerului și nici precipitații abundente, ca atare topirea zăpezilor s-a desfășurat împreună cu creșterea nivelului în albia râului Timiș, în limitele fazelor I de apărare.

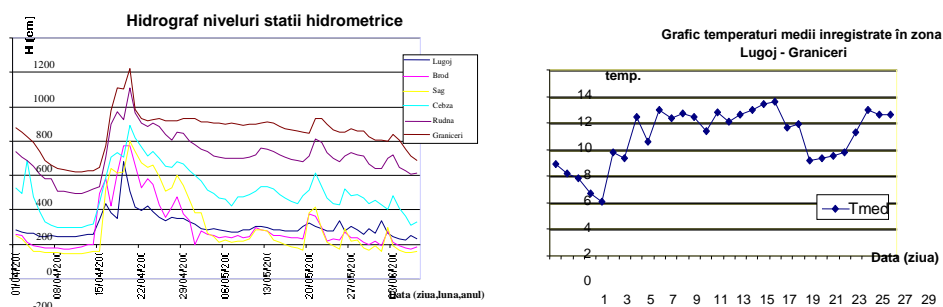


Figura 3.31. Niveluri și temperaturi la stațiile hidro pe sectorul Lugoj - Grăniceri

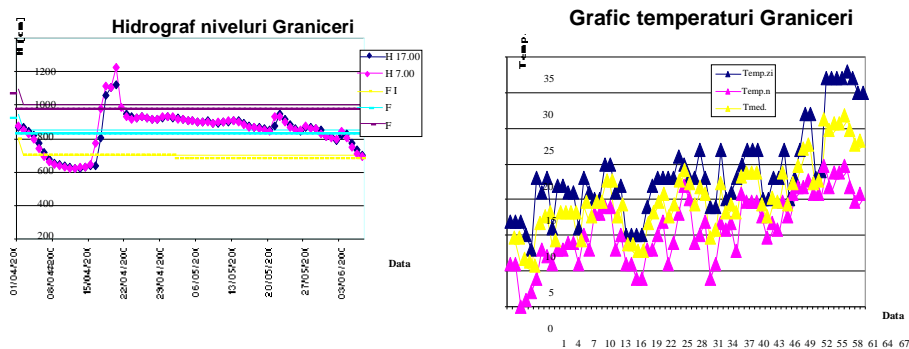


Figura 3.32. Niveluri și temperaturi la stația hidro Grăniceri în aprilie 2005

La mijlocul lunii aprilie au căzut în bazinul hidrografic al râurilor bănățene ploi abundente; în numai 3 zile între 14-16 aprilie s-au înregistrat 30-80 l/mp de ploaie, cel mai mult în bazinul Bega Superioară. (Făget 83,3 l/m²).

Distribuția precipitațiilor în această perioadă a cunoscut patru intervale distincte care au determinat existența a patru vârfuri de viitură bine individualizate, din care cel generat de precipitațiile din intervalul 17 – 19 aprilie este cel principal, în care s-a înregistrat debitul de vârf al viiturii.

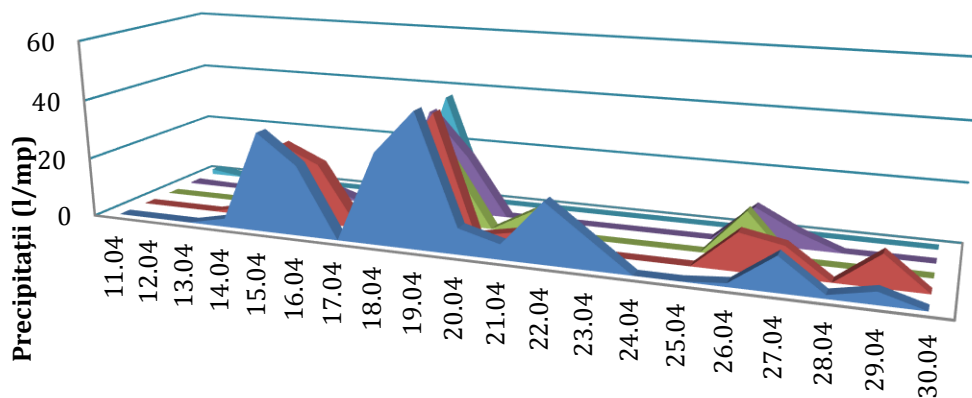
Din tabelul 3.4. se poate observa că la majoritatea stațiilor meteorologice din Banat, luna aprilie 2005 a fost cea mai ploioasă din tot șirul de observații privind luna aprilie înregistrate în perioada de funcționare a acestor stații.

Cantitățile de precipitații sunt cu atât mai impresionante cu cât, de fapt, ele au căzut în numai 15 zile (14 – 28.04) din luna aprilie.

Nr. crt.	Stația meteorologică	Perioada de funcționare	Cea mai mare cantitate de precipitații din luna aprilie (anterioară anului 2005)		Cantitatea totală de precipitații din aprilie 2005 (mm)
			Anul	Cantitatea (mm)	
1.	Banloc	1958 - 2005	2001	110	105,9
2.	Băile Herculane	1976 - 2005	1989	131,9	154,1
3.	Bozovici	1964 - 2005	1966	112,8	124,2
4.	Caransebeș	1961 - 2005	2001	136,8	200,6
5.	Cuntu	1961 - 2005	1966	211,5	196,6
6.	Lugoj	1958 - 2005	1958	176,8	201,2
7.	Moldova Veche	1964 - 2005	2001	105,5	134,5
8.	Oravița	1958 - 2005	1966	142,8	226,4
9.	Reșița	1980 - 2005	1999	127,1	205,3
10.	Sânnicolau Mare	1958 - 2005	2004	108,4	142,7
11.	Semenic	1958 - 2005	1966	218,2	146,3
12.	Timișoara	1874 - 2005	1903	144	154,4
13.	Vf. Țarcu	1961 - 2005	1972	125,2	95,3

Tabel 3.4. Precipitațiile căzute la stațiile meteorologice în aprilie 2005, compartiv cu precipitațiile maxime căzute la aceleași stații meteo în luna aprilie în anii anteriori

PRECIPITAȚII ÎNREGISTRATE LA STAȚIILE METEO/HIDRO ȘI POSTURILE PLUVIO ÎN PERIOADA 11.04.2005 - 30.04.2005



	11.0	12.0	13.0	14.0	15.0	16.0	17.0	18.0	19.0	20.0	21.0	22.0	23.0	24.0	25.0	26.0	27.0	28.0	29.0	30.0
■ Caransebes	4	4	4	2.8	33.2	23.4	0	30.2	44.6	8.6	5	20	10	0	0	1.2	11.2	1.2	4	0
■ Lugoj	0	0	0	2.9	26	20.2	0	20.8	41	2	4.6	8.7	0	0	0	12.3	9.7	0	10.6	0
■ Sag	0	0	0	1.1	3.2	2.4	0	32.5	20.8	0	7.4	0	0	0	0	14.9	0	0	0	0
■ Cebza	0.4	0	0	3.2	4.2	0	0	34.5	19.7	0	0	0	0	0	0	12.2	5.2	0	0	0
■ Graniceri	1.8	0	0	0	0	0	0	36.8	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0

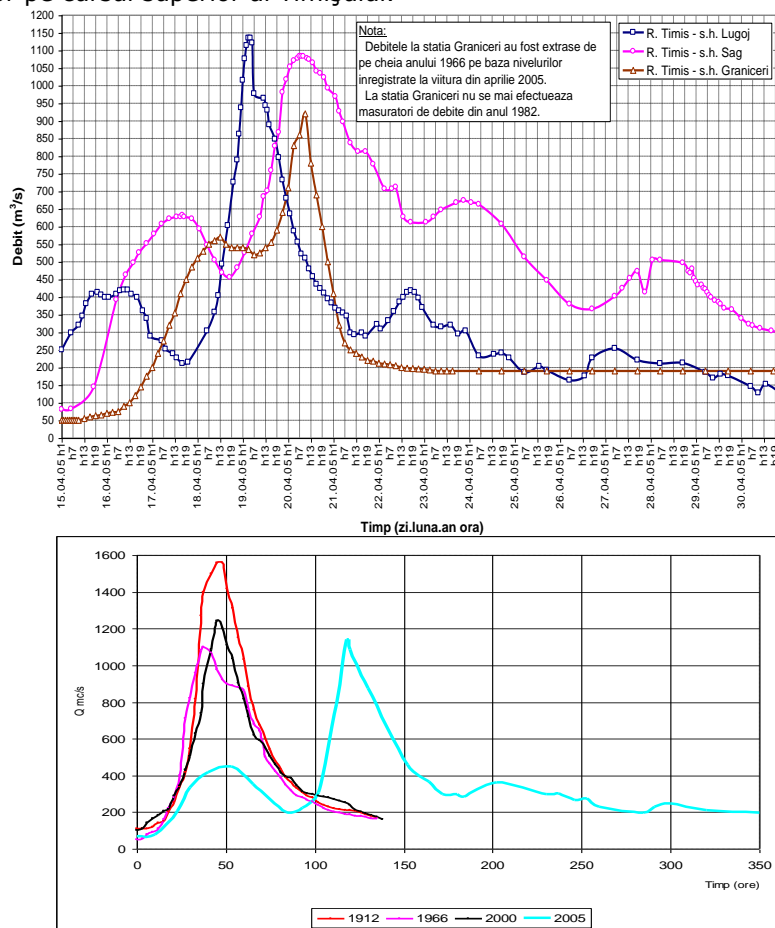
Figura 3.33. Precipitații înregistrate la stațiile meteo/hidro și posturile pluviu în perioada 11.04.2005 – 30.04.2005

Anterior declanșării precipitațiilor exista un strat de zăpadă, în zonele înalte, aflat în curs de topire. Evaluările bazate pe imagini satelitare și pe datele de la stațiile meteorologice de înălțime (Cuntu, Țarcu, Semenice) relevă că la data de 14 aprilie 2005 când a început să plouă abundant mai erau acoperite cu zăpadă circa 16000 ha (160 km²).

Calculule efectuate pe baza datelor privind grosimea și densitatea stratului de zăpadă indică un strat provenit din topirea zăpezii de circa 200 mm pentru arealul de 160 km² și pentru perioada viiturii.

Precipitațiile lichide care au început pe data de 14 aprilie au continuat cu intermitențe până la data de 28 aprilie, ele fiind cauza esențială a viiturii excepționale din bazinul Timiș-Bega.

Scurgerea apelor din ploi și topirea zăpezilor a favorizat creșterea bruscă a nivelurilor care în ziua de 17 aprilie la Stația Hidrologică Șag s-a atins Faza a III-a de apărare (630 cm), iar la Jasa Tomici s-a depășit nivelul apărării extraordinare împotriva inundațiilor. În data de 17 aprilie s-au înregistrat primele scăderi ale nivelurilor pe cursul superior al Timișului.



Situația volumelor scurse la viitura din aprilie 2005 pe sectorul Lugoj – Grăniceri este prezentată în tabelul nr. 3.5.

Analiza scurgerii în bazinul Timiș – Bega în perioada viiturii din aprilie 2005.

Râul	Secțiune	F (km ²)	Q _{max} (m ³ /s)	W _s (10 ³ m ³)	W _t (10 ⁶ m ³)	h _s (mm)	h _p (mm)	h _z (mm)	h _{p+z} (mm)	α
Timiș	Lugoj	2827	1135*	350* 372**	450* 472**	131	155	11,2	166	0,79
Timiș	Șag	6248	1083*	598* 715**	796* 913**	114	166	5,2	171	0,67
Timiș	Grăniceri	6945	920*	296* 747**	486* 937**	108	158	4,6	163	0,66

Tabel 3.5. Analiza scurgerii în bazinul Timiș – Bega în perioada viiturii din aprilie 2005

Notă * - valori înregistrate

** - valori reconstituite prin adăugarea volumelor stocate în acumulările permanente și nepermanente precum și a celor pierdute prin ruperea digurilor

În același tabel sunt redată și valorile straturilor scurse (h_s), a celor căzute provenite din precipitații (h_p), precum și valorile cumulate (h_p + z) ale straturilor provenite din precipitații și topirea zăpezii.

Stațiile hidrometrice din Banat

Niveluri maxime aprilie 2000 și 2005

Depășiri ale cotelor de apărare în 2005

Nr. crt.	Stafia hidrometrica	Râul	H max 2000	H max 2005	Depășiri cm
1	Pișchia	Beregsău	182	218	+18 F III
2	Cenei	Bega Veche	330	453	+33 F III
3	Satchinez	Apa Mare	184	250	CP
4	Becicherec	Ier	96	215	-
5	Luncanii	Bega	142	2	-
6	Poieni	Sasa	160	60	CA
7	Făget	Bega	450	430	+30 CP
8	Fârdea	Gladna	192	166	-
9	Fârdea	Hăuzeasca	320	286	+46 CI
10	Balinț	Bega	656	666	+16 CP
11	Chizătău	Bega	508	528	+28 F II
12	Ghizela	Chizdia	430	410	+10 CP
13	Topolovăț	Bega	302	310	-
14	Remetea	Bega	373	412	+12 F II
15	Teregova	Timiș	220	210	+30 CI
16	Rusca	Râul Rece	254	170	+20 CI
17	Feneș	Râul Alb	178	113	+43 CA
18	Sadova	Timiș	306	238	+38 CP
19	Goleț	Goleț	332	300	+30 CA
20	Caransebeș	Timiș	365	355	+5 CP
21	Bucova	Bistra	265	83	+13 CA

Nr. crt.	Statia hidrometrica	Râul	H max 2000	H max 2005	Depășiri cm
22	Voislova Bucov	Bistra	406	198	+18 CI
23	Voislova	Rusca	490	281	+81 CI
24	Poiana Marului	Sucu	251	120	+10 CI
25	Poiana Marului	Bistra Roșie	305	237	+27 CP
26	Obreja	Bistra	387	250	+50 CP
27	Nădrag	Nădrag	162	15	-
28	Lugoj	Timiș	514	482	+132 F III
29	Coștei	Cnl. alim Timiș-Bega	121	118	-
30	Racovița	Timișana	756	779	+29 F III
31	Chevereș	Șurgani	340	412	+12 F II
32	Brod	Timiș	568	580	+30 F III
33	Ohabia	Pogăniș	104	100	CI
34	Soceni	Tau	132	130	+30 CI
35	Brebu	Pogăniș	515	524	+74 CP
36	Valeapai	Pogăniș	475	496	+96 CP
37	Șag	Timiș	592	602	+152 F II
38	Grâniceri	Timiș	1052	1080 *	+180 F III
39	Crivaia	Bârzava	205	202	+2 CA
40	Secu	Bârzava	148	182	+32CI
41	Reșița	Bârzava	170	285	+5 CI
42	Reșița	Valea Mare	166	155	+25 CI
43	Reșița	Valea Doman	100	180	CP
44	Terova	Valea Terovei	110	110	+10 CA
45	Moniom	Bârzava	332	412	+62 CP
46	Ramna	Vornic	380	373	+33 CP
47	Tirol	Fizeș	252	308	+58 CI
48	Gătaia	Bârzava	474	520	+70 F III
49	Partoș	Bârzava	346	440	+90 F III
50	Semlacu Mare	Moravița	292	290	+10 CI
51	Moravița	Moravița	330	448	+198 F I
52	Carașova	Caraș	248	255	+55 CP
53	Garliște	Garliște	152	140	CP
54	Secășeni	Dognecea	246	276	+26 CP
55	Jitin	Jitin	305	354	+4 CP
56	Comorâște	Cernovăț	338	466	+116 CP
57	Vărădia	Caraș	332	375	+75 F III
58	Vrăniuț	Ciclova	200	274	+24 CP
59	Milcoveni	Vicinic	176	239	+9 CP
60	Patas	Nera	165	178	+28 CI
62	Prigor	Prigor	140	250	CP
63	Bozovici	Miniș	210	240	+90 CI
64	Dalboseț	Nera	370	376	+26 CP
65	Sasca Montană	Nera	410	475	+75 CP
66	Naidăș	Nera	300	350	+30 CP
67	Radimna	Radimna	156	170	+40 CA
68	Berzasca	Berzasca	128	183	+103 CA
69	Bogaltin	Bela Reca	180	225	+25 CI

Nr. crt.	Statia hidrometrica	Râul	H max 2000	H max 2005	Depășiri cm
70	Cuptoare	Mehadica	115	130	+30 CA
71	Globu Craiovei	Globu	588	220	+90 CA
72	Mehadia	Bela Reca	290	385	+85 CP
73	Cerna Izvoare	Cerna	166	53	-
74	Cărbunelui	Carbunelui	138	86	-
75	Cerna Sat	Cerna	73	40	+160 CI
76	Gura Olanului	Olanu	123	84	-
77	Sch. Craiovei	Craiova	100	80	-
78	Slătinic	Cerna	520	493	+193 CI
79	Km 10	Cerna	222	350	-
80	Pecinișca	Cerna	228	293	+93 CA
81	Topleț	Cerna	314	470	+90 CP

* Ultimul nivel înregistrat înainte de ruperea digului

Tabel 3.6. Niveluri maxime în aprilie 2000 și 2005 la Stațiile hidrometrice din Banat

Chiar în perioada culminării unei de viitură, în zona de frontieră au mai căzut alte ploi în cantități relativ mari. Pentru 2 zile (18-19.04.2005) au căzut 40-75 l/mp, care au condiționat formarea unei noi unde de viitură în albia deja umplută când s-au suprapus devenind o undă complexă, care după înălțimea nivelului și a volumului total de apă a depășit toate cele înregistrate de până acum. Primele informații alarmante despre precipitații cu intensitate mai mare și că se așteaptă formarea unor unde de viitură ce poate depăși capacitatea obiectivelor de apărare pe unele cursuri de apă, au fost date de hidrologi, iar pe r. Timiș se prognozează "un nivel apropiat celui din 2000". Această informație a apărut în seara zilei de 18 aprilie.

În dimineața zilei de 19 aprilie a venit o prognoză pe r. Timiș după care vârful unde se prevede cu un nivel mai mic față de cel din 2000, și anume:

- Șag 580 cm (- 12 cm în raport cu cel din 2000);
- Grăniceri 1050 cm (- 2 cm în raport cu cel din 2000).

O nouă prognoză s-a efectuat în după amiaza zilei de 19.04., după care punctul culminant al unde de viitură pe r. Timiș la frontieră de stat se așteaptă a fi în 20 aprilie 2005, la un nivel de 1000 cm la Grăniceri, respectiv 50 cm mai jos decât prognoza precedentă. Aceasta era buna și arata că unda poate trece fără deversare și tăieri de breșe.

În noaptea de 19/20 aprilie s-a intensificat creșterea nivelului pe sectorul critic al r. Timiș (Șag –frontieră). astfel că în numai 14 ore a fost înregistrată o creștere de 106 cm la Șag, 134 cm la Cebza, 138 cm la Rudna, 103 cm la Grăniceri și 96 cm la Jasa Tomici. În dimineața zilei de 20 aprilie, prognoza efectuată preciza depășirea nivelurilor prognozate cu avertizarea că se poate produce de asemenea și ruperea digului în zona de frontieră.

Două ore mai târziu a venit o notă informativă din teren că la nivelul de 1050 cm la Grăniceri a început deversarea digului pe malul stâng (km 2+000), pe o lungime de 40 m, iar la km 2+800 s-a ridicat un dig iepuresc de 3-4 rânduri de saci pe o lungime de cca 300 m.

Ulterior a venit informația că a început deversarea digului și pe malul drept al r. Timiș pe o lungime de 400 m la km 7+900 la un nivel de 922 cm la Rudna, iar o oră mai târziu s-a primit o nouă informație care spunea că a început o deversare generală a digului; aval de Rudna între km 7+500-8+500, și că înălțimea lamei deversante, local atinge 30 cm cu precizarea că se lucrează la întărirea celei de-a 2 linii de apărare în lungul căii ferate (Cruceni-Rudna), respectiv în lungul canalului Timișat-Timiș.

Ruperea digului se aștepta din moment în moment. Plecând de la aprecierea că existau amplasamente nefavorabile în lungul digului unde eventuala rupere a digului ar avea consecințe catastrofale pe ambele teritorii, departamentul sârbesc al apelor s-a găsit într-o situație delicată de a transmite propunerea de inundare dirijată pe malul stâng al r. Timiș. A urmat o convorbire rapidă între secretarii Comisiei mixte Româno – Sârbe de apărare împotriva inundațiilor și s-a decis că numai la nivelul Prevederilor Comisiei se poate lua o hotărâre pentru că, doar prin Acordul Comun între țări, a Regulamentului Comun și a reglementărilor interne din fiecare țară se poate lua această hotărâre.

Această problemă a devenit neactuală, pentru că la ora 14.²² (20.04.2000) s-a confirmat din teren că s-a produs ruperea digului pe malul drept al r. Timiș.

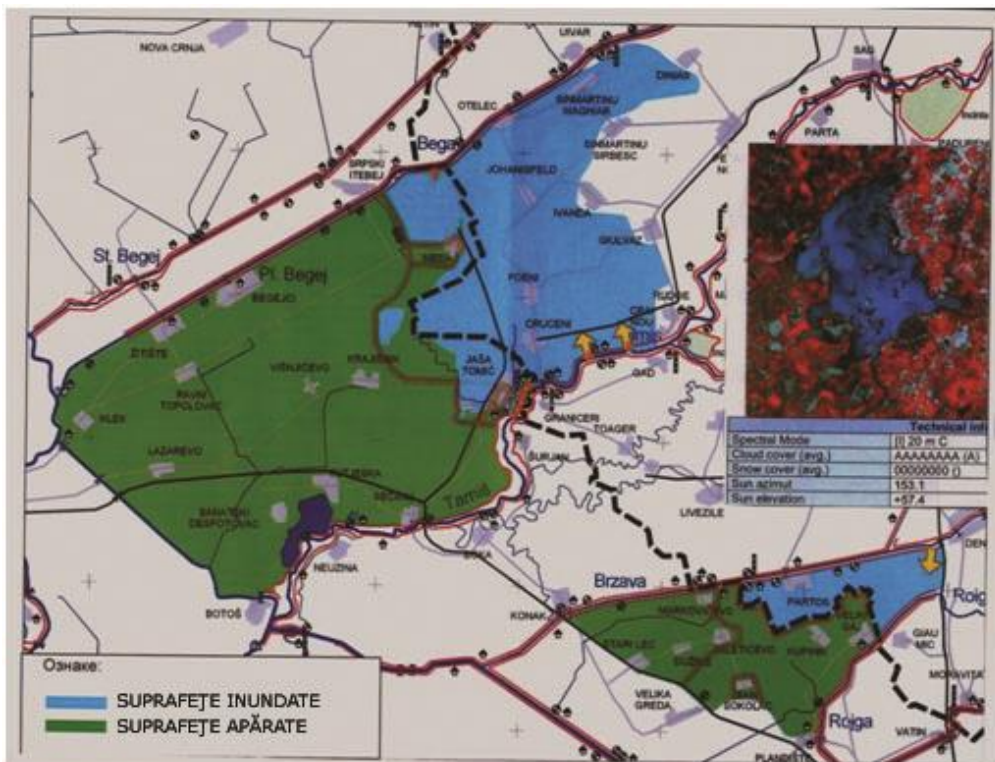


Figura 3.35. Suprafețele inundate în urma ruperii digului r. Timiș

La Grăniceri și la Stația hidrologică Jasa Tomici au fost înregistrate creșteri ale nivelurilor până la ora 11.00 (20.04), fiind înregistrate Hmax.=1080 cm la

Grăniceri, (cu 28 cm peste nivelul maxim înainte de ruperea digului pe malul stâng din aprilie 2000), respectiv $H_{max} = 844$ cm la Jasa Tomici, însemnând 22 cm peste nivelul maxim din aprilie 2000.

Ruperile de diguri au apărut în 3 amplasamente care sunt la o distanță de $6+100+6+500$ și $8+250$ km de frontiera de stat. A fost apreciată lungimea breșei ca fiind de cca 60 m cu tendința de mărire. În faza inițială, sub efectul distructiv al apei, 2 breșe s-au unit într-una pentru care s-a stabilit că este la o distanță de $6+150$ km de frontieră.

Știrea despre ruperea digului a produs o panică în localitățile riverane, Rudna, Crai Nou, Cruceni, Jasa Tomici și Seceani. Liniile de apărare de pe teritoriul României- calea ferată Cruceni-Rudna și canalul Timișat-Timiș conturează în bazin o suprafață de cca 2500 ha, care ar putea primi cantități importante de apă.

Ținând cont că agenții hidrotehnici au efectuat lucrări de apărare se aștepta că aceste ape deversate să fie menținute temporar în acest bazin, dar măsurile luate și lucrările efectuate s-au dovedit a fi insuficiente, ca atare apa a ajuns neașteptat de rapid la frontiera de stat înainte ca digul de apărare de la frontieră la Jasa Tomici să fie definitivat.

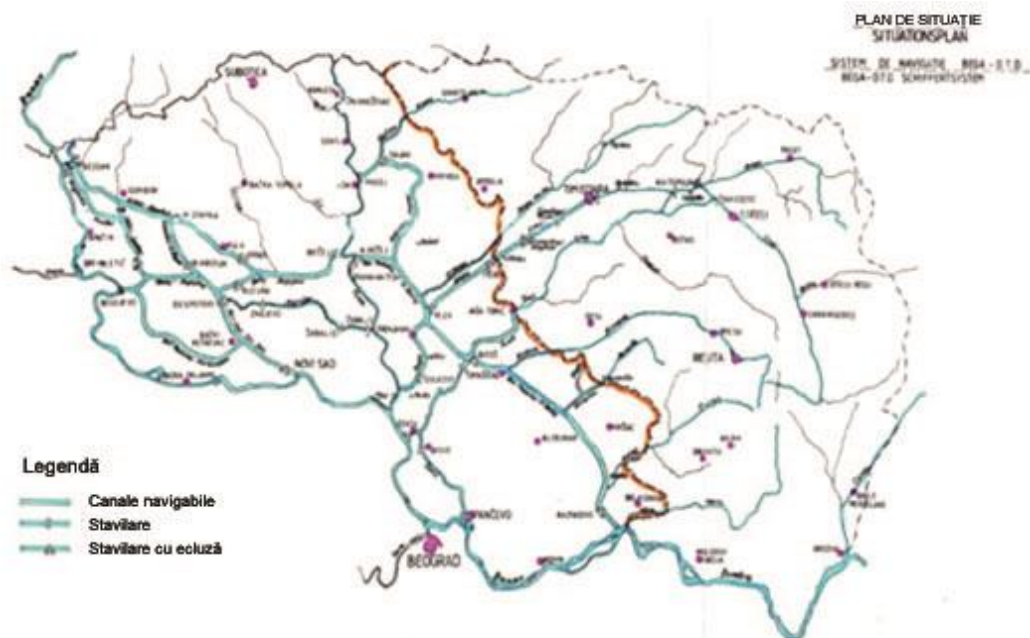


Figura 3.36. Poziționarea stăvilarelor în sistemul hidrotehnic Timiș – Bega

Localizarea inundației a fost începută în condiții ale informațiilor incomplete din teren, datorită accesului nepermis în zonă (deversări ale coronamentului digului, teren imbibat cu apă, etc.)

În urma ruperii digului pe r. Timiș, nivelurile au avut o creștere, la Grăniceri s-a atins o maximă de înălțime de 1080 cm din 20.04 ora 11,00, cu tendința de scădere în continuare.

S-a apreciat că nivelurile din r. Timiș și incinta inundată se vor egaliza foarte curând, creîndu-se condiții de restituire în albia r. Timiș. Următoarea apreciere a fost că inundațiile se vor extinde spre Bega Navigabilă ceea ce ar periclita mare parte din teritoriul transfrontarier, precum și multe localități din spațiul Timiș-Bega (Cruceni, Foeni, Ionel, Uivar, Ivanda, Giulvăz, etc.).

Pentru a împiedica extinderea inundațiilor s-a luat hotărârea de a se începe execuția liniei de apărare împotriva inundațiilor în zona frontierei de stat în lungul întregului sector între cele două cursuri de apă. S-a estimat că nivelul din incintă nu v-a depăși 79,50 mdMA (echivalent 78,8 mdMN)

De asemenea, s-a apreciat că apa din incintă este mai mare decât cea care se restituie în râul Timiș (pe teritoriul Serbiei s-au efectuat tăieri controlate de dig mal drept pentru restituirea apei din incinta inundată), astfel că s-a luat hotărârea să fie tăiat digul r. Timiș în 4 locuri în zona Jasa Tomici cu o lungime totală de 70 m și cu cota de deversare a pragului de 78,00 mdMA. Una dintre tăieri este amplasată la km 110+215 până la km 110+235, în imediata apropiere a celui executat mai devreme, iar celelalte 3 la cca 2,0 km amonte. (112+400-112+475).

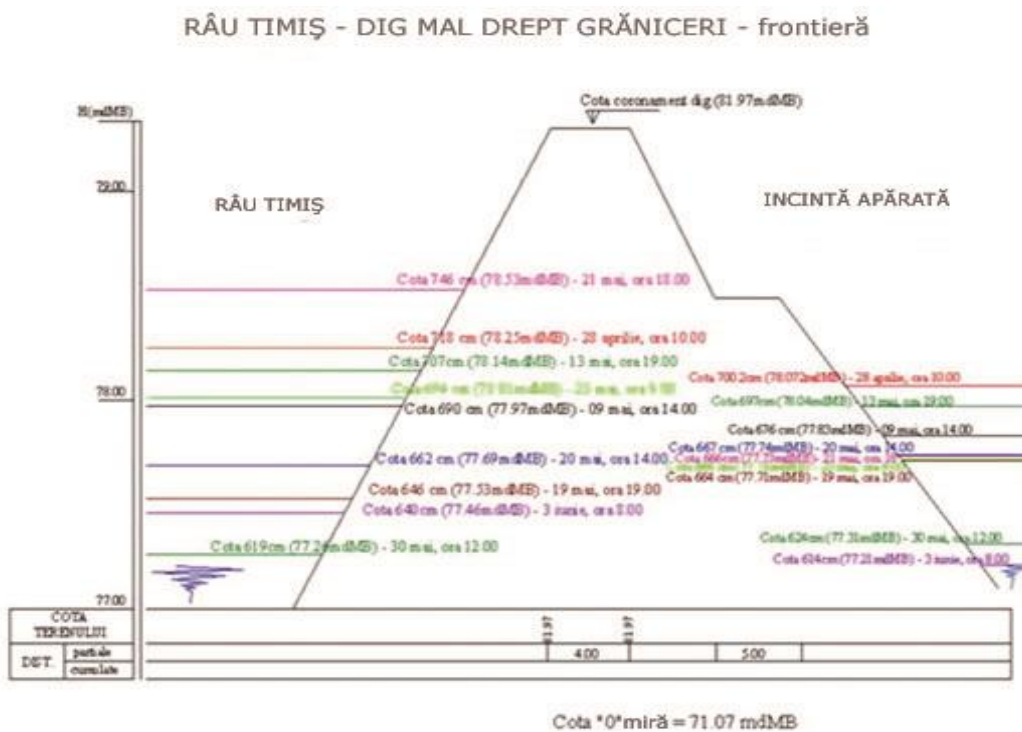


Figura 3.37. Nivelul apei între digurile râului Timiș și în incinta apărată, niveluri măsurate în secțiunea de frontieră dig Timiș mal drept (aprilie – iunie 2005)

După ruperea digului au fost executate lucrări urgente cu scopul localizării inundației și a restituirii apelor revărsate înapoi în albia râului Timiș. Lucrările la tăierile controlate ale digului au fost terminate în 24 aprilie după care prin cele 5 tăieri a început restituirea intensivă a apelor (peste 200 mc/s) în albia râului Timiș.

În zilele următoare s-a desfășurat o întrecere dinamică între ape și cei care interveneau pentru că noile ploii au produs creșteri ale nivelului apei în râul Timiș. Odată cu creșterea nivelului râului Timiș a crescut și evacuarea apei din incintă prin tăierile controlate practicate în dig.

Cunoscând comportamentul râului Timiș la alegerea amplasamentelor tăierilor controlate de dig s-a avut în vedere și riscul unei noi viituri, astfel că au fost în așa fel alese, ca ele să fie închise provizoriu pentru o perioadă scurtă de timp. Pe toată perioada s-a asigurat o monitorizare zilnică a stării hidrometeorologice a sistemului hidrotehnic al râului Timiș și Bega Navigabilă în vederea informării unei eventuale unde de viitură. Această măsură s-a dovedit necesară pentru că în perioada digurilor tăiate controlat, râul Timiș a amenințat de 8 ori cu unde de viitură mai mici sau mai mari funcționarea tăierilor de dig.

În urma ruperii și celei de a 2- a linii de apărare de către apele revărsate ale râului Timiș, acestea au luat-o către canalul Bega inundând câteva localități – Cruceeni, Foeni, Giulvăz, Ivanda, Ionel, Otelec, Uivar, etc.

Formarea incintei inundate s-a desfășurat în condiții extreme, datorită localizării insuficiente pe suprafața dintre Timiș și Bega Navigabilă.

Încercările Direcției Apelor Banat de a executa diguri provizorii au început în 25 aprilie, dar noile unde de viitură au conturbat înaintarea acestor lucrări. Mari cantități de apă din râul Timiș intrau neîntrerupt până la 1 mai 2005.

În data de 30 aprilie a fost înregistrat nivelul maxim în incintă. Până la această dată apele revărsate din râul Timiș extindeau limitele incintei formând o incintă inundată enormă în suprafață de cca. 30600 ha, formând așa numita „Deltă a Banatului”, din care 26000 ha pe teritoriul românesc și 4600 pe teritoriul sârbesc. Cantitatea totală de apă evacuată în incinta apărată la nivel maxim (la cota 79.44mdMA înregistrat la Medja) a fost apreciată la 248.5 mil.mc.

Golirea incintei (restituirea apei din incinta îndiguită) a început în luna mai, timid, cu câte 1-2 cm pe zi, doar în momentul când s-a reușit închiderea breșei la km 6+150 a început o scădere vizibilă (între 4-7 cm pe zi).

Pentru accelerarea evacuării apei din incinta îndiguită în 3 mai a fost tăiat controlat digul de pe malul stâng al canalului Bega Navigabil în dreptul localității Srbsky Itebey, de pe teritoriul sârbesc.

În ziua de 9 mai cu mari eforturi s-a reușit să se închidă provizoriu breșa de la km 8+250, dar previziunea că în urma închiderii acestei breșe va începe o golire rapidă a incintei nu s-a adeverit din cauza creșterii nivelului din râul Timiș și a formării câtorva unde consecutive de viitură. Abia la începutul lunii iunie în urma unor noi supraînălțări s-au finalizat lucrările la digul provizoriu de la km 8+250 (3.06.2005).

În scopul unei evacuări mai rapide a apelor din incintă a fost mărită secțiunea tăierii controlate pe canalul Bega Navigabil și adâncită parțial tăierea controlată de pe râul Timiș (la km 110+000). În urma scăderii nivelului apei din incintă sub cota pragului deversării din tăierea acestora le-a încetat funcția de evacuare a apei din incintă, evacuarea finală a apelor a fost preluată de către stăvilarele gravitaționale și stațiile de pompare ale sistemelor de desecare existente la confluența cu râul Timiș și canalul Bega navigabil.

În unele situații pentru golirea incintei au fost folosite pompe mobile, mai ales la evacuarea apelor din depresiuni izolate.

Golirea incintei a durat peste 2 luni (70 de zile) fiind finalizată la sfârșitul lunii iunie (28 iunie 2005) .

Închiderea breșelor de pe digul râului Timiș s-a desfășurat în mai multe faze

și în condiții foarte grele. Primele lucrări la închiderea provizorie a breșelor a început în 25 aprilie înintând foarte încet datorită imposibilității de acces a mijloacelor de transport și utilaje, astfel în faza întâi a fost amenajat un drum de acces.

Înaintarea lucrărilor a fost deranjată de noi unde de viitură pe râul Timiș, astfel că breșa de la km 6+150 a fost închisă provizoriu în 3 mai, iar cea din amonte de la km 8+250 abia în 9 mai.

Întrucât nu aveau suficientă înălțime, digurile provizorii au fost supraînălțate de mai multe ori, astfel că până la începutul lunii iunie (8 iunie), când s-a atins cota coronamentului de 81.45 mdMA – 81.60 mdMA, chiar dacă această cotă a digurilor provizorii este mai mică cu 2-2.5 m față de cota normală de dinainte de rupere, lucrările s-au întrerupt pentru că s-a apreciat că pot fi rapid supraînălțate (creșterea nivelurilor pe râul Timiș). Această apreciere s-a bazat pe experiența mai multor ani – că în cursul verii și începutul toamnei – când era planificată închiderea definitivă a digurilor pe râul Timiș nu se preconizează unde de viitură cu niveluri mari. Cât de atent trebuie să fii cu regimul apelor râului Timiș conform datelor statistice, acest curs de apă ne-a demonstrat că în timpul închiderii definitive a digului în luna august a venit o avertizare privind o undă de viitură cu nivel deosebit de mare, chiar dacă analizele hidrologice au arătat că în ultimii 25 de ani (1980 - 2004), în cursul lunilor august și septembrie nu s-au înregistrat niveluri care să impună declanșarea apărării împotriva inundațiilor (FI), acest lucru s-a întâmplat între 19-21 august, când pe râul Timiș s-a depășit nivelul ce impunea faza de apărare cu 2 m.

Lucrările de reparații la închiderea breșelor au durat până la sfârșitul lunii noiembrie 2005 când după 7 luni a fost adusă linia de apărare la starea inițială.

Luând în considerare cele expuse până acum cu mențiunea că toate aspectele acestei inundații nu sunt suficient studiate, analizele ulterioare arată că în condițiile date această inundație nu putea fi evitată.

Albia existentă a râului Timiș din sectorul de frontieră nu are capacitatea de transport corespunzătoare pentru tranzitarea undelor de viitură așa de mari, cum a fost aceasta din aprilie 2005. Pagubele de la inundații sunt catastrofale, dar puteau fi și mai mari dacă nu s-ar fi luat măsurile inițiale.

Din experiențele anterioare se poate considera ca râul Timiș este un râu foarte periculos care aduce locuitorilor riverani mari neazuri. O apreciere generală ar fi incompletă pentru că râul Timiș în cea mai mare parte a anului (în medie 93.3 %) este un curs de apă liniștit și plăcut. Apa Timișului încă de calitate cu o floră și faună bogată, o vale largă și ademenitoare, asigură bune condiții pentru dezvoltarea activităților sportive, turistice și de agrement.

Statutul transfrontarier al râului Timiș presupune o colaborare plină la planificarea lucrărilor hidrotehnice preconizate a se realiza în viitor pentru apărarea împotriva inundațiilor în cadrul Acordului existent și a Regulamentului Comun al Comisiei Mixte Româno-Sârbe, cu concordarea de proiectelor de reconstruire a obiectivelor hidrotehnice de apărare în sectorul de frontieră.

Trebuie avut în vedere faptul ca nicăieri în lume nu există protecție împotriva inundațiilor de 100%, dar în același timp, trebuie să-i ajutăm pe oameni să "conviețuiască" cu inundațiile. A nu se înțelege greșit acest cuvânt: a conviețui înseamnă a conștientiza riscul la care ești expus și a răspunde prompt la toate semnalele autorităților: adică să evacueze zona în timp util, să accepte acest lucru, să nu mai construiască în zone inundabile,etc.

3.3 Analiza riscului la inundații în Bazinul Timiș-Bega

Cu toate că la nivelul întregului bazin hidrografic există cca 355 km de diguri, pe râul Timiș și Bega și pe afluenții acestora, la care se adaugă un număr de 15 acumulări, zonele supuse riscului de inundație cauzate de revărsări ale cursurilor de apă și scurgeri torențiale de pe versanți sunt prezente practic pe întreaga suprafață a bazinului, exceptând sectoarele îndiguite și regularizate ale cursului principal de apă pe care nu mai există practic obiective care să poată fi afectate de inundațiile provocate de revărsări. Afirmatia implică faptul că toate obiectivele existente în albia majoră a principalului curs de apă (Timiș) sunt apărate conform claselor de importanță normate prevăzute în standardele românești.

Factorii de risc care generează fenomene de inundație la nivelul bazinului au mare diversitate:

- Precipitații frecvente de intensitate mare pe areale restrânse care provoacă scurgeri violente de pe versanți. Materialele antrenate de aceste scurgeri înfundă canalizările și blochează albiile amenajate, fapt care a condus la apariția a numeroase situații în care nivelul apei în spatele unor asemenea blocaje s-a ridicat la cca. 2 m peste cota terenului;

- Deteriorarea și distrugerea unor sisteme de desecare a suprafeței de teren, ceea ce mai ales în perioadele excedentare din punct de vedere hidrologic, determină bălțiri peste timpul de compromitere a culturii. Practic, după anul 1990 nu s-au mai realizat lucrări de desecare, iar cele existente care însumează cca. 200.000 ha nu au fost întreținute;

- Insuficiența fondurilor alocate pentru funcționarea la parametri proiectați ai sistemelor de desecare;

- Rețele de canalizare subdimensionate sau colmatate, inexistența unor sisteme de drenare a apelor interne și pluviale sau lipsa de întreținere și nerealizarea lucrărilor de decolmatare a acestora;

- Poduri și podețe, punți pietonale subdimensionate în ceea ce privește debitul tranzitat, fundații superficiale executate fără proiecte și fără avize de gospodărirea apelor. Existența unei vegetații bogate în secțiunile albiei minore adiacente podurilor fapt care micșorează sensibil capacitatea de tranzit a debitelor maxime. Pe lângă această situație există și cazuri în care podurile și podețele au fost dimensionate corect, dar au fost depășite debitele tranzitate pe albie datorită apariției unor ploi locale cu intensitate mare;

- Fenomene de degradare a albiei cursurilor râurilor și pârâurilor locale datorită colmatărilor, vegetației, depozitelor de gunoi și a fenomenelor morfologice specifice;

CAPITOLUL 4 – MODELAREA MATEMATICĂ A RÂURILOR

4.1 Necesitatea modelării râurilor

Inundațiile sunt un fenomen care a fost semnalat ca prezent în istoria omenirii și documentat încă din cele mai vechi timpuri. Deși cauzele apariției inundațiilor au variat de la caz la caz, ca de exemplu schimbări extreme în bazinele hidrografice și depunerea de materiale de-a lungul albiei, impactul lor asupra activităților umane și asupra mediului este același, indiferent de cauzele producerii inundațiilor. Inundațiile sunt periculoase pentru viața oamenilor și interesele vitale, fiind la ora actuală unul din principalele subiecte de studiu ale hidrologiei, în societatea științifică și profesională din întreaga lume.

Sensibilitatea mediului și a economiilor naționale, la impactul inundațiilor devine tot mai pronunțată. În anumite țări, ca cele în curs de dezvoltare, utilizarea terenurilor în zona de captare este într-o continuă schimbare și este foarte dificil de a fi frânată. În plus datorită dezvoltării societăților urbane, comparative cu cele ce se întâmplau în trecut, când daunele produse datorită inundațiilor erau cauzate de debitele cu probabilitate de apariție de 1 la 100 de ani, azi, aceleași daune pot fi înregistrate în cazul apariției unui debit maxim cu o probabilitate de 1 la 20 de ani (Hladny et al, 1989). Prin urmare, este absolut necesar, să se efectueze estimarea nivelurilor râurilor, debitelor, timpului de apariție și durata inundațiilor, în special estimarea debitului maxim al unui hidrograf de viitură, într-un punct de interes specificat.

Această activitate, de estimare a debitelor și nivelurilor într-un punct de interes dat, și la un timp specificat, este cunoscută sub denumirea de prognoză a inundației. Avertizarea în caz de inundații, este definită ca fiind o atenționare/alertare prealabilă a inundațiilor ce pot apărea în viitorul apropiat la o anumită stație sau într-un anumit bazin hidrografic (WMO, 1974).

Când o anumită regiune este afectată de inundații, serviciul de control și alertare al inundațiilor este activat și funcționează în conformitate cu planurile de inundații elaborate anterior. Un sistem eficient de avertizare de inundații trebuie să se bazeze pe prognoze exacte.

Prognozele de inundații se făceau în trecut pe baza observațiilor anterioare și formulelor empirice deduse în baza acestor observații. La ora actuală modul de realizare a prognozelor exacte se face pe baza modelelor matematice, bazate pe soluții numerice. În funcție de nivelul de date existent, și de cantitatea de măsurători/observații efectuate în timpul unor inundații, se pot elabora modele doar ale râului, în albie, numite 1D (unu dimensional), combinație între albia minoră, albia majoră și terenul adiacent albiei majore, numite 1D2D (unu dimensional combinat cu doi dimensional) sau 2D (pur doi dimensionale).

Modelarea numerică a curgerii în albia majoră se face din două motive principale: în primul rând ca o alternativă la modelarea fizică în laborator, realizată pe modele, pentru a îmbunătăți înțelegerea proceselor fizice de curgere în albia majoră; iar în al doilea rând pentru a obține estimări corecte de debite, nivele și vi-

teze, care pot fi folosite în mod optim pentru gestionarea sistemelor albiilor majore. În acest context, un model este considerat util și bun de folosit, dacă realizează o bună estimare a elementelor definitorii ale unui râu (debit, nivele, viteze) prin comparație cu soluțiile analitice, sau măsurători pe modele fizice sau măsurători de teren. Există două aspecte importante legate de funcționarea modelelor matematice, și anume: în timp ce un model matematic poate fi folosit pentru gestionarea resurselor unui râu și trebuie să dea rezultate cât mai apropiate de ceea ce se întâmplă în realitate pe teren, în caz de inundații este important ca un model să funcționeze foarte rapid și să dea prognoze bune într-un timp scurt.

Curgerea apei, într-un râu format dintr-o albie tip canal compus, este în mod normal pe deplin turbulentă și nepermanentă, dar din punct de vedere al calculului matematic este foarte complicat să se efectueze simularea matematică a curgerilor cu acest nivel de complexitate, datorită imposibilității de reprezentare unitară într-o ecuație a acestor fenomene combinate (turbulentă și nepermanentă). Avantajul modelării matematice este acela, că se pot face ipoteze de calcul, care simplifică reprezentarea fenomenelor complexe, care nu sunt relevante în cazul inundațiilor. Pasul esențial în selectarea unui cadru adecvat de modelare numerică pentru curgerea în albia majoră, este acela de a identifica acele procese de curgere care sunt relevante pentru problema specifică de modelare, ca de exemplu în cazul inundațiilor, nu se face în paralel și analiza calității apei. Aceste procese chimice ale calității apei pot fi neglijate în cazul modelării inundațiilor. Acest mod de abordare al modelării matematice a râurilor face posibilă prognozarea inundațiilor în timp util și face modul de calcul eficient.

Așa cum s-a precizat și mai înainte, modul de abordare al modelării depinde de tipul de râu analizat. În cazul curgerii râurilor în zona albiei minore, unde debitul de curgere se realizează între maluri, se face cu modele 1D. Atunci când există condiții hidrologice, care pot duce la debite mari, și ieșirea debitului din albia minoră în albia majoră și apoi în terenul adiacent albiei majore, modelarea se va face cu modele 2D. Situațiile în care curgerea trece din albie în terenul adiacent albiei, poate fi însoțită de fenomene care necesită chiar și abordări de modelare tridimensionale.

Curgerea apei în râuri care au albia minoră în formă de canal natural este aproape întotdeauna neuniformă și nepermanentă. Acesta este un fenomen complex și nu poate fi întotdeauna matematic reprezentat în toate detaliile (Miller, 1975). Există totuși avantajul că în cazuri de curgere particulare, ecuațiile de reprezentare a curgerii pot fi approximate cu forme mai simple, ca de exemplu, curgerea permanentă, folosită în special atunci când schimbarea de debit în timp este clar graduală.

Modelarea matematică în râuri constă în simularea condițiilor de curgere bazate pe formularea și soluționarea relațiilor matematice care exprimă ecuațiile de mișcare ale apei, în albia unui râu. Exprimarea sub formă matematică a fenomenului curgerii în râuri se face pe baza a două ecuații diferențiale cu derivate parțiale. Deși au existat multe încercări de a modifica și simplifica aceste ecuații, la ora actuală ele

sunt încă folosite în forma lor inițială și au fost deduse de către Saint -Venant, la 1871(Mahmoud, 1975). Ecuatiile Saint-Venant exprimă conservarea masei și a momentului într-un volum incompresibil de fluid. Rezolvarea analitică a acestor două ecuații nu este posibilă de unde și necesitatea rezolvării acestora prin metode numerice. Există multe metode numerice de rezolvare aproximativă a ecuațiilor diferențiale în matematică. În mod curent ecuațiile Saint-Venant sunt rezolvate prin metoda diferențelor finite (Cunge, 1975). Această metodă presupune utilizarea de diferite scheme de aproximare a derivatelor parțiale ale debitelor și nivelurilor. Funcție de schema numerică folosită metodele se împart, în general, în scheme numerice implicite și explicite. Schemele de calcul explicite au limitări impuse de pasul de calcul în timp, Δt (Ligget, 1975), în spațiu, pasul de calcul este reprezentat de către Δx , în cazurile 1D. În spațiu este absolut necesar să fie cunoscute secțiunile transversale caracteristice ale râului în studiu. Aceste secțiuni, în principiu, ar trebui să fie selectate, astfel încât să reprezinte toate caracteristicile topografice importante și hidraulice ale râului în secțiunea respectivă de calcul.

Râurile, în mod normal, pot fi reprezentate fie ca un canal drept, fie ca un canal meandrat, ceea ce schimbă condițiile de aplicabilitate ale ecuațiilor Saint-Venant ale curgerii. Paragraful care urmează explică, pe scurt, trecerea ecuațiilor matematice de reprezentare a curgerii unui râu, de la reprezentări 3D la 2D prin folosirea unei adâncimi medii și la 1D.

4.2 Ecuatii fundamentale

4.2.1 Ecuatii în 3D

Mișcarea turbulentă tridimensională a apei este descrisă de ecuațiile Navier Stokes, la care se aplică o mediere de tip Reynolds. În prezentul paragraf se dă reprezentarea acestor ecuații, doar după o singură direcție de curgere (x), (ecuația 4-1), celelalte două ecuații, după direcția y și z fiind obținute în mod similar.

$$\rho \underbrace{\left[\frac{\partial UV}{\partial y} + \frac{\partial UW}{\partial z} \right]}_A = \underbrace{\rho g S_0}_B + \underbrace{\frac{\partial}{\partial y} (-\rho \overline{uv})}_C + \underbrace{\frac{\partial}{\partial z} (-\rho \overline{uw})}_D \quad (4-1)$$

În care:

x, y și z - direcțiile de curgere în cele trei dimensiuni

A - curgerea secundară,

B - componenta greutatei,

C, D - tensorii Reynolds pe verticală și orizontală

u, v, w - sunt componentele vitezei după cele trei direcții $\{xyz\}$,

ρ - densitatea apei,

S_0 - panta râului,

g - accelerația gravitațională

Această ecuație a fost scrisă în conformitate cu reprezentările și notațiile din figura 4-1, unde este reprezentat un râu format dintr-un canal compus (albie minoră și albie majoră). Figura are reprezentate principalele forțe care stau la baza mișcării apei în albie.

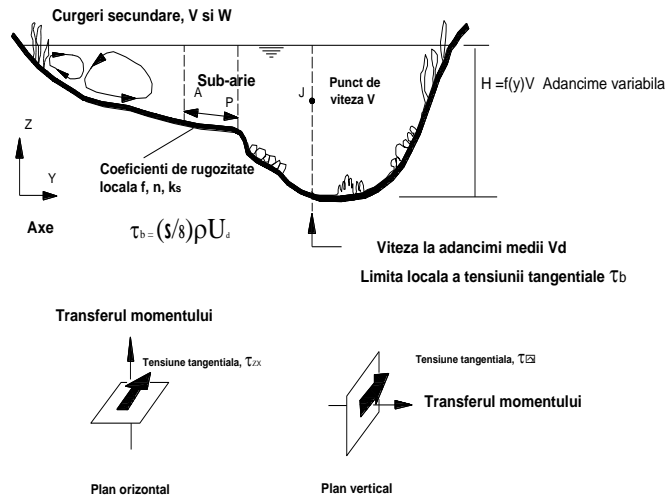


Figura 4.1. Curgerea într-un râu cu albie aproximativ prismatică (după Knight & Shiono, 1996)

Ecuțiile Navier-Stokes se aplică la un singur punct al curgerii, cum ar fi de exemplu punctul J din figură. Forța gravitațională, cea care generează mișcarea, este echilibrată de cei doi termeni de tensiune, Reynolds, care controlează forfecarea verticală și laterală care decurg din forțele de frecare de pe fundul albiei minore, precum și din lateralul albiei.

4.2.2 Ecuții în 2D

În practica curentă, accentul se pune pe determinarea parametrilor unui model, la frontiera domeniului de calcul. Aceasta are ca urmare integrarea ecuației 4-1, în adâncime, sau pe lățime, sau pe aria secțiunii transversale, ceea ce duce la o simplificare a ecuațiilor din domeniul 3D (ca de exemplu o simplificare a câmpului de curgere 3D- reprezentat schematic în figura 4-2) în domeniul 2D.

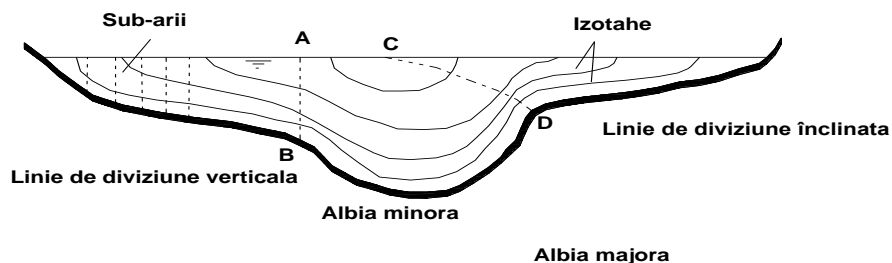


Figura 4.2. Divizări ale secțiunii transversale a unui râu, în vederea calculării debitelor în 2D (după Knight & Shiono, 1996)

Ca urmare a integrării pe adâncime se ajunge la o formă simplificată a ecuației 4-1, forma care reprezintă adâncimea medie (vezi ecuația 4-2).

$$\rho g H S_0 - \tau_b \left(1 + \frac{1}{S^2}\right)^{\frac{1}{2}} + \frac{\partial}{\partial y} (H \tau_{yx}) = \Gamma \quad (4-2)$$

unde ρ este densitatea apei, g este accelerația gravitațională, S_0 panta râului, τ_b - limita locală a tensiunii tangențiale, τ_{yx} - tensiune tangențială, H - adâncimea

4.2.3 Ecuatii 1D

Așa cum a fost precizat anterior, curgerea apei în râuri este reprezentată de ecuațiile St. Venant.

Coeficienții de rugozitate folosiți în acest caz, sunt cei determinați din condițiile curgerii permanente cu suprafață liberă bazate pe formulele Darcy-Weisbach, Manning sau Chezy. Aceste formule se referă, în esență la rezistența capacității de transport, a albiei râului, luând în considerare forma secțiunii transversale și panta longitudinală a râului.

Rezistența la curgerea într-un râu, sau rugozitatea, poate fi clasificată în următoarele componente care sunt parțial interconectate:

- rugozitatea sedimentelor albiei,
- forma rezistenței asociată cu meandrarea patului albiei văzut în ansamblu la întreaga lungime a râului (scară largă),
- rezistența curgerii asociate cu forma neregulată și asimetrică a secțiunii transversale,
- rugozitatea pe înălțime datorată vegetației flexibile,
- rezistența curgerii întâmpinată de vegetația rigidă,
- rezistența curgerii cauzată de conservarea momentului (forța de inerție) între albia minoră și albia majoră,
- rezistența curgerii cauzate de conservarea momentului între secțiunea de vegetație și cea fără vegetație,
- sinuozitatea râului,
- obstacole mari, de exemplu, roci și resturile lemnoase, precum și stratul de gheață.

În locul integrării pe adâncime, ecuația 4-1 este integrată peste zona cu secțiuni transversale a albiei râului. De exemplu, ecuația Manning (1857) este formulată ca:

$$Q = \frac{1}{n} \left(AR^{\frac{2}{3}} S_f^{\frac{1}{2}} \right) \quad 4-3$$

unde n este coeficientul de rezistență, A este aria secțiunii transversale, R este raza hidraulică și S_f este panta energetică a râului.

4.2.4 Curgerea râurilor cu secțiuni transversale compuse

Un râu a cărei secțiuni transversale o reprezintă un canal compus este în general vizualizat ca și un canal în două trepte, constând într-un canal principal (albia minoră) și un canal de inundare mai larg, în mod uzual numit albia majoră

care este inundat în timpul apelor mari (vezi figura 4.3). Calculul debitului transportat de către un râu cu secțiuni transversale compuse este dificil de realizat datorită schimbărilor rezistenței materialelor din albia minoră către albia majoră. Această rezistență, care generează rugozități diferite, variază datorită faptului că în albia majoră vegetația sau chiar construcțiile existente acolo, nu pot fi comparate cu cele din albia minoră unde în general se găsesc bolovani, nisip și pietre chiar și în râurile foarte bine întreținute. Din acest motiv conservarea și transferul de moment lateral între albia minoră și albia majoră duce la descreșterea debitului din albia minoră și la creșterea debitului în albia majoră. Neregularitățile topografiei se regăsesc în neregularitățile secțiunilor transversale, rezultând în dificultatea calculării capacității de transport a apei în secțiuni transversale compuse.

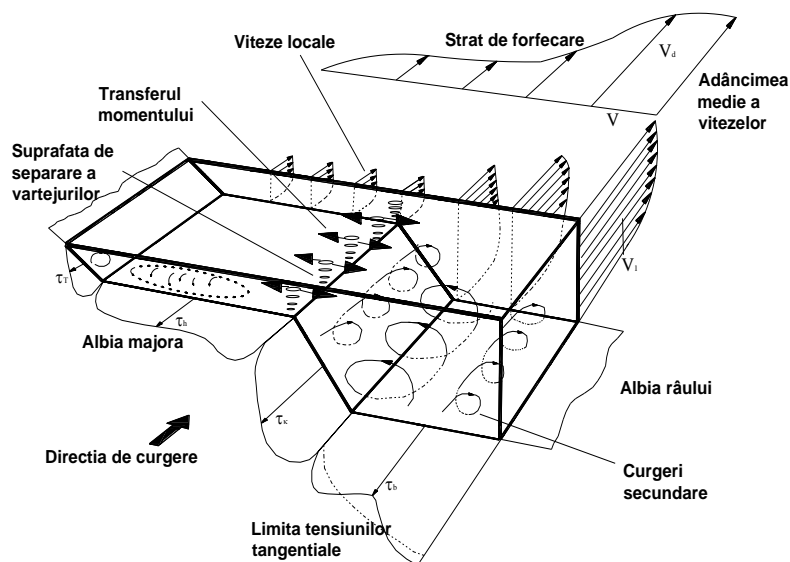


Figura 4.3. Tipuri de curgere într-un râu cu secțiune transversală compusă (după Kinght & Shiono, 1996).

Cu toate acestea, au fost realizate numeroase studii, în încercarea de a înțelege curgerea râurilor cu secțiuni transversale compuse și de asemenea de a înțelege factorii corelați care afectează curgerea. În cele ce urmează se face o prezentare a acestor studii, pentru a înțelege care este stadiul actual al abordării acestor probleme, și cum pot fi rezolvate.

În studiul lui Sellin din 1964, s-a concluzionat că în momentul în care un râu crește depășind malurile albiei minore, debitul descărcat peste maluri reduce viteza curgerii din albia majoră datorită unui turbion interior intens aflat la limita dintre canalul principal și albia majoră și că media vitezelor maxime poate fi localizată ca și valoare în apropierea stadiului de depășire a malurilor.

În lucrarea lui Pasche & Rouvé (1985) au fost făcute observații, ca de exemplu acolo unde nu există vegetație în albia majoră, panta malurilor dintre albia

minoră și albia majoră, în special lățimea albiei majore, are un efect important asupra forței tăietoare de la interfața dintre cele două albi; dar, dacă albia majoră este cu vegetație, panta nu are influență semnificativă asupra forței tăietoare în acel punct, cu toate că lățimea albiei majore are o anumită importanță, mai ales când vegetația este foarte densă.

Thornton *et al.* (2000) a descoperit că forța tăietoare din zona de contact dintre albia minoră și albia majoră nu poate fi cuantificată doar ca o funcție a turbulențelor locale ale interfeței, dar de asemenea a fost realizat și faptul că această forță este influențată de viteză, adâncimea curgerii și de densitatea vegetației din secțiunea transversală, atât a albiei minore cât și din albia majoră.

Knight (2006) explică că atunci când debitul într-un râu depășește malurile, curgerea se schimbă de la curgere între maluri la curgere peste maluri, cu o modificare semnificativă a complexității comportamentului curgerii ce rezultă datorită diferențelor de viteză a apei dintre canalul principal și albia majoră, care produc forțe taietore puternice, la diferite nivele, ceea ce conduce la apariția unor forme turbionare care duc la inducerea unor puncte de recurbare a secțiunii transversale, puncte relativ instabile. Când se produce deversarea malurilor, apar schimbări majore în râu, care presupun o atenție specială: schimbarea bruscă la stadiul de depășire maluri, schimburi/interacțiuni majore între curgerea din albia minoră și albia majoră. Proporția curgerii dintre sub-arii, diferențele de rugozitate dintre râu și albia majoră, forțele taietore și de frecare locale, zonale și globale, dau o variație semnificativă a parametrilor de rezistență pe adâncime și a curgerii și dirijarea parametrilor inundației.

În cazul problemelor de inundații cei doi parametri principali care trebuie avuți în vedere la calcul sunt debitul și nivelul apei, atât în timp cât și în spațiu. Knight, 2006, arată din studii făcute în laborator cât și pe teren asupra curbilor cheie, că în general Q crește cu H , dar o dată ce este atins nivelul de depășire a malurilor în anumite circumstanțe, se întâmplă o reducere actuală a Q în ciuda unei arii mai mari de curgere. Q crește semnificativ datorită creșterii ariei de curgere, cu panta h versus curba descrescătoare a Q pe măsură ce lățimea albiei majore crește.

4.2.5 Propagarea inundațiilor

Cunge, Holly & Verwey, 1980 au obținut și demonstrat că pentru curgerea uni-dimensională neuniformă, cu suprafața liberă, principiile de conservare a masei și momentului au condus către ecuațiile lui St. Venant 4-4 și 4-5. Ecuațiile sunt de-duse având în vedere următoarele ipoteze de calcul:

Viteza în secțiunea transversală este constantă și suprafața apei este orizontală, paralele cu axa orizontală de calcul;

Curgerea este gradual variată, cu presiunea considerată a fi hidrostatică în orice punct al secțiunii transversale.

Accelerația verticală poate fi neglijată.

Curgerile laterale și secundare din secțiunea transversală se consideră neglijabile.

Limitele albiei sunt fixe; eroziunea și depozitarea nu alterează forma secțiunii transversale a albiei.

Apa este considerată incompresibilă (cu densitate uniformă), iar rezistența la curgere poate fi descrisă prin formule empirice, Manning's și/sau Chezy's.

Cu aceste ipoteze, scriind o ecuație de conservare a masei și una de conservare a momentului într-un volum de apă al râului, se obține, următorul sistem de ecuații diferențiale cu derivate parțiale, care reprezintă ecuațiile Saint-Venant, 1D, de curgere a unui râu.

$$\frac{\partial Q}{\partial x} + b_s \frac{\partial h}{\partial t} = q_L \tag{4-4}$$

$$\frac{\partial Q}{\partial t} + \frac{\partial}{\partial x} \left(\beta \frac{Q^2}{A} \right) + gA \frac{\partial h}{\partial x} - gAS_0 + gA \frac{Q|Q|}{K^2} = 0 \tag{4-5}$$

Unde
 Q - debit,
 A - aria secțiunii transversale a râului definite de produsul A=bs*h
 q_L- debit lateral
 β - coeficient de corecție al momentului.

Pentru un coeficient de corecție a momentului, β, egal cu 1.0, ecuația 4-5, are 3 forme exemplificate în 4-6.

$$\frac{\partial Q}{\partial t} + \frac{\partial}{\partial x} \left(\frac{Q^2}{A} \right) + gA \frac{\partial h}{\partial x} - gAS_0 + gAS_f = 0$$

(4-6)

Dacă din această ecuație, se iau în considerare, la calcul, doar unii termeni, atunci această ecuație are următoarele forme:

Curgere uniformă permanentă (Unda cinematică)

$$S_o = S_f$$

Curgere permanentă neuniformă (Unda difuză)

$$\frac{\partial h}{\partial x} - S_o + S_f = 0$$

Curgere permanentă neuniformă (Unda dinamică - quasipermanentă)

$$\frac{\partial}{\partial x} \left(\frac{Q^2}{A} \right) + gA \frac{\partial h}{\partial x} - gAS_o + gAS_f = 0$$

Curgere nepermanentă neuniformă (Unda dinamică)

$$\frac{\partial Q}{\partial t} + \frac{\partial}{\partial x} \left(\frac{Q^2}{A} \right) + gA \frac{\partial h}{\partial x} - gAS_o + gAS_f = 0$$

(4-7)

Categoriile de curgere definite mai sus, sunt în funcție de numărul termenilor utilizați în ecuația de moment. Curgerea permanentă uniformă presupune că forța de greutate balansează forța de frecare a apei în jurul perimetrului ud al secțiunii transversale. În aceste condiții se aplică ecuațiile Manning sau Darcy-Weisbach.

În cazul curgerii permanente uniforme, $s_f = s_o$, combinând ecuația de conservare a momentului cu ecuația Manning, de determinare a rezistenței în secțiunea transversală, se obține, așa numita undă de calcul cinematică

Debitul într-un râu în timpul unei viituri are caracteristicile unei unde care translatează și se atenuază. Gradientul curbei nivel-debit este legat de viteza undei cinemate și aceasta indică faptul că în timpul unei viituri viteza de atenuare variază în raport cu adâncimea apei în secțiunea transversală (dQ/dh), iar lățimea secțiunii transversale (bs) se schimbă în timp.

4.3 Alegerea unui model matematic

Modelele matematice hidrologice sau hidraulice, pot fi folosite pentru rezolvarea diferitelor probleme, având diferite moduri de abordare a problemei de rezolvat, funcție de obiectivul problemei. Chow (1988) a încercat să clasifice modelele matematice în diverse categorii utilizând 3 parametri cheie: componenta variabilă (deterministică ori stohastică), spațiul (distribuit sau local), și timpul (constant sau variabil). Orice model se poate încadra în oricare dintre aceste categorii, nu întodeauna în mod exclusiv. De multe ori un model matematic poate aparține în una sau mai multe dintre aceste categorii. Clasificarea lui Chow, este dată în figura 4-4.

Această clasificare a modelelor matematice nu este unică. Există și alte clasificări care iau în considerare conceptele aplicate în cadrul modelului în descrierea comportamentului sistemului ce va fi modelat. Acestea includ modelul "black box" (tip cutie neagră - se vede doar ce intră și ce iese, fără să se vadă ce face modelul), modelul fizic și modele conceptuale :

- **Modelele "black box":** acestea sunt modele în care se stabilește o funcție de corelație între intrările și ieșirile sistemului. Aceste modele sunt foarte similare modelelor empirice, pentru că încearcă să stabilească o legătură între debitele măsurate amonte într-un râu, în timp, și debitele măsurate în aval, în aceeași perioadă de timp. Aceste modele au nevoie de așa numitele date de "training" (antrenament) și de date pentru validare. Corelația dintre date se stabilește pe un set de date de "training", și verificarea modelului se face pe un alt set de date numite date de validare a modelului. Este de la sine inteles că astfel de modele au nevoie de foarte multe seturi de date pentru a stabili corelații corecte.

- **Modele bazate pe fizica fenomenelor modelate:** Modelele de acest gen sunt modele complexe bazate pe ecuațiile care descriu fenomenele fizice modelate. De exemplu, modelele care sunt bazate pe ecuații Saint Venant sunt considerate modele bazate pe fizica fenomenelor modelate. Aceste modele necesită date de intrare pentru calcule corecte și relativ multe.

- **Modele conceptuale:** Modelele conceptuale oferă un compromis practic între modelul fizic și modelul tip black-box. Ele se bazează pe descrieri empirice ale proceselor fizice dominante. În general, aceste modele sunt aplicate fie modelelor locale (cele pentru care spațiul nu este important, cum ar fi lacurile, care pot fi considerate doar un punct în sistem) fie celor semi-distribuite. Aceste modele nu necesită multe date de intrare, pentru calcule, însă au dezavantajul că se bazează în măsură foarte mare pe calibrarea unui set de parametri, care nu reflectă întodeauna parametrii observați în teren.

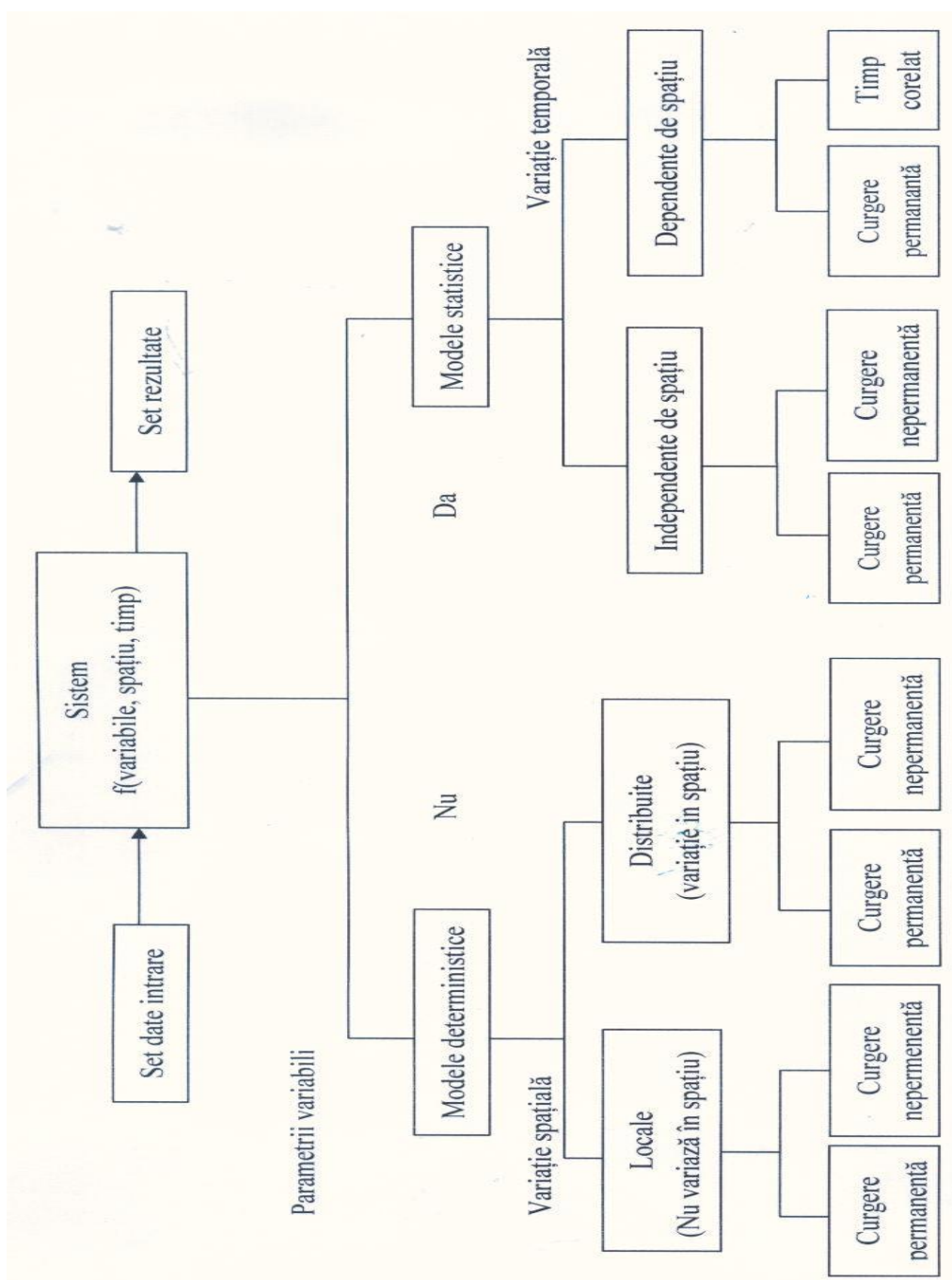


Figura 4.4. Clasificarea modelelor hidrologice (dupa Chow 1998)

CAPITOLUL 5 – MODELAREA RISCULUI LA INUNDAȚII ÎN SISTEMUL TIMIȘ-BEGA

Apa nu este doar un element vital pentru viața umană, ci este și poate deveni o forță devastatoare în anumite cazuri. Abordarea clasică a inundațiilor include, în general, măsuri structurale, și cu toate aceste inginerii din lumea întreagă au ajuns la concluzia că asemenea măsuri introduc factori suplimentari care trebuie luați în considerare, cum ar fi cedarea probabilă a unei structuri, precum și noi interacțiuni în plan geofizic sau în planul performanțelor. În plus, în zilele noastre, apar mult mai des, mai repede, noi probleme legate de inundații decât probleme relativ la structurile existente de-a lungul unui râu. Din acest motiv conceptul de prevenire a inundațiilor este înlocuit de conceptul de management al inundațiilor, ceea ce conferă măsurilor non-structurale mai multă importanță (Schanze 2006; Soldano et al. 2007). Hărțile de inundații pot fi văzute ca bază tehnică pentru măsurile non-structurale (Riccardi 1997). Atât Uniunea Europeană cât și Agenția Americană de Management a Situațiilor de Urgență la Inundații (US FEMA) au evaluat importanța dezvoltării hărților la inundații (Aldescu 2008; Federal Emergency Management Agency, 2003). Asemenea hărți pot fi dezvoltate prin intermediul modelării inundațiilor utilizând modele hidraulice și hidrologice.

5.1 Noțiunea de eroare a datelor

5.1.1. Incertitudini implicate în simularea inundațiilor

Analiza modelelor și a erorilor pe care acestea le au încorporate în rezultatele pe care le furnizează, erori incluse sub denumirea de "*incertitudine a rezultatelor*" este o parte importantă a oricărui studiu de modelare și există metode matematice și informaționale (cunoscute sub denumirea de metode hidrofomatice) care să stea la baza unei astfel de analize. De obicei, incertitudinile apar datorită parametrilor de intrare și din acest motiv în anumiți termeni ai incertitudinii sunt presupuși a avea o variație probabilistică, deseori, funcție de densități apriorice ale probabilității sau termeni difuzi. Aceste erori probabilistice apriori impuse parametrilor, sunt „propagate”, printr-un model, ca ulterior să genereze un set de rezultate așa numite rezultate incerte. Analiza acestor probabilități a „incertitudinilor” datelor de intrare, într-un model, este absolut necesară, în cazul elaborării hărților probabilistice a riscului la inundații.

Analiza incertitudinii implică o abordare Monte Carlo, care presupune că parametrii de intrare, ai modelului de calcul, sunt determinați în urma unei distribuții date, iar modelul hidraulic sau hidrologic rulează, pentru fiecare valoare considerată a parametrilor modelul în sine. Aceasta are ca rezultată o serie foarte mare de rulări cu o serie foarte mare de rezultate. În cazul sistemelor hidrologice

complexe, această procedură de rulare a multor modele pe computere standard, devine o mare consumatoare de timp (Macdonald and Strachan 2001). Din acest motiv, executarea unei analize 2D a posibilelor variante de inundație, generate de incertitudinea parametrilor de calcul, necesită a fi luată în considerare așa numita metodă „cloud and cluster computing”, care oferă posibilitatea de a executa un volum mare de calcule, pe un volum mare de calculatoare, disponibile în rețeaua „world wide web”. Obiectivul prezentului capitol a fost, pe lângă determinarea variantelor de hărți de risc la inundație, de a arăta aplicabilitatea folosirii resurselor „cloud and cluster computing”, pentru analizarea variantelor posibile de manifestare (rezultate) a sistemelor hidraulice complexe prin rulare în paralel de simulări multiple.

5.1.2. Modelarea inundațiilor și resurse „cloud & cluster computing”

Inundațiile pot fi modelate fie prin modele fizice (la scară), fie prin modele matematice (numerice bazate pe modele fizice). Deși modelele fizice sunt folosite pentru proiectare și verificare, ele se confruntă cu o limită în aplicare atunci când proiectele ingineresti devin prea mari și trebuie să integreze în calcule considerații economice (Cunge et al. 1980). Modelele numerice sunt mult mai practice atunci când sunt testate diferite alternative de proiectare. Modelarea inundațiilor poate fi abordată în mai multe feluri, în funcție de nevoi și posibilități.

În cadrul modelării inundațiilor există abordări practice care combină ecuația de debit, folosind formula lui Manning, cu tehnici GIS, pentru a obține suprafețe inundabile (Herold and Muton 2006). Utilizarea ecuației lui Manning, presupune o curgere uniformă și liniară, ceea ce nu este în conformitate cu ce se întâmplă în realitate. Pentru o acuratețe mai mare sunt de obicei folosite o varietate largă de modele numerice capabile să reproducă curgerile neuniforme și neliniare. Asemenea modele permit dezvoltarea diferitelor abordări pentru a reprezenta hidrodinamica dintre râu și albia majoră, la diferite detalii, precum simulările 1D (Ferreira 2004; Knebl et al. 2005; Smemoe et al. 2007), cvasi simulările 2D (Lindenschmidt et al. 2008; Soumendra et al. 2010), simulările integrate 1D 2D (Werner et al. 2005), simulările 2D (Cobby et al. 2003; Neal et al. 2010; Tarrant et al. 2005), simulările 3D (Kang and Choi 2005; Wilson et al. 2006) și fiecare abordare cu avantajele și dezavantajele sale.

În timp ce modelele 1D nu reprezintă inundația în albia majoră și în câmpia râului, modelele 2D și 3D sunt foarte mari consumatoare de timp, deși unele studii au verificat aplicabilitatea semi-modelelor 2D, precum CELDAS și CTSS8 ca alternative precise și rapide de modelare a albiei majore (Garcia et al. 2007). Astfel de modele sunt limitate la scurgeri lente și suspensiile aluvionare pot introduce valori medii nerealiste. Există, astfel, nevoia de a depăși această barieră care necesită timpuri foarte lungi de rulare a modelor și care restricționează utilizarea modelării 2D prin găsirea unei modalități de a descrește timpul de rulare. Un mod clar de a îmbunătăți timpul în care este efectuat calculul, este acela de a utiliza fie super-computerelor (ceea ce este rar pus în practica inginerescă), fie prin distribuirea calculelor, pe computere aranjate în grupuri, fie prin utilizarea unui grid

de calcul denumit „cloud computing”. Necesitatea de a efectua calcule ale multiplelor variante de curgere a apei, duce în mod necesar la utilizarea de calculatoare în paralel.

5.1.3. Simularea inundațiilor folosind resurse de calcul distribuite

În ultimii 30 de ani tehnologia de calcul a diferitelor probleme ingineresti s-a dezvoltat foarte mult datorită dezvoltării calculatoarelor care sunt capabile să proceseze date, fie vectorial, fie prin calcule multe efectuate în paralel (Yang et al. 2006). Totuși unele aspecte tehnice, precum nevoia de codare specială, limitează accesul și aplicarea calculului paralel (Vrugt et al. 2006). Datorită unei largi disponibilități de furnizori de computere, la preț redus, paralelismul s-a putut dezvolta, implementarea lui pe grupuri și supergrupuri de calculatoare. De exemplu, multe computere simple pot rula în paralel aplicații multiple.

Calculul de tip „cluster computing” a fost aplicat cu succes în diferite domenii, precum științele biologice (Boukerche et al. 2007), programarea proceselor (Lin et al. 2006), inginerie asistată pe calculator (Malczyk and Janusz 2008), alimentare cu apă (Damas et al. 2001). Realizarea și implementarea unui „cluster” (grup) de calculatoare implică costuri inițiale mari, și din acest motiv, au apărut noi alternative de calcul în paralel precum, „grid and cloud computing”.

Atât „grid computing” (calcul pe grid de calculatoare) cât și calculul de tip „cloud computing” sunt servicii de calcul distribuit, bazate pe posibilitățile oferite de internet. Deși „grid computing” și „cloud computing” sunt două paradigme diferite, în literatura de specialitate există multă confuzie între ele, datorită definițiilor existente. Literatura de specialitate identifică 11 diferențe tehnice între aceste două tipuri de calcul, cum ar fi: tipul de probleme unde sunt aplicate aceste metode, virtualizarea, accesul sau controlul la programul de calcul, etc (Weinhardt et al. 2009). În timp ce diferitele modele care rulează în paralel pe un sistem de computere de tip „cloud computing” interactivitatea dintre ele este foarte ușor de utilizat, dar în cazul calculului executat pe sisteme de calculatoare de tip „grid computing” este necesar a se realiza serii de modele care sunt transmise pentru a fi calculate, ceea ce face utilizarea acestui ultim sistem mai dificilă în comparație cu sistemul de tip „cloud computing”.

Serviciul de calcul „Amazon EC2”, este un serviciu nou oferit de internet (world wide web) pe sistem „cloud computing” lansat în anul 2006. Aplicațiile științifice care au folosit un astfel de serviciu se referă la aplicații biomedicale și în domeniul fizicii nucleare (Rosenthal et al. 2010; Dejun et al. 2010; Seviator et al. 2010). Utilizarea sistemelor de tip „cloud computing” în studiile legate de domeniul apelor este abia la început.

Scopul capitolului de față este acela de a demonstra aplicabilitatea calculului distribuit ca metoda pentru studii hidrologice și hidraulice, precum și beneficiile rezultate datorită reducerii timpului de calcul prin folosirea acestei metode.

5.1.4. Studiu de caz

Tehnologia de mai sus a fost aplicată la bazinul hidrografic Timiș-Bega (Figura 5.1)

Viitura din anul 2005 luată în considerare ca exemplificare pentru aplicarea metodei

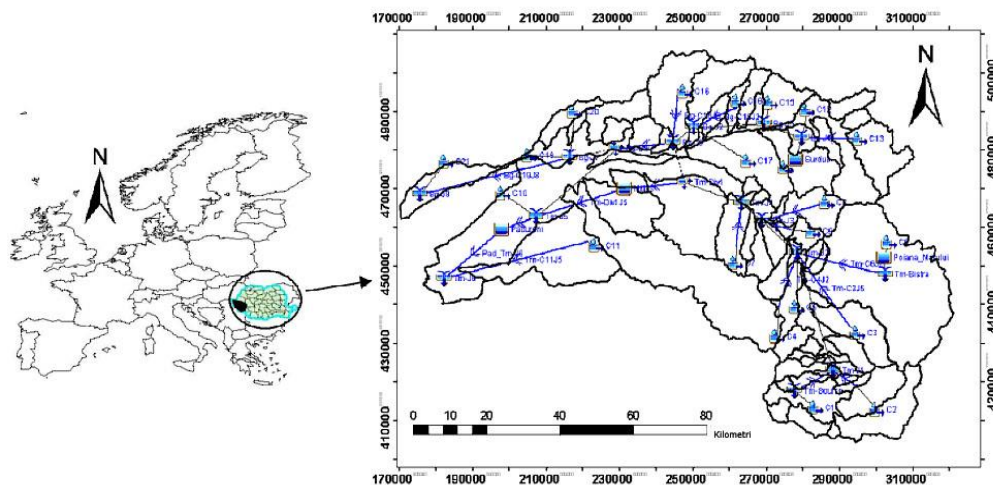


Figura 5.1. Spațiul Timiș-Bega, locație de captare și model HEC-HMS

Metodele de calcul menționate anterior au fost aplicate în bazinul hidrografic Timiș – Bega descris în capitolul 3. Regiunea Banat, unde este localizat bazinul hidrografic este una dintre cele mai vulnerabile regiuni la inundații din România și din acest motiv este necesar să fie realizate hărți de risc la inundații și să fie analizate toate variantele de inundații ce pot apărea în diferite ipoteze de calcul.

În aprilie 2005, în bazinul Timiș-Bega a avut loc un eveniment de viitură extrem cauzat de un front de joasă presiune dinspre regiunea Mării Adriatice și a Mării Negre combinat cu o activitate intensă de topire a zăpezii. Aceste evenimente au generat inundarea a sute de kmp în această regiune (Timár et al. 2008). Din acest motiv, devine necesar analizarea diferitelor măsuri de prevenire a pierderilor umane și materiale cauzate de viitoare posibile inundații.

Deși la nivel local există un sistem de prognozare și avertizare a inundațiilor, bazat pe modele empirice, inundația din 2005 a dovedit că este nevoie de modele mult mai precise de calcul de prognozare. Acest fapt a subliniat necesitatea realizării unui model integrat hidrologic și hidraulic în bazinul hidrografic Timiș – Bega. Pentru evaluarea diferitelor scenarii și variante posibile de inundare, în bazinul Timiș-Bega, s-a luat în considerare, în calculul care urmează, aria de extindere a inundației,

adâncimea și viteza apei din incinta inundată. Modelul care a stat la baza analizei, este un model integrat, hidrologic și hidraulic, realizat (Popescu et al. 2010) în anul 2009, în cadrul unui proiect romano-olandez, unde au fost testate 4 măsuri de reducere a inundațiilor, precum și întinderea acestora.

Rezultatele obținute în urma calculului realizat cu modelul menționat, au arătat posibilitățile de folosire a modelelor matematice în zona Timiș-Bega. Cu toate acestea realizarea unei simulări hidrologice și hidraulice pe un bazin hidrografic de 8085 kmp, utilizând un model 2D, este un procedeu complex și totodată consumator de timp. Este evident și necesar să se treacă la simulări Monte Carlo bazate pe acest model, simulări care au nevoie de resurse computaționale numeroase și performante.

5.2 Calculul influenței erorilor asupra modelării

5.2.1. Descrierea modelului matematic integrat al bazinului Timiș – Bega

În studiul de față, bazinul hidrografic Timiș – Bega a fost modelat prin realizarea unui model matematic integrat din trei modele: un model conceptual hidrologic, pentru partea cea mai din amonte a bazinului; un model hidraulic unidimensional (1D), pentru partea de mijloc a bazinului și un model bi-dimensional (2D) pentru partea cea mai din aval a bazinului. Pentru realizarea acestor trei modele au fost folosite trei soft-uri, specializate după cum urmează:

Modelul conceptual hidrologic creat cu HEC-HMS, dezvoltat de United States American Corps of Civil Engineering (USACE), care a fost folosit pentru transformarea volumului de apă provenit din precipitații în scurgere, pe baza căreia s-au determinat hidrografele aferente subbazinelor, în care a fost împărțit bazinul Timiș-Bega. Soft-ul HEC-HMS simulează scurgerea obținută din volumul de precipitații căzut la sol, cât și procesele de transport și atenuare prin transport a unui hidrograf, dintr-o secțiune amonte într-o secțiune aval. (Feldman 2000);

Modelul hidrodinamic 1D al râurilor Timiș și Bega, între Lugoj și Bălinț până la frontiera cu Serbia, s-a realizat folosind software-ul HEC-RAS, dezvoltat tot de UASCE. Acest soft rezolvă ecuațiile unidimensionale Saint Venant, de curgere hidrodinamică, și datorită metodei de rezolvare numerică a acestor ecuații, soft-ul este aplicabil atât pentru regimurile de curgere critice, supercritice cât și mixte, și permite calculul nivelelor de apă în toate momentele intervalului de timp de calcul și în toate secțiunile transversale ale râului. Acest model permite, de asemenea, includerea în calcul a structurilor hidrotehnice existente în secțiunea râului modelat, cum ar fi existența unor praguri deversoare sau stăvilare laterale. Modelul are o interfață grafică ușor de folosit și prezintă nu doar avantajul de a fi "gratuit" ci și avantajul de a fi una din cele mai cunoscute programe folosite pentru modelarea hidraulică 1D.

Modelul hidrodinamic al părții celei mai din aval a bazinului, realizat prin modelarea în mod integrat 1D2D. Acest model este un model de detaliu

al zonei aval, construit cu ajutorul programului de calcul Sobek, realizat de către Deltares. Acest program este comercial, iar licența de folosire a lui a fost atribuită Administrației Naționale „Apele Române”, respectiv Administrației Bazinale de Apă Banat, în cadrul unui proiect româno-olandez, dintre Administrația Națională „Apele Române” și Deltares, proiect finanțat de către guvernul olandez. Stațiile hidrometrice Brod și Remetea au fost utilizate ca surse de hidrografe de intrare, în cazul simulărilor efectuate pe modelul integrat 1D 2D.

În Figura 5.2. sunt reprezentate schematic zonele din bazinul Timiș-Bega pe care le modelează aceste trei modele, precum și punctele de schimb de informații dintre acestea.

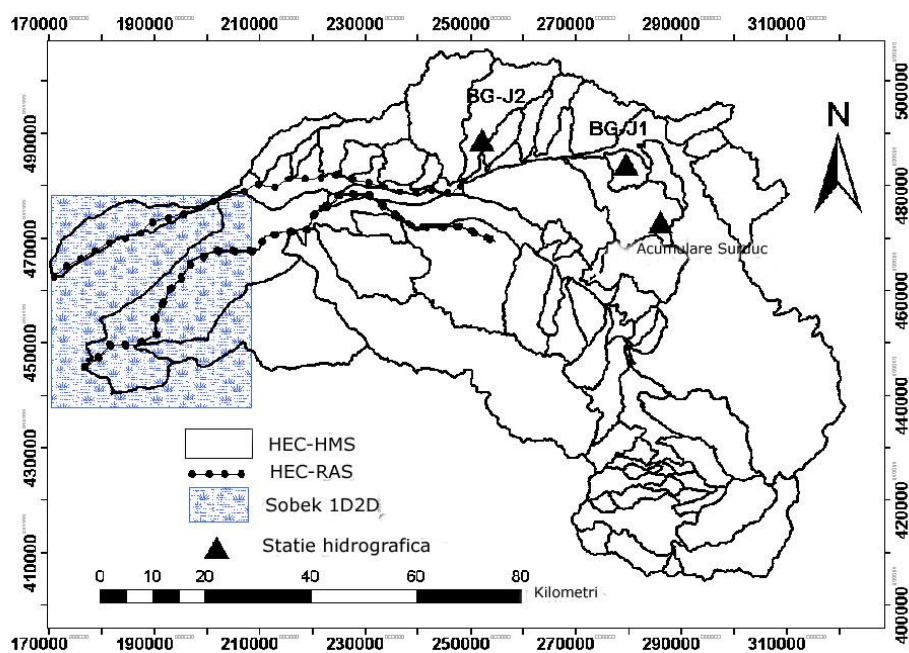


Figura 5.2. Modelele utilizate pentru bazinul Timiș-Bega

Fluxului de informații între modelele definite mai sus și interconectarea dintre ele este indicat pe figura 5.3. Modelul hidrologic a fost calibrat pentru anul 2003 și apoi aplicat la inundațiile din 2005. Calibrarea a fost realizată prin compararea extinderii inundațiilor cu imaginea MODIS corespunzătoare acestui eveniment.

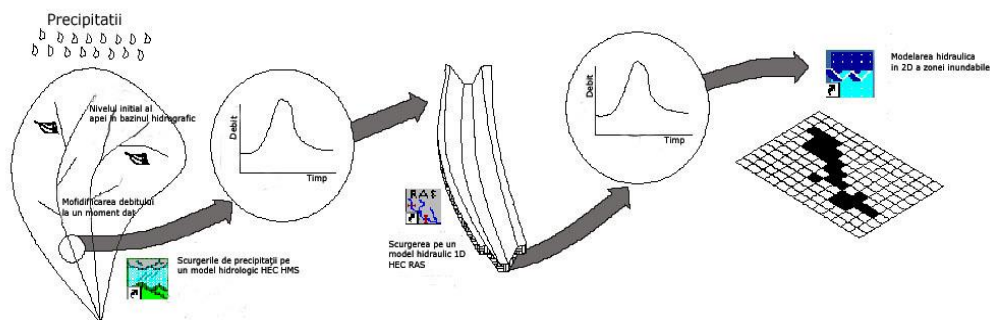


Figura 5.3. Realizarea fluxului de informații în modelul integrat Timiș-Bega

În anul 2007, în cadrul unui al doilea proiect de cooperare româno-olandez, a fost realizat un sistem suport de decizie (SSD) pilot (doar cu scop demonstrativ), care a avut în focus încorporarea, în timp real, a datelor meteorologice și hidrologice, provenite din măsurători, într-un model hidrologic, care afișează online rezultatele obținute pentru bazinul hidrografic Timiș-Bega (Popescu et. al, 2010). Parte din componentele aceluși model au fost preluate și extinse în modelul tezei de față, prin adăugarea a două acumulări cu retenții permanente de apă, respectiv acumulările Surduc și Poiana Mărului și prin automatizarea proceselor de transfer de date și de execuție a modelului hidrologic.

Extinderea modelului a fost realizată în așa fel încât acesta să poată fi utilizat în analize de decizie, în caz de inundații. Adăugarea abordărilor de modelare 2D a inundațiilor sunt un element de interes major și de mare ajutor Administrațiilor Bazinale de Apă pentru a determina nu doar simularea atenuării inundațiilor, cât și extinderea inundațiilor, în cazul apariției acestora.

Teza de față încearcă să răspundă acestor cerințe, prin studiul potențialelor variante de inundare în zona aval a bazinului hidrografic Timiș-Bega, variante datorate posibilelor erori ale datelor de bază inițiale considerate. Aceasta testează în fapt care este probabilitatea de a avea încredere în anumite rezultate, și care este "intervalul" corect pe care se poate baza luarea unei decizii. Un astfel de studiu s-a putut realiza doar prin efectuarea a multor variante de date de intrare și rularea unui număr mare de simulări.

Un asemenea număr mare de simulări poate fi efectuat doar prin transferuri automate de date de intrare, deci prin folosirea sistemelor de calcul și de resurse computaționale de tip "cloud and cluster computing", care sunt tot mai mult folosite în ultima vreme în tehnica de calcul actual. În plus, au fost folosite diferite programe mici care au automatizat datele, programe care au fost scrise în limbaj de programare Delphi, VB.net și DOS. Paragrafele ce urmează sunt dedicate explicațiilor de detaliu a acestor elemente de calcul și automatizare a calculului.

5.2.2. Sursele de erori a datelor

În orice modelare a inundațiilor, există multe surse posibile de eroare, referitoare la datele de intrare și implicit de ieșire, la condițiile inițiale ale modelelor matematice, la parametrii și structura modelului; cele mai importante fiind date de influența erorilor datorate măsurătorilor existente referitoare la secțiunile transversale și a topografiei terenului. În termeni tehnici clasici ai zilelor noastre, reprezentarea digitală a topografiei terenului este referită ca DEM care semnifică "Digital Elevation Model" (Modelul digital al terenului).

În studiul de față, au fost studiate, efectele a două surse de eroare:

- 1) eroarea dată de cunoașterea insuficientă a nivelului inițial al apei în cele două acumulări permanente, Surduc și Poiana Mărului; și
- 2) erorile datorate inexactităților din DEM. În acest studiu se consideră că distribuția probabilistică a erorilor este apriori cunoscută, datorită studiilor anterioare efectuate în acest domeniu. Probabilitatea de distribuție a acestor erori a fost adoptată în conformitate cu probabilitățile determinate de alți cercetători.

Cele două surse de erori considerate în studiu sunt descrise astfel:

Nivelurile de apă în lacurile de acumulare. Cele două lacuri de acumulare din bazinul hidrografic, incluse în analiză, au un nivel inițial de apă care influențează curgerea (hidrograful debitelor) în partea de aval a bazinului Timiș-Bega. Acumularea Poiana Mărului, are un volum de 90,12 milioane mc și înălțimea barajului de 125 m. Scopul său principal este producerea de energie electrică. Acumularea Suduc cu un volum de 50 milioane mc și o înălțime de 36 m, este utilizată în principal pentru alimentarea cu apă. Nivelurile inițiale de apă din acumulări au fost considerate a fi incerte, deci potențiale furnizoare de erori.

Simularea modelului matematic integrat, luând în considerare aceste erori, a fost făcută în sistem Monte Carlo, cu un număr clar determinat de simulări. A fost analizată propagarea acestor erori în rezultatele de ieșire a modelului (debitul aval la stația hidrometrică Remetea, pe râul Bega).

DEM. Cartografierea suprafeței pământului reprezintă un set de date important la modelarea inundațiilor, dar, din păcate, acest tip de date nu sunt întotdeauna disponibile. În plus, realizarea acestor tipuri de date sunt costisitoare și consumatoare de timp. În trecut au fost realizate o serie de studii în scopul de a avea mai multe reprezentări realiste atât a DEM-urilor, cât și studii de determinare a erorilor ce pot apare datorită cartografierii pământului și reprezentării topografiei terenului în format digital. Este important a se menționa că erorile la care se face referință în acest studiu, nu sunt erori de reprezentare numerică în calculator, ci sunt strict erori de măsurare ale aparatelor cu care se face cartografierea (Wechsler și Kroll 2006; Wechsler 2007). În prezent, eroarea de reprezentare a unui DEM poate fi eliminată prin utilizarea de date de tip SRTM care realizează DEM globale de înaltă rezoluție și acuratețe, date care la ora actuală sunt disponibile gratuit pentru toată Terra între latitudinile 60° N și 56° S (Carabajal și Harding 2006). Studiile efectuate, asupra

calității SRTM –urilor au fost raportate de Gorokhovich și Voustianiouk 2006; Sharma et al 2010, iar studiile referitoare la aplicabilitatea acestora în morfometrie, hidrologie sau măsurători de la distanță ale nivelurilor de apă au fost raportate de Oliveira et al 2010; Ludwig Schneider și 2005; Schumann et al 2008. Cu toate acestea, toate aceste studii au fost axate pe măsurători la scară largă (macro) și au comparat rezultatele obținute, folosind SRTM DEM cu rezultatele obținute pe alte tipuri de DEM-uri. Deși recent unele cercetări au fost efectuate în scopul de a extrage, din SRTM, date de detaliu, cum ar fi secțiuni transversale (et al Pramanik 2010.), aceste studii nu iau în considerare influența SRTM asupra curgerii hidrodinamice în albia majoră a râului. Hengl et al. (2010) precizează că simulări de tip Monte Carlo pot fi folosite pentru a analiza eroarea datorată rețelei de canale a râului asupra curgerii, în comparație cu rețeaua de canale extrasă din DEM. Până în momentul desfășurării cercetării prezentate în lucrarea de față, nu s-au găsit referințe relativ la studii privind influența erorii de reprezentare a topografiei terenului (DEM) asupra inundațiilor obținute în urma modelării matematice. Cu toate acestea în domeniul științelor care se ocupă de mediul înconjurător, există acțiuni de dezvoltare de programe de calcul, software și modele care să țină cont de erorile de măsurare a datelor de intrare în modele. Un astfel de exemplu este programul „Data Uncertainty Engine” (Calculatorul erorilor datelor) în care se analizează diferite tipuri de date spațiale, cum ar fi vectori, date spațiale de tip raster sau serii de timp (Brown și Heuvelink 2006).

În studiul de față, erorile DEM-ului, au fost studiate prin generarea a mai multor DEM-uri, pornind de la DEM-ul disponibil, al bazinului Timiș-Bega, în zona aval, prin folosirea de punți de probabilitate a distribuției erorilor. Cu aceste DEM-uri generate s-au rulat foarte multe modele, folosind tehnica Monte Carlo, și apoi au fost propagarea erorii în modelul de calcul.

DEM-urile sunt definite ca altitudini pe carioaje dreptunghiulare, fiecare carioaj fiind referit ca un grid/celula. Întreaga arie considerată ca topografie de calcul, în modelare, se constituie în final dintr-un număr de celule organizate în linii și coloane. DEM-ul folosit a fost cel de $90 \times 90 \text{ m}^2$, disponibil gratuit din internet. Fiecare instantă/variantă de DEM a fost obținută din DEM-ul inițial prin schimbarea altitudinii ei, în conformitate cu o distribuție probabilistică uniformă, pentru eroarea de măsurare pe verticală, pentru o eroare de altitudine de maxim 2 m. Această valoare este considerată rezonabilă pentru SRTM (Rodriguez et al. 2005).

Următoarea schemă de eșantionare a fost utilizată astfel: modificări în altitudinea celulei au fost făcute sistematic, începând cu celulele din rândul cel mai de mijloc al ariei luate în considerare la modelare. Inițial, toate celulele au fost schimbate și o nouă topografie (DEM) a fost generată. Apoi, toate celulele, cu excepția celor din primul rând, au fost schimbate, după care, toate celulele, cu excepția celor din al doilea rând, etc, procedura fiind repetată de 125 ori până când rândul central a fost atins. Apoi, procedura a fost repetată pentru obținerea unui alt DEM. Pentru a obține numărul total de eșantioane/ probe de DEM folosite în calcul, procedura a fost repetată până la obținerea unui număr total de 500 DEM (Figura 5.4).

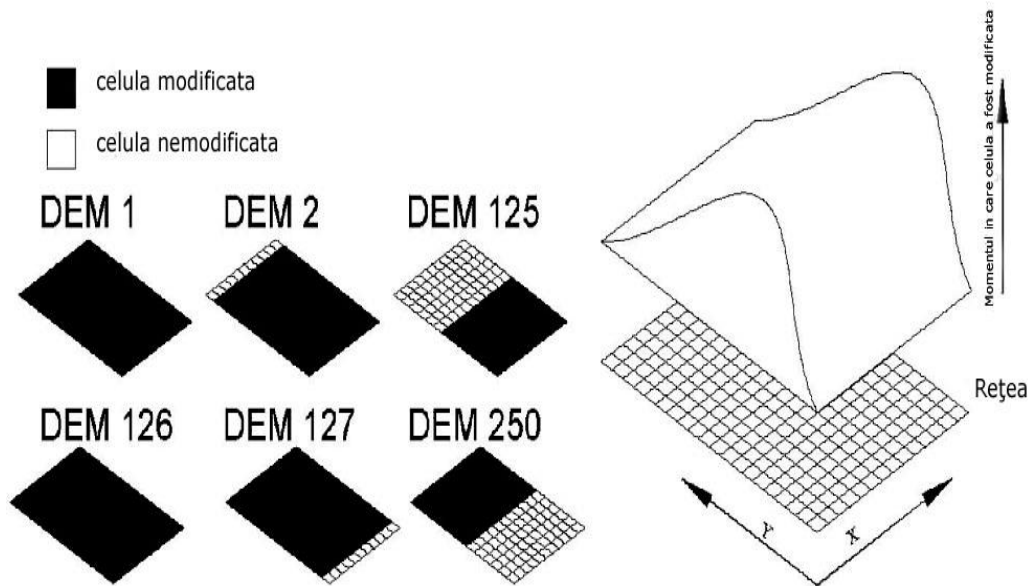


Figura 5.4. Variante de DEM și procesul de generare a acestora

Dupa rularea modelelor, pentru fiecare DEM astfel obținut, fișierul de rezultate, al fiecărui pas de timp și pentru fiecare parametru considerat a fost de aproximativ 1 MB, iar numărul total de pași de timp de calcul, pentru evenimentul de viitură din anul 2005 este de 2952, acoperind o perioadă de 10 zile. Salvarea tuturor acestor rezultate de la toate simulările a necesitat o mulțime de resurse de memorie hard a calculatorului pe care se realizează modelarea, ca de exemplu, fiecare folder de simulare este de 17.7 GB, motiv pentru care s-a decis utilizarea doar a rezultatelor în care se poate citi adâncimea și viteza apei, în ultimul pas de calcul. În general, ultimul pas de calcul, nu coincide cu pasul de timp în care adâncimea inundației și viteza apei sunt maxime, dar în acest caz special, datorită comparării datelor disponibile, s-a putut concluziona că ultimul pas de timp coincide cu maximul adâncimii de inundație. Deviația standard și media adâncimilor de apă au fost calculate pentru fiecare celulă și pentru toate etapele de timp.

De exemplu, în primul rând cu doar DEM 1 și 2, apoi cu DEM 1, 2 și 3, și așa mai departe până când s-au folosit toate celulele DEM. Această metodologie a permis obținerea și compararea valorilor medii și abaterile standard obținute cu diferite simulări. Rezultatele obținute au fost utilizate pentru a realiza hărți de inundații în care s-a reprezentat pentru fiecare celulă procentajul de simulări în care este inundată, comparativ cu numărul total de simulări.

O problemă a analizei Monte Carlo este faptul că nu este posibil să se cunoască apriori numărul necesar de simulări pentru obținerea rezultatului final. În studiul de față, adâncimea apei, deviația standard de adâncime a apei și intervalul mediu de probabilitate MPI (definit de ecuația 1) au fost utilizate pentru a evalua

numărul de simulări care trebuie efectuate. Inundația medie și abaterea medie standard corespunzătoare fiecărei celule au fost comparate pentru diferite seturi de simulări. MPI nu a fost evaluat pentru fiecare celulă, ci doar în ansamblu, luând în considerare amploarea totală a inundațiilor. MPI a fost obținut considerând o limită superioară dată, de probabilitate, de 90% și o limită inferioară dată, de probabilitate, de 10% (în conformitate cu Shrestha et al. 2009). Astfel, s-a decis să efectueze analiza Monte Carlo a efectului erorilor de măsurare topografice, luând în considerare cele 500 DEM generate. Dacă se constata că era nevoie de mai multe DEM, ele s-ar fi creat.

$$\text{MPI} = 1/n \sum (\text{IP}^S - \text{IP}^I) \quad (1)$$

MPI – intervalul mediu de probabilitate

IP^S – limita superioară a intervalului de probabilitate considerat

IP^I – limita inferioară a intervalului de probabilitate considerat

5.2.3. Utilizarea resurselor “cloud & cluster computing”

Una dintre cele mai cunoscute surse pentru aplicarea de resurse computaționale de tip „cloud computing” este Amazon Web Services AWS (<http://aws.amazon.com>). Acest furnizor de resurse oferă o colecție de servicii de calcul prin intermediul computerelor standard, de capacități diferite, numite instanțe de calcul. Aceste instanțe sunt accesate prin intermediul unor terminale de calculator, localizate la distanță. Taxa pentru utilizarea acestor instanțe este în jur de 0,15 dolari pe oră pe instanță. Popularitatea utilizării acestor tipuri de resurse de calcul este de mare succes și este în creștere foarte mare. Browser-ul de internet Firefox a realizat programe, cum ar fi ElasticFox și S3fox, care sunt dotate cu interfață de utilizator concepute special pentru utilizarea serviciilor de calcul oferite de „cloud computing”

Amazon EC2 este un serviciu de internet care permite lansarea și gestionarea unor servere în centrul de date Amazon, folosind programele de calcul, executabile disponibile deja, precum și medii de programare oferite de acesta (Amazon web services, 2009). Mediile de programare sunt denumite API, termen care este un acronim al cuvintelor Application programming interface, și care înseamnă mediu de programare. Serviciile web oferite de Amazon se regăsesc sub denumirea AWS, care este de asemenea, un acronim al cuvintelor în limba engleză Amazon Web Services.

AWS pune la dispoziția utilizatorului de resurse de calcul, șapte tipuri de calculatoare virtuale (numite instanțe) care pot rula sub diferite sisteme de operare. În cazul cercetării de față, dintre aceste șapte tipuri de calculatoare, au fost selectate pentru a rula modelele construite, calculatoarele/instanțele de calcul numite „instanțe mici”. Deși la prima vedere un astfel de calculator ar putea părea mic, viteza de lucru este de 1,7 GHz și capacitatea sa de stocare de 160 GB, ceea ce îl face un calculator puternic la un preț scăzut. Zheng (2010) a făcut o cercetare extensivă cu privire la performanța diferitelor instanțe de calcul, prin compararea vitezei, și a costurilor necesare, relativ la această performanță și a concluzionat că alegerea unei instanțe este o problemă de optimizare multiobiectiv. De exemplu, dacă unui computer de mică capacitate îi ia o oră pentru o simulare el va taxa prețuri pentru o oră de calcule, iar dacă unui computer de capacitate medie îi ia 0.4 ore pentru același

calcul, datorită politicii de stabilire a prețurilor el va taxa o oră de calcul, ceea ce este mult mai scump decât în cazul instanțelor mici. Această concluzie conduce la ideea că, instanțele de calcul mici sunt întotdeauna mai profitabil de utilizat, dacă timpul și problema de modelat permite efectuarea calculelor pe asemenea instanțe. În cazul cercetării de față, particular, acest lucru a fost valabil. Cu toate acestea în cazul în care este necesar să se efectueze două simulări, costul rulării acestora pe două instanțe de calcul mici, va fi echivalentul a două ore de calcul, în timp ce același calcul va costa doar o oră, pe instanțele de calcul medii, deoarece 0.8 ore va fi taxat ca și o oră. Din acest motiv costurile de calcul trebuie analizate de la caz la caz, funcție de modelarea care este necesar a fi realizată. Ceea ce s-a dorit prin exemplificarea de mai sus este să se rețină, că prin lansarea unui computer cu mai multe procesoare, dar care folosește unul singur, se poate ajunge la risipă de bani.

O alternativă la calculul care utilizează resursele de tip „cloud computing”, este folosirea unui grup de computere local, interconectate între ele, care să formeze un așa numit „cluster” (echivalentul în engleză a cuvântului grup). Un „cluster” de computere poate fi definit ca și un grup de computere legate printr-o rețea locală, astfel încât acestea să poată funcționa împreună și, astfel să îmbunătățească performanța dată de un singur computer. Asemenea grupuri pot fi construite pe computere dedicate exclusiv acestui scop, sau bazate pe computere standard „de birou”, formând astfel un grup „de birou”.

În cercetarea de față, s-a dorit testarea posibilităților de calcul disponibile la ora actuală, prin verificarea aplicării rulării modelelor bazinului Timiș-Bega, folosind cele două tipuri de resurse de calcul „cloud”, al serviciilor Amazon și „cluster” (grup de computere), realizat local.

În primul rând, s-a realizat utilizarea resurselor de tip „cloud computing” ale serviciului Amazon AWS. Datorită limitărilor impuse de licențele necesare pentru rularea modelului bidimensional, în zona aval a bazinului Timiș-Bega, serviciul „cloud computing” a fost utilizat doar pentru programele de modelare care sunt oferite gratuit, adică pentru, HEC-HMS și HEC-RAS, programe care au fost aplicate în partea cea mai de amonte a bazinului și în partea de mijloc.

În al doilea rând, calculul pe resurse de tip „cluster” a fost testat pentru partea din modelul Timiș-Bega, care utilizează software-ul licențiat Sobek din Deltares, adică pentru partea din model care nu a putut fi utilizată în sistemul AWS. Pentru testare s-au folosit 5 calculatoare, care s-au constituit într-o rețea locală.

5.2.3.1. Utilizarea resurselor de tip “cloud computing ” pentru componenta HEC – HMS a modelului Timiș-Bega

HEC-HMS are posibilitatea de a fi lansat pentru calcul și fără a utiliza o interfață grafică a utilizatorului (GUI), ci se poate lansa prin intermediul unei interfațe de comandă (DOS), prin specificarea lansării unui fișier executabil într-un fișier DOS de tip batch. Un astfel de fișier lansează în execuție doar un singur model predefinit HMS, intitulat în termeni HEC-HMS, un proiect. Fișierul batch nu permite modificarea proiectului în sine, ceea ce înseamnă că modelul trebuie pregătit în prealabil cu toate datele de rulare actualizate. Fișierul de tip batch file lansează în execuție un proiect HMS clar specificat. Modelul de tip HEC-HMS, al bazinului Timiș-Bega a fost rulat

cu diferite condiții inițiale, stabilite pentru nivelul inițial al apei în lacurile de acumulare și debite controlate. Din acest motiv a fost necesară realizarea unui program de tip batch, în care codul inițial a fost completat cu un cod care citește datele inițiale dintr-un fișier extern (în acest caz, un fișier Excel) și actualizează fișierul de date „basin”, al proiectului, înainte de a lansa în execuție modelul de calcul. Codurile care au fost realizate constau din coduri în limbaje de programare Pascal Delphi, Visual Basic, și sunt combinate cu codul deja existent în fișierul de tip Batch, în DOS. Astfel, a fost posibilă citirea automată a datelor dintr-un fișier Excel, apoi actualizarea proiectului HEC-HMS și apoi rularea modelului. În timpul rulării a diferite aplicații utilizând resurse de tip „cloud”, este important de luat în considerare faptul că simulările efectuate cu modelul de calcul, trebuie să ruleze într-o secvență clar stabilită. În cazul cercetării prezente, fiecare simulare a fost dependentă de cea anterioară, condițiile de margine ale modelului HEC-RAS necesitând să fie actualizate după fiecare rulare a modelului HEC-HMS. Această simulare secvențială a fost realizată prin rescrierea fișierului de date relativ la curgerea nepermanentă (uXX.) și schimbarea datelor temporale pentru noua rulare.

5.2.3.2. Utilizarea resurselor de tip „cloud computing” pentru componenta HEC – RAS a modelului Timiș-Bega

Ca și în cazul HEC-HMS, orice model realizat folosind HEC-RAS, se numește proiect. Toate elementele unui proiect (râuri, secțiuni transversale, hidrografe de debite și nivele) sunt conținute într-o bibliotecă de obiecte de modelare, clar definite, biblioteca denumită „Object Library”. HEC-RAS permite accesarea acestor obiecte din aplicații externe utilizând diferite limbaje de programare. Deși această bibliotecă de obiecte permite controlul și executarea modulelor componente ale modelului HEC-RAS al unui râu, HEC-RAS generează două fișiere de ieșire pentru rezultatele obținute în urma simulării: un fișier binar interpretat doar de HEC-RAS (.Oxx) și un fișier ASCII cu date numerice (:rxx). Pentru a accesa rezultatele obținute în urma rulării cu HEC-RAS, s-a folosit o aplicație în limbaj Java, disponibilă deja, pentru a transfera date din HEC-HMS în HEC-RAS, și pentru a citi rezultatele din fișierele de ieșire HEC-RAS.

5.2.3.3. Utilizarea resurselor de tip „cluster computing” pentru componenta modelului Sobek 1D2D

Sobek este un program de modelare hidraulică integrată 1D-2D, dezvoltat de Deltares (fost Delft Hydraulics), care rezolvă ecuațiile de tip Saint Venant pentru curgerea fluidelor, într-un domeniu în 2D. Sobek este un software cunoscut pentru realizarea de modele pentru simularea și gestionarea problemelor din domeniul apelor.

În afară de a avea o interfață GIS, aplicația software cuprinde module de modelare 1D și 2D pentru scurgerea pe versanți, determinarea volumului precipitațiilor, morfologie în 1D, calitatea apei în 1D, control în timp real al simulării, și alte aplicații. Un avantaj al acestui program este acela că orice model creat cu acest program poate fi utilizat și lansat în execuție nu doar prin intermediul interfeței grafice, ci și prin intermediul unui fișier DOS. Deși fișierul DOS, prin care se poate lansa în execuție un model creat în SOBEK, este simplu, acesta trebuie amplasat

într-un director special (CMTWORK) al modelului Sobek, și numai după ce sunt create, în prealabil toate fișierele componente ale modelului de calcul. Condițiile de frontieră în amonte ale modelului Timiș-Bega, în Sobek, au specificate hidrografele obținute din modelul component HEC-RAS. Sobek are ca rezultate de ieșire atât curgerea 1D prin albia minoră a râurilor, cât și curgerea 2D în albia majoră a râului. În acest studiu, rezultatele provenite din modelarea 2D, relativ la adâncimea apei datorate inundațiilor, au fost utilizate în scopul de a determina hărți de inundabilitate.

5.2.3.4. Platforma de calcul pentru utilizarea resurselor de tip „cloud computing”

Pentru a crea o platformă de utilizare a serviciilor Amazon Web, trebuie parcurși un număr de pași, după cum urmează

- trebuie creat un cont utilizator, pentru a avea acces la serviciile oferite de Amazon AWS.
- în timpul accesării acestui cont de utilizator al serviciului EC2 se pune la dispoziția utilizatorului o listă de calculatoare disponibile.
- din lista de computere disponibile, unul trebuie să fie ales ca și bază inițială și apoi se atribuie mai multe calculatoare care devin instanțe de resurse de calcul.
- procesul alegerii unui calculator poate fi realizat, fie utilizând interfața normală, de utilizator AWS, ori utilizând programe de tip ElasticFox. Accesul la calculatorul selectat se face prin intermediul comenzii la distanță (Remote Desktop Windows).
- instalarea pe instanțele atribuite pentru calcul a modelelor și programelor de calcul. Întrucât ambele modele HEC-HMS și HEC-RAS folosesc software gratuit, nu a constituit nici o problemă instalarea acestora și apoi lansarea lor în execuție pe mai multe calculatoare.
- copierea directorului care conține datele necesare rulării modelelor pe calculatorul din baza de resurse obținută. Pentru îndeplinirea sarcinilor de copiere a datelor aplicația Firefox S3Fox s-a dovedit a fi foarte folositoare, deoarece a simplificat procesul la o simplă operațiune de copiere de tip „ia și eliberează” („drag and drop”). Tipul acesta de serviciu a fost utilizat pentru a automatiza acești pași de management ai datelor necesare modelării, a fost folosit pentru a salva în instanța de calcul software-ul și datele instalate, astfel încât să poată fi evitată repetarea acestor pași, la fiecare reinițiere a resurselor de calcul.
- realizarea de simulări multiple. Odată ce instanța de calcul a fost creată și toate opțiunile de calcul salvate, s-au realizat în paralel, simulări multiple. Acțiunea de a transfera, la finalul simulării, fișierele de rezultate obținute, de pe instanțele multiple, pe o singură instanță (un singur computer) a fost realizată prin utilizarea facilității oferită de Google Docs prin codul Java "google-docs-upload-1.3.1.jar" (<http://docs.google.com/p/google-docs-upload/>), oferit în mod gratuit, complementar la serviciul Google Docs. În scopul de a ușura procesul arhivării și menținerii rezultatelor simulării, pe platforma de documente Google Docs, aplicația Java, mai sus menționată, a fost compila-

tă într-un fișier executabil, Windows compatibil, astfel încât fișierele de rezultate obținute să fie accesate ușor de oriunde.

Figura 5.5. prezintă schematizarea întregului proces de creare a instanțelor, de simulare și salvare a datelor.

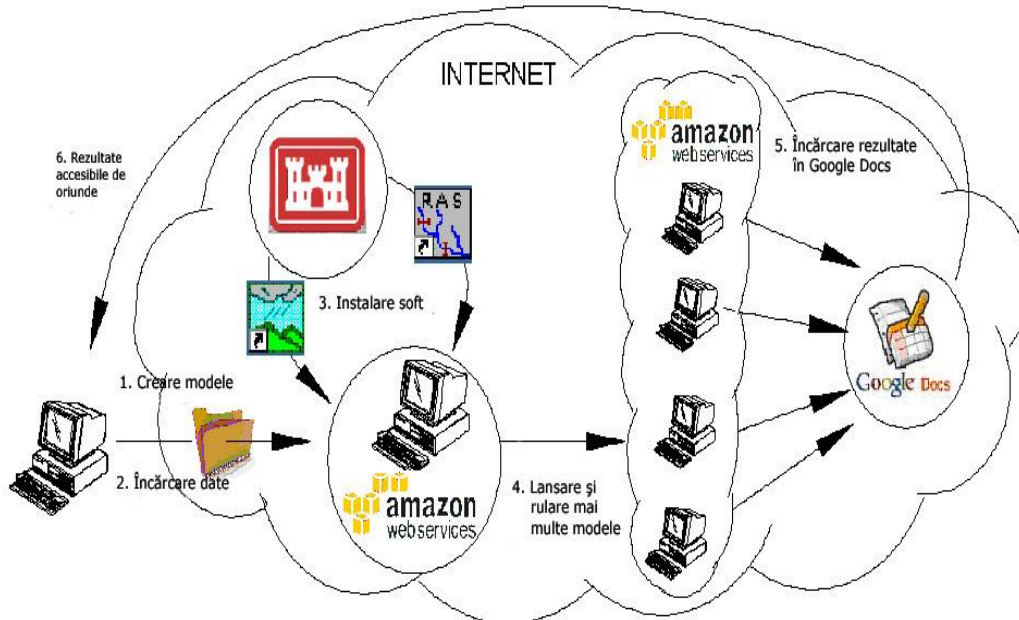


Figura 5.5. Procesul de transfer și recuperare a datelor la utilizarea resurselor de tip "cloud computing"

Calculul „cloud ” devine limitat atunci când trebuie folosite programe de calcul ce necesită licența de funcționare. Din acest motiv nu a fost posibilă utilizarea Sobek pe sisteme de resurse de calcul de tip "cloud computing", ci doar în sistem de grup de calculatoare (cluster computing). Disponibilitatea calculatoarelor de a forma un grup nu reprezintă o problemă, cel mai important este să se dispună de un software care să opereze un asemenea grup de calculatoare. Astfel, au fost testate diferite metode de operare a grupurilor de calculatoare, printre care controlul și gestionarea lor de la distanță, rețea virtuală și serviciul telnet, și s-a ajuns la concluzia că cea mai bună performanță pentru operarea unui cluster de computere a fost software-ul pentru control la distanță PsExec disponibil pe website-ul <http://technet.microsoft.com/en-us/sysinternals/default.aspx>. Spre deosebire de alte programe de calcul, care trebuie să fie instalate pe fiecare computer, în parte, sau la care trebuie făcute setări speciale, PsExec este un program de calcul ușor de folosit (ușor accesibil), care oferă acces la fiecare computer din rețeaua locală. În plus, trebuie să fie instalat doar o singură dată în computerul special de unde se face întreaga operare a cluster-ului. Astfel, este posibilă lansarea oricărei aplicație sau deschiderea de la distanță a oricărui fișier. Cel mai mare avantaj al acestui program de calcul este că toate computerele pot fi controlate fie printr-o interfață de

utilizator sau prin comenzi la un promter, considerate sisteme "invizibile" de control. Ambele moduri, de operare a calculatoarelor, au fost testate și modul sistem prompter a fost ales a fi utilizat, datorita tipului în care a fost inițial realizată rețeaua de calculatoare. În timp ce un calculator poate fi folosit ca o componentă a grupului cluster, ceilalți utilizatori ai rețelei (familia) se pot conecta/deconecta și/sau utiliza calculatoarele celelalte fără nici o problemă, experimentând o performanță ceva mai slabă a calculatorului pe care lucrează, având în vedere că procesorul său este împărțit între mai multe aplicații.

5.2.3.5. Rezultate obținute și analiza acestora

Rezultatele analizei erorilor testate sunt prezentate în continuare, pentru cele două tipuri de erori definite anterior, nivelul de retenție al apei în acumulările din bazinul Timiș- Bega și DEM (reprezentarea grafică a terenului).

Nivelul inițial de apă în acumulări. Eroarea considerată inițial, prin variația nivelului de apă, în acumularea Surduc, a rezultat într-o influență mică asupra adâncimii de apă în râu sau în albia majoră, în aval de acumulare. Figura 5.6a, 5.6b și 5.6c prezintă hidrografele de debit, obținute în urma variației nivelului de apă în acumularea Surduc, la punctul de jonțiune BG-J1, al modelului HEC-HMS, punct situat la 10 km în aval de acumularea Surduc, și la punctul BG-J2, situat la 30 km în aval de BG-J1. Aceste puncte nu au corespondent în stații hidrometrice de pe teren, sunt doar puncte ale modelului matematic, puncte în care, în râul Bega se aduce aportul unui bazin al unui râu afluent al râului Bega. Se poate constata că influența afluentului e majoră comparativ cu nivelurile de apă în acumularea Surduc.

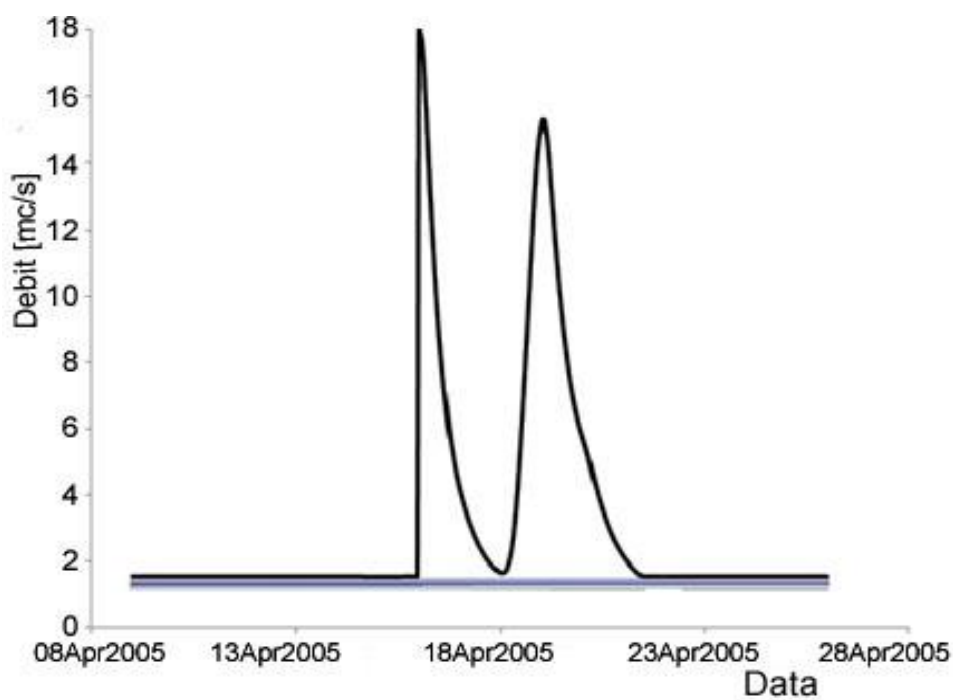


Figura 5.6a. Hidrograf pe râul Gladna, aval de barajul Surduc

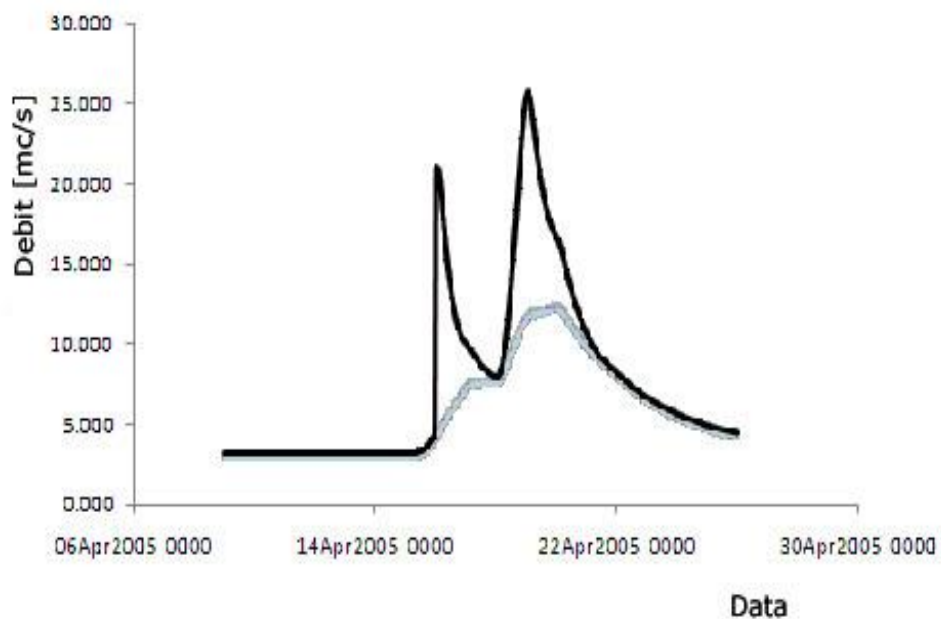


Figura 5.6b. Hidrograf la stația BG-J1, la 10 km aval de acumularea Surduc

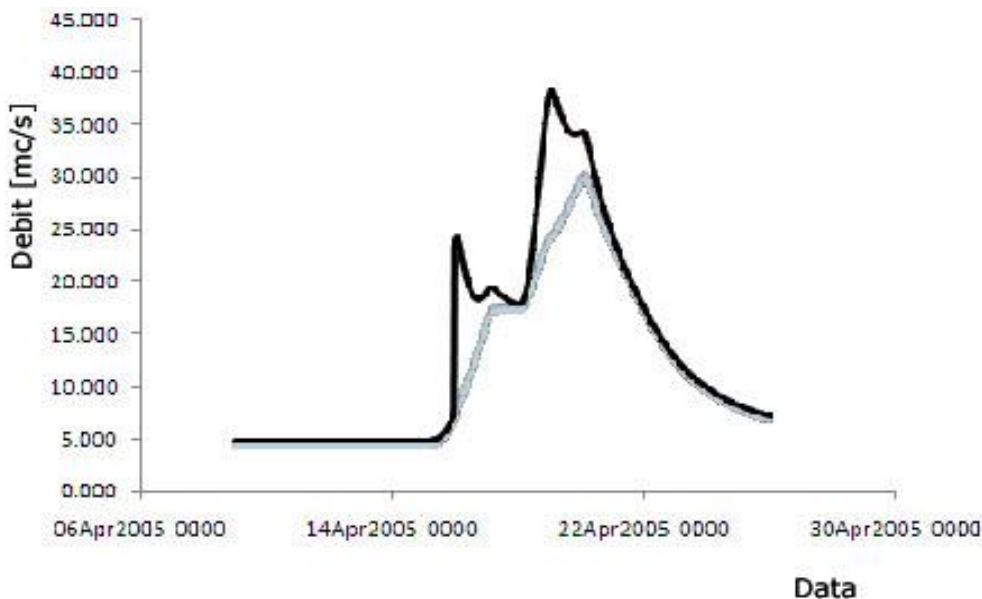


Figura 5.6c. Hidrograf la stația BG-J2, la 30 km aval de stația de BG-J1

DEM. Modelul Sobek din bazinul hidrografic Timiș-Bega este cel mai complex și reprezintă partea consumatoare de timp din modelul integrat. După testarea posibilității utilizării calculului „cloud” și automatizarea de manipulare a datelor pentru rularea diferitelor scenarii, scopul studiului de față este acela de a se concentra asupra aplicabilității calculului distribuit, prin folosirea de sisteme de tip "cluster computing" la modelele complexe și consumatoare de timp. Din acest motiv, rezultatele privind hărțile de inundabilitate, care au fost realizate în baza modelului de simulare Sobek 1D2D, au fost folosite pentru analiza erorilor datorate terenului. Modelul Sobek folosit pe această suprafață rulează o simulare în aproximativ 1,5 ore și folosește 17.7 GB de memorie pentru fiecare simulare.

Modelul Sobek al bazinului hidrografic Timiș -Bega, a fost rulat pe un grup de computere conectate în sistem de rețeaua LAN. Numărul de computere disponibile în grup a fost mai mic decât numărul de scenarii necesare a fi rulate și din acest motiv, inițial a fost creată o listă a modelelor (scenariilor) ce urmau a fi rulate, și acestea au fost ordonate într-o așa numită "listă" de așteptare, pentru a fi simulate pe cluster-ul de computere. De îndată ce un scenariu a fost gata pe un computer, următorul scenariu a fost preluat pentru a fi simulat pe grupul de computere. Numărul de simulări efectuate în grup utilizând diferite setări ale modelului digital al terenului a fost de 500. Pe baza rezultatelor provenite de la cele 500 de modele, au fost realizate hărți de probabilitate a celulelor terenului, de a fi inundate, probabilitate denumită în cele ce urmează ca "probabilitate de inundare a celulei de reprezentare a terenului" (PIC). PIC se definește ca și o relație a numărului inundărilor unei celule în comparație cu numărul total de simulări

efectuate. Probabilitatea de inundare a celulei (PIC) este formulată după cum urmează:

$$PCI = \frac{\sum C_i}{N} \quad (2)$$

Unde:

PIC = probabilitatea de inundare a celulei

C_i = 1 dacă celula i este inundată și 0 în caz contrar

N = numărul total de scenarii de simulare

5.3 Hărți de inundabilitate

În studiul de față, s-au realizat diferite hărți PIC luând în considerare procentajul în care anumite celule au fost inundate, procentaj calculat din numărul total de simulări luate în considerare. Hărțile astfel obținute au fost denumite 10% PIC, 50% PIC, 90% PIC, depinzând de probabilitatea celulelor de a fi inundate.

Astfel de hărți au fost comparate cu imaginea MODIS înregistrată la evenimentul de viitură din 2005. Între 10% PIC și imaginea MODIS există o corespondență mare, astfel că atât pe imaginea MODIS cât și în modelul Sobek, apa din râul Timiș ajunge în râul Bega, și traiectoria de curgere la granița dintre România și Serbia este aceeași (Figura 5.7).

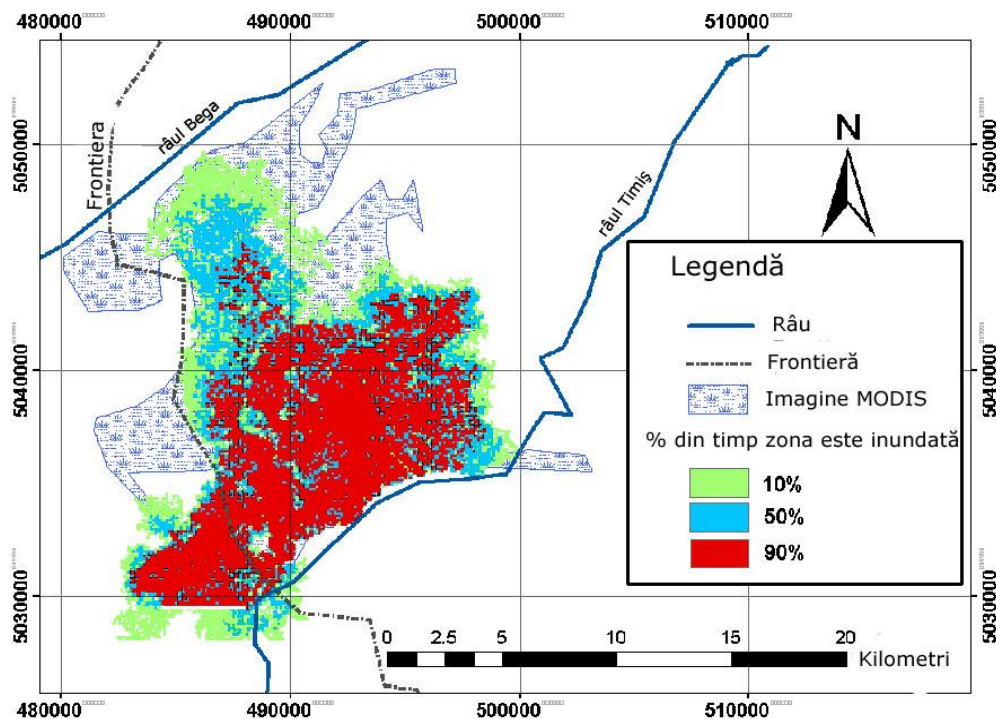


Figura 5.7. Amplasarea inundațiilor simulate și a celor conform imaginii MODIS

Hărțile PIC de 90% și 50% se află, de asemenea, în zona acoperită de imaginea MODIS, dar cu mai puține suprapuneri între imaginea MODIS și hărțile PIC. Urmând traiectoria hărților PIC, este ușor de găsit tiparul inundației. Se începe prin inundarea zonei acoperită de harta PIC 90% , apoi de harta PIC 50%, și în cele din urmă a zonei acoperită de harta PIC de 10% . Astfel, zona imaginii MODIS care nu este acoperită de harta PIC de 10% poate fi definită ca zonă cu celulele cu o probabilitate de a fi inundate mai mică de 10%. Întrebarea logică care se pune este de cât de multe simulări / scenarii de hărți de erori ale DEM-ului sunt necesare pentru a avea o reprezentare corectă a hărților PIC. Pentru a răspunde la această întrebare, au fost comparate trei tipuri de hărți, și anume: hărți ale întinderii medii a inundației, hărți PIC și abaterea standard pentru adâncimea de apă a zonei inundate.

Analizând hărțile PIC pentru un număr diferit de simulări (figurile 5.8a, 5.8b, 5.8c și 5.8d), întinderea inundației în sine este similară pentru toate situațiile analizate.

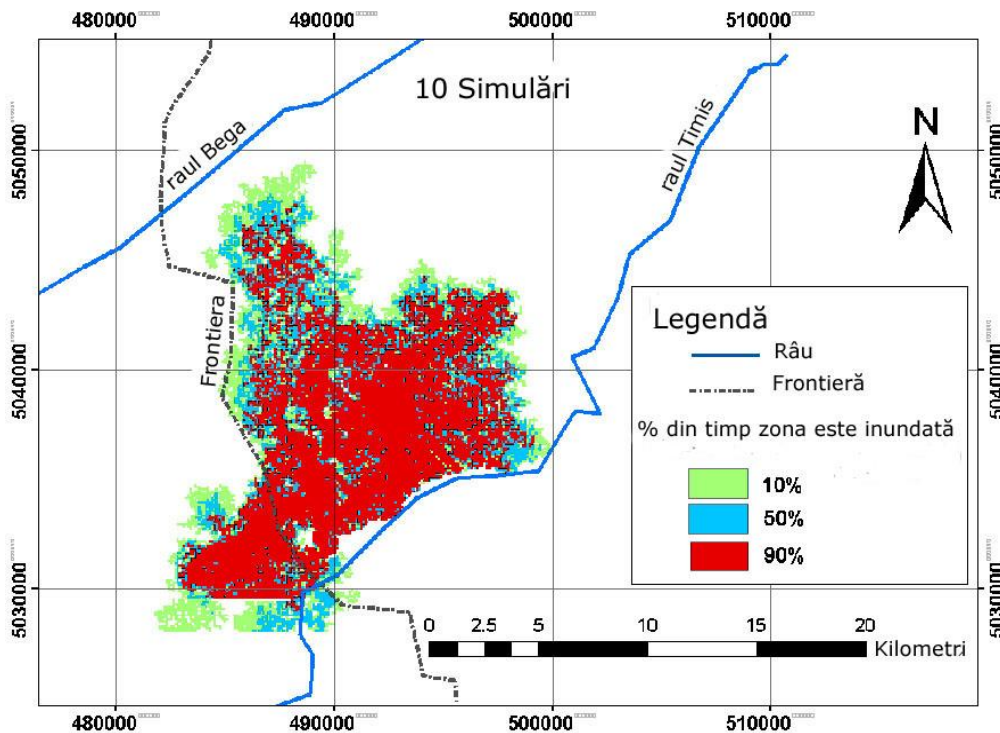


Figura 5.8a. Harta PIC pentru 10 simulări

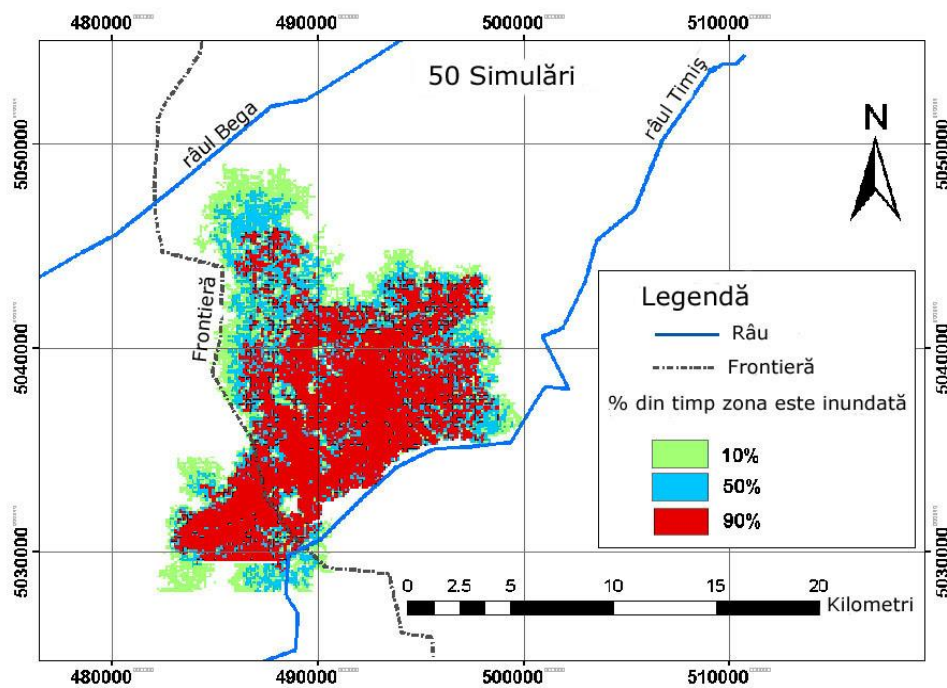


Figura 5.8b. Harta PIC pentru 50 simulări

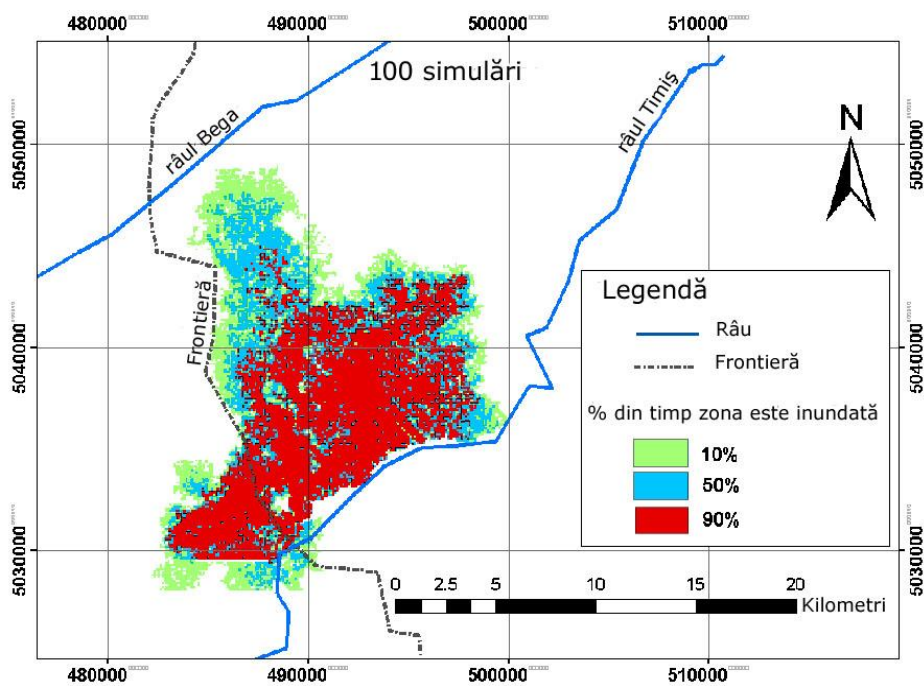


Figura 5.8c. Harta PIC pentru 100 simulări

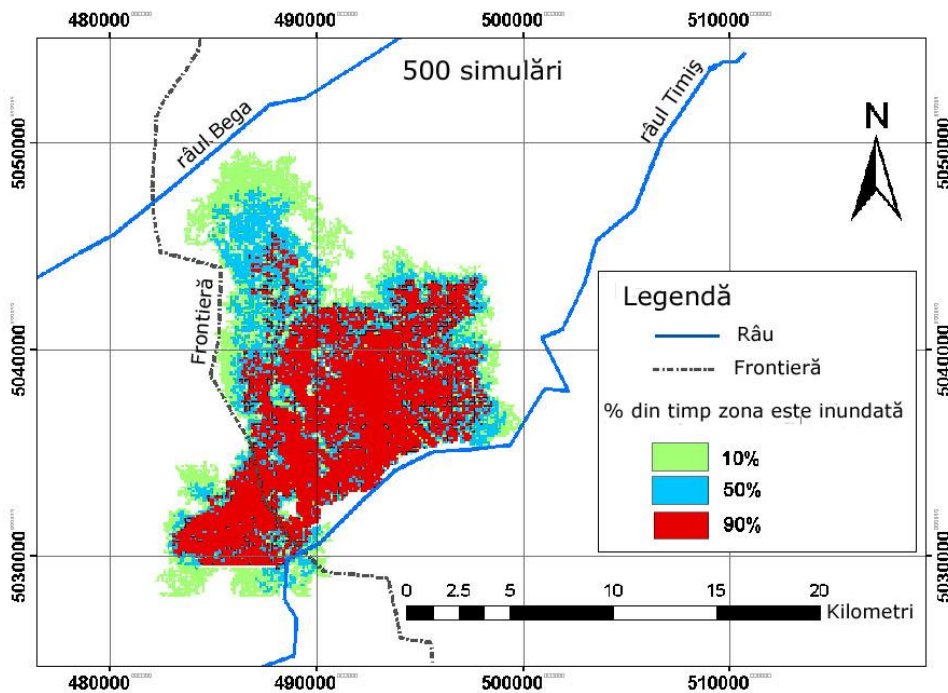


Figura 5.8d. Harta PIC pentru 500 simulări

Majoritatea celulelor de calcul sunt inundate în cazul simulărilor de 90%, apoi hărțile PIC de 50% sunt localizate într-o zonă care înconjoară PIC de 90%, mai puțin o zonă mai mică înconjurătoare care este inundată 50% din timp, și o zonă exterioară care este inundată 10% din timp. Deși există celule care sunt inundate cu o probabilitate dată și care nu sunt inundate pentru o probabilitate diferită, tiparul general al inundării este același. Hărțile obținute sunt rezonabile, deoarece celulele cu probabilitate mai mică sunt cele mai îndepărtate. Aceste diferențe cresc pe măsură ce crește adâncimea de apă a inundației.

Pentru analiză și reprezentare, adâncimile apei din zonele inundate au fost împărțite în 3 categorii: sub 1 m, între 1 și 2 m, și mai adâncă de 2 m (figurile 5.9a, 5.9b, 5.9c și 5.9d). În toate cazurile hărțile PIC au un tipar similar, și pot fi corelate cu tiparul propagării inundațiilor.

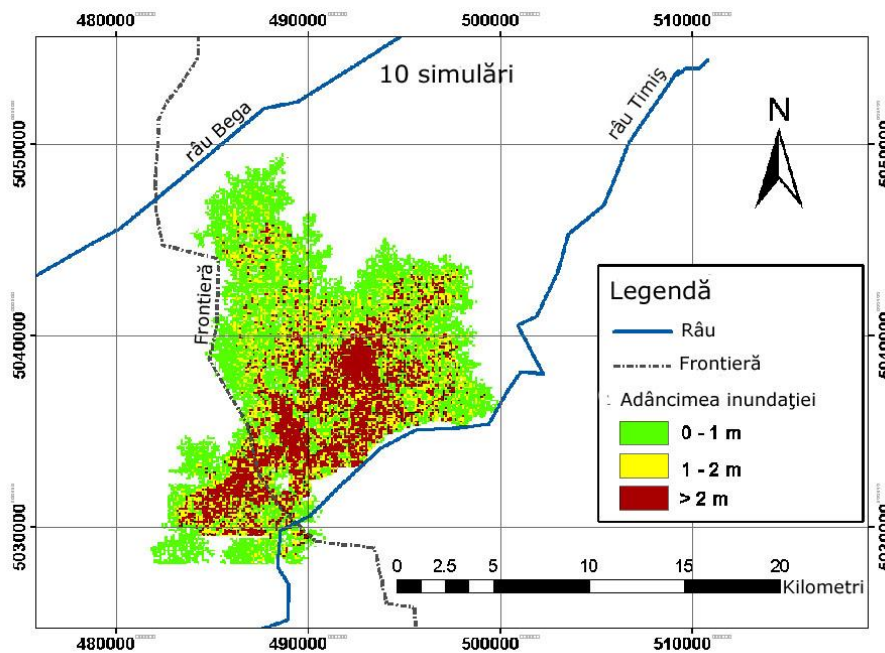


Figura 5.9a. Adâncime medie a inundației pentru 10 simulări

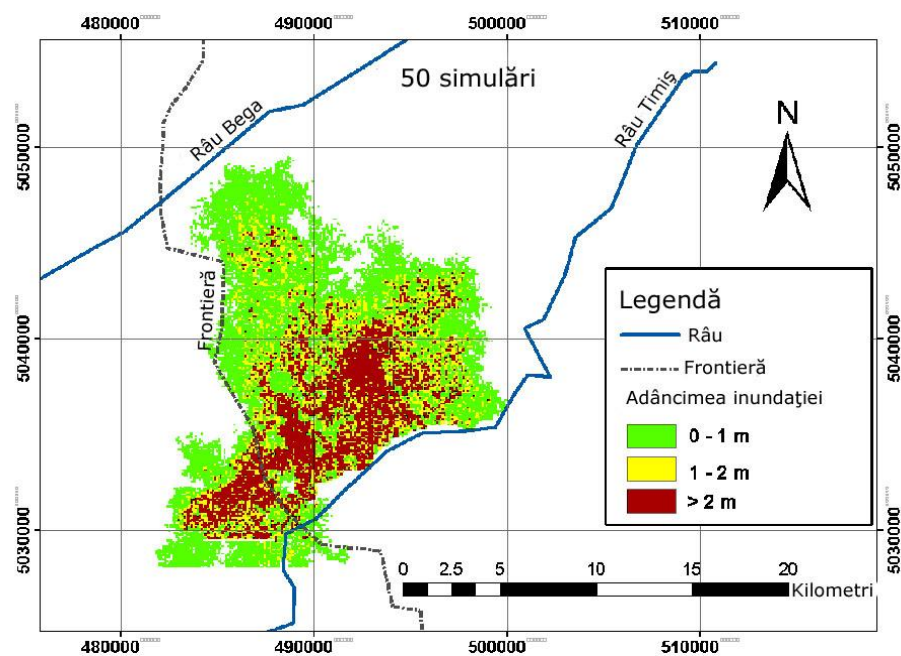


Figura 5.9b. Adâncime medie a inundației pentru 50 simulări

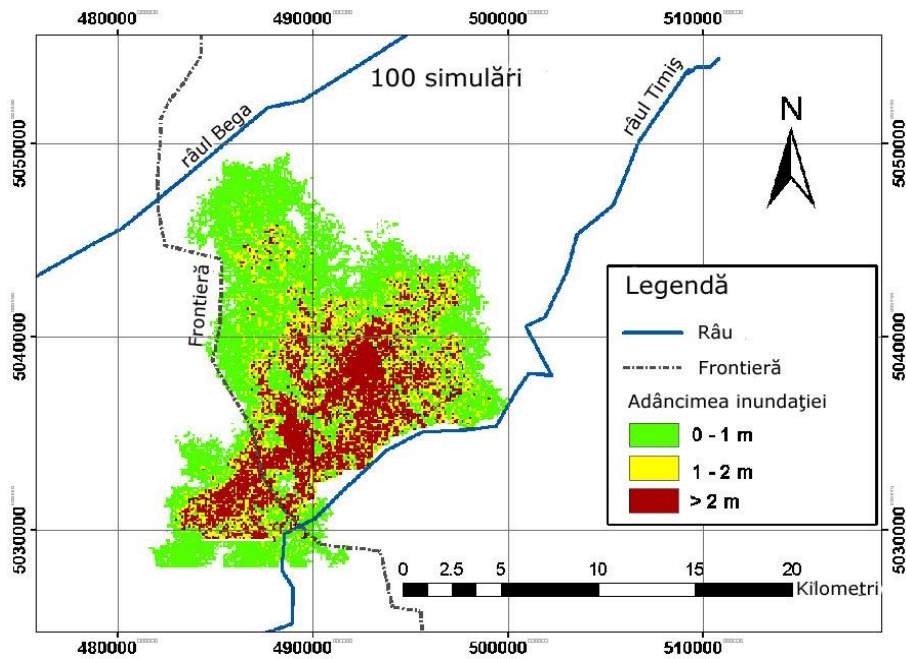


Figura 5.9c. Adâncime medie a inundației pentru 100 simulări

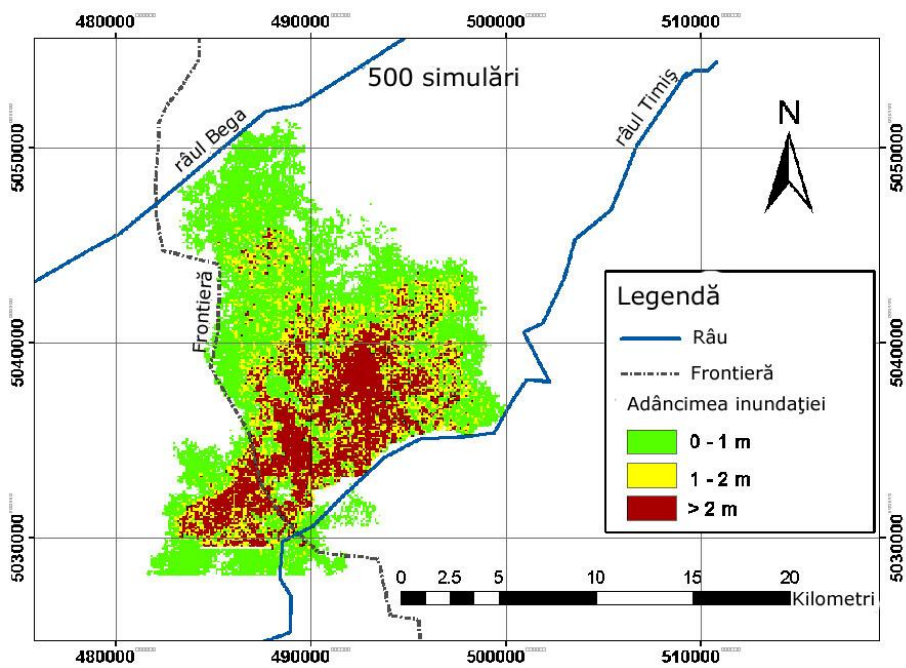


Figura 5.9d. Adâncime medie a inundației pentru 500 simulări

Celulele cu adâncimea apei în zona inundată mai mare de 2 metri, sunt cele mai apropiate de râul Bega, și ar putea fi considerate nu numai cele mai periculoase, dar și primele care vor fi inundate. Celulele cu o inundare mai mică de 1 metru sunt localizate în regiunea exterioară a zonei inundate. Deși inundarea totală și adâncimea apei în zona inundată mai mare de 1 m sunt asemănătoare, există o diferență notabilă pentru adâncimile apei mai mari de 2 m, care ar putea fi considerată ca fiind zona cea mai critică. În unele cazuri, suprafața afectată este o zonă continuă, pentru adâncimi de viitură similare, în timp ce se pot observa celule izolate în cazul în care adâncimile de inundare sunt diferite. Totuși, în regiunea externă ar putea fi observate celule izolate. Aceste celule fac întotdeauna parte din grupul cu cea mai mică probabilitate de inundare, astfel că acestor celule le-ar putea fi asociat un grad scăzut de risc. Aceste hărți pot fi foarte utile atunci când se face evaluarea hazardului la inundații, având în vedere că inundările cu adâncimi de apă mari sunt mai periculoase decât cele mai puțin adânci.

Deși rezultatele par similare, atunci când se fac comparații între hărți, pe scară largă (pe arii mari), la un focus în teren, la o scară mai detaliată, se pot observa diferențe, dacă se compară celulă cu celulă, diferențe la adâncimea apei din celulele inundate. Analiza acestor diferențe a fost făcută prin utilizarea erorii de deviație standard. Deviația standard a celulelor inundate din fiecare hartă PIC a fost analizată pentru un număr diferit de simulări (Tabelul 5.1).

Nr. de simulari	$\sigma=0-1$ m	$\sigma =1-2$ m	$\sigma < 2$ m
1	-	-	-
5	0.2930	0.1360	0.1560
10	0.0663	0.1803	0.2467
25	0.1015	0.0599	0.1597
50	0.0942	0.0101	0.1056
100	0.2286	0.3760	0.6036
200	0.2714	0.1602	0.4316
400	0.0180	0.0446	0.0626

Table 5.1. Abaterea medie pătratică standard, pentru diferite intervale de adâncime de apă ale inundației

Analizând deviația standard se poate observa că pentru un număr mic de simulări nu doar deviația standard este mai mare, dar este de asemenea neuniformă. De exemplu, figura 5.10a, 5.10b, 5.10c și 5.10d arată că pentru 10 simulări există puține celule vecine cu deviația similară, în timp ce pentru 500 de simulări regiunile deviației date sunt grupate în zone continue.

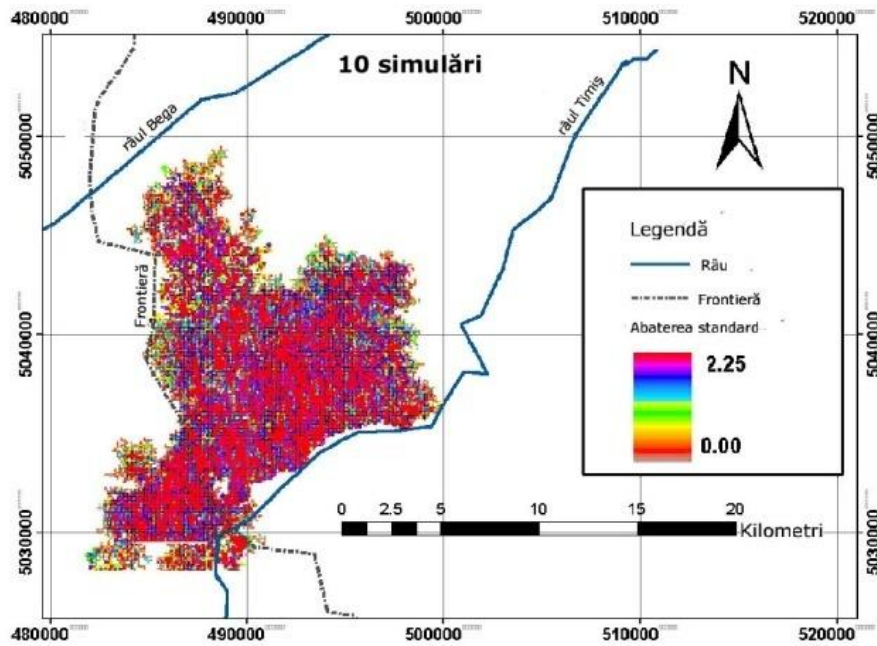


Figura 5.10a. Abaterea standard a adâncimii apei pentru 10 simulări

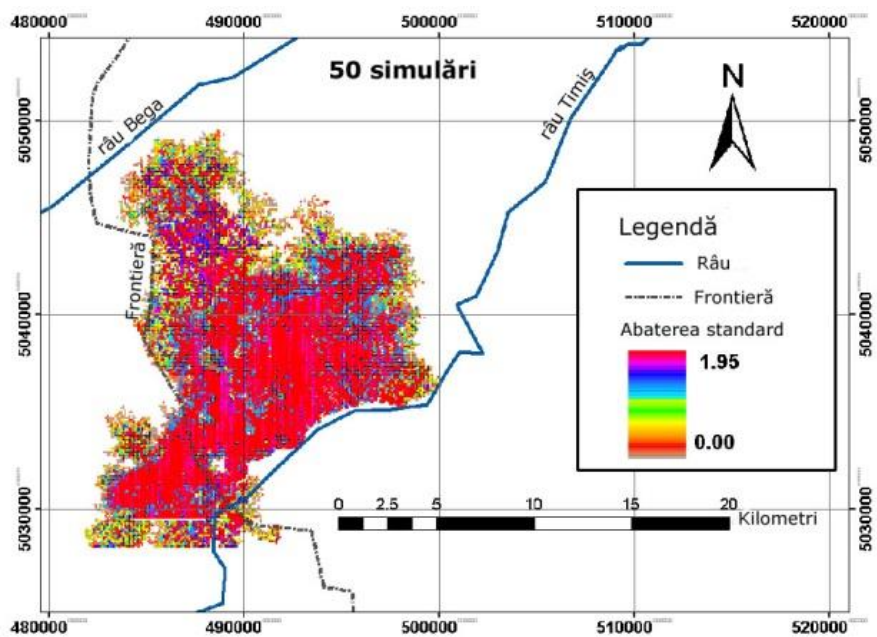


Figura 5.10b. Abaterea standard a adâncimii apei pentru 50 simulări

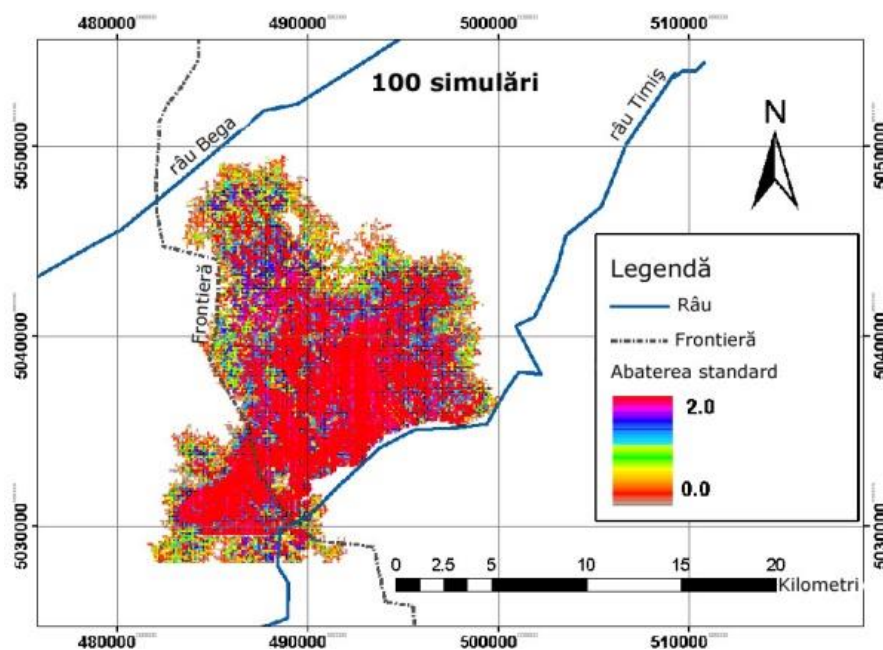


Figura 5.10c. Abaterea standard a adâncimii apei pentru 100 simulări

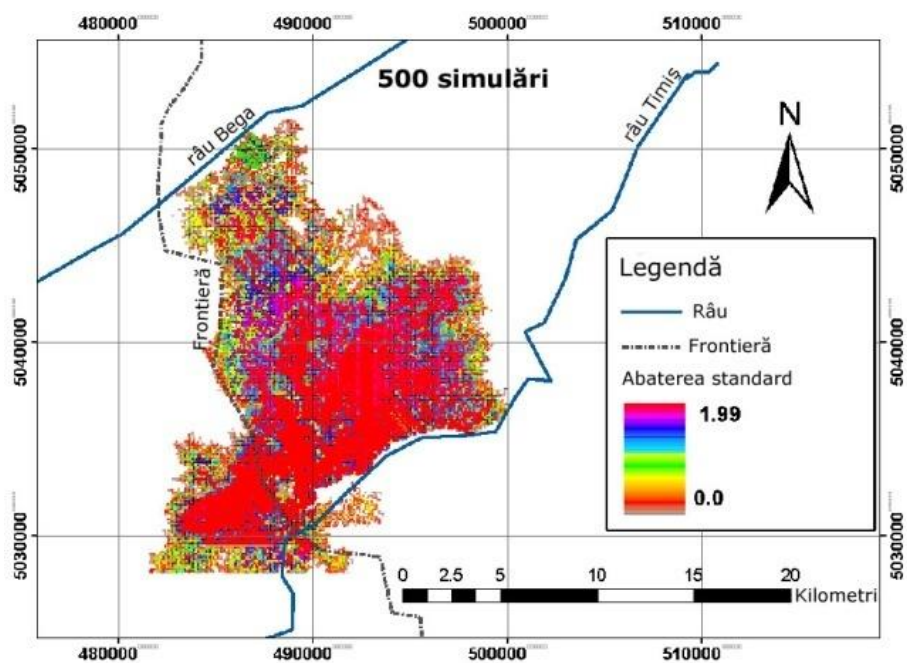


Figura 5.10d. Abaterea standard a adâncimii apei pentru 500 simulări

Grupând adâncimile în categorii (mai mici de 1 m, între 1 m și 2 m și mai adânci decât 2 m), arată, importanța și îmbunătățirea rezultatelor, atunci când este crescut numărul de simulări. De exemplu, în tabelul 1 este ușor de constatat că, pentru 5 simulări și o inundare mai mică de 1 m, abaterea standard este de 0,3 m, așadar este aproape 30% din deviație, în timp ce pentru 500 de simulări și aceeași adâncime deviația standard descrește până la 0.018. Mai mult decât atât, s-a constatat că deviațiile standard ale adâncimii scad pe măsură ce numărul de simulări crește. De asemenea, deviația standard devine mai uniform distribuită pe măsură ce numărul simulărilor cresc.

5.3.1. Avantajul folosirii resurselor de calcul de tip "cloud computing"

Analiza erorilor implicate în modelele HEC-HMS și HEC-RAS din Timiș-Bega au fost testate pe servicii de calcul de tip „cloud”. Datorită suprafeței mari a ariei bazinului de retenție influența erorilor inițiale, în nivelul lacului de acumulare, asupra hidrografelor de debite din lacuri nu pare să fie importantă.

Strategia de eșantionare aleasă a avut nevoie de aproximativ 100 rulări ale modelului HEC-HMS, urmate de 100 de rulări ale modelului HEC-RAS. O singură simulare HEC-HMS a durat aproximativ 13 secunde, și rularea în bucla a 99 simulări pe un singur computer a durat puțin mai mult de 22 minute. Pe de altă parte, rularea a 99 de simulări pe mai multe calculatoare în paralel reduce timpul total de simulare. De exemplu, cu 5 computere 99 simulări pot fi obținute în mai puțin de 4 minute. Numărul de simulări care a fost necesar de realizat, a avut o influență directă asupra beneficiilor rulării a mai multor computere în paralel: cu cât sunt realizate ,mai multe simulări, cu atât se salvează mai mult timp prin rularea mai multor computere în paralel. Pentru un număr mic de simulări timpul total este asemănător, în timp ce pentru mai multe simulări timpul salvat este considerabil. În cazul de față, timpul economisit pentru 10 sau 5 simulări este aproape același, însă pentru 99 de simulări se câștigă foarte mult din timpul de simulare. Figura 5.11 prezintă o relație logaritmică între numărul de computere utilizat la simulare versus timpul de simulare.

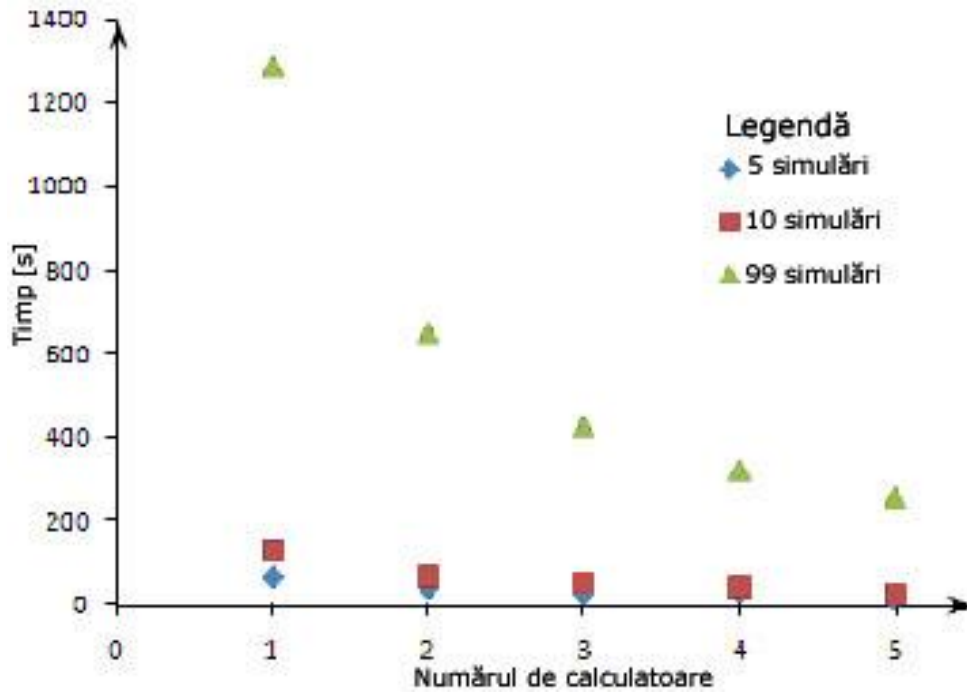


Figura 5.11. Timpul de simulare necesar rulării modelului HEC-HMS folosind resurse de calcul distribuite

În cazul unui model mai complex cum este HEC-RAS unde o singură simulare durează în jur de 10 minute, chiar și pentru un număr mic de simulări (10 simulări) beneficiile economisirii de timp sunt mult mai evidente. Pe un singur computer, au fost rulate 10 simulări în aproximativ 100 de minute, în timp ce pe 2 computere rularea a durat în jur de 50 minute, fiind astfel economisită o oră întreagă.

Figura 5.12 arată relația logaritmică dintre numărul de calculatoare versus timp de simulare.

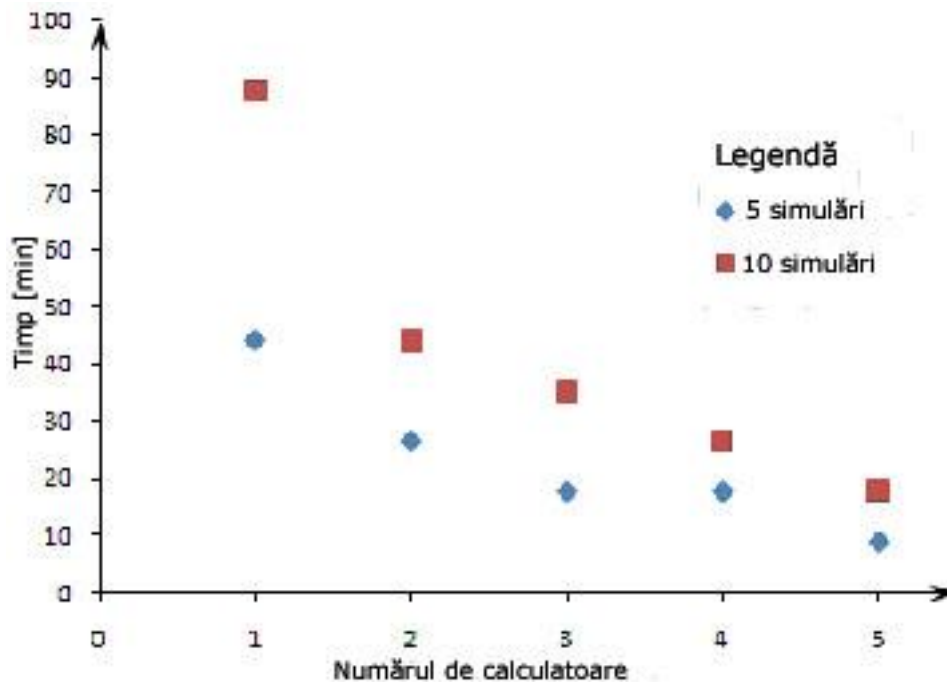


Figura 5.12. Timpul de simulare necesar rulării modelului HEC-RAS folosind resurse de calcul distribuite

Cea mai complexă și consumatoare de timp parte a modelului matematic al bazinului Timiș-Bega este partea de simulare care utilizează programul SOBEK. O rulare a modelului în SOBEK, durează aproximativ 1.5 ore pentru fiecare scenariu de simulare. Avantajul rulării mai multor scenarii pe computere paralele este considerabil. Dacă 100 de simulări sunt realizate pe un singur computer, timpul va fi de aproximativ 150 de ore, în timp ce pe 5 computere timpul se reduce la doar 30 de ore. Cât despre modelul HEC-RAS, relația tendinței logaritmice în ceea ce privește relația numărul de calculatoare versus timp de simulare este înfățișată în figura 5.13. Astfel, deoarece toate cazurile arată aceeași tendință logaritmică, se poate concluziona că există un număr maxim de calculatoare ce rulează în paralel, și care economisesc timp, dincolo de acest număr orice computer în plus nu va mai economisi timp.

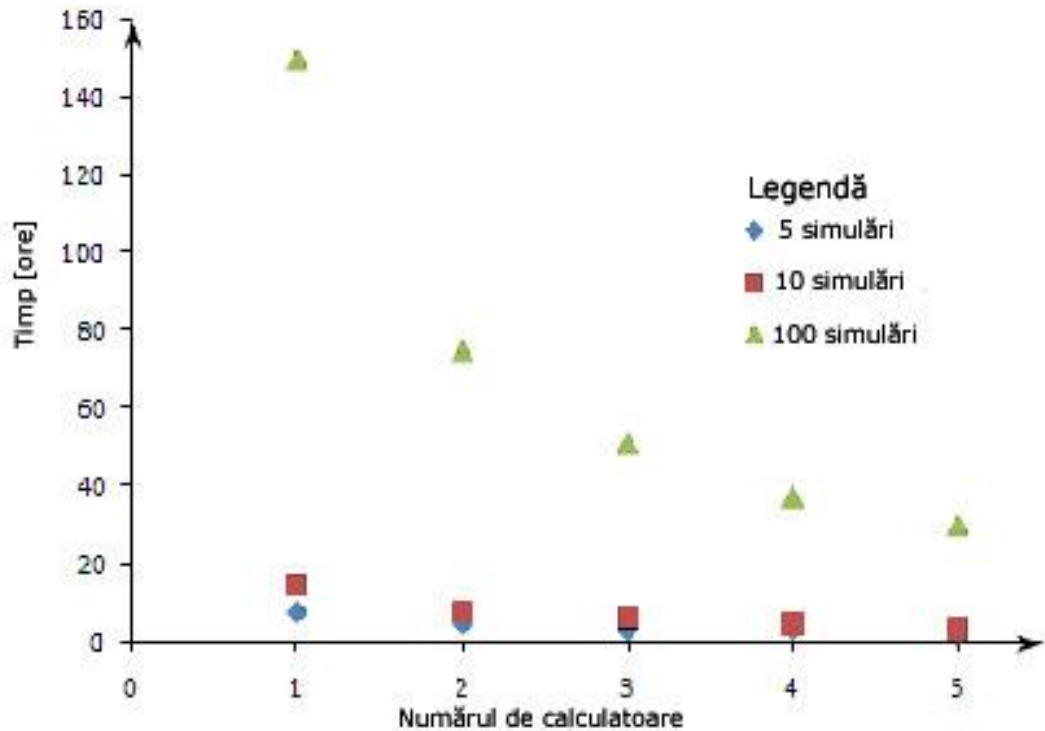


Figura 5.13. Timpul de simulare necesar rulării modelului Sobek folosind resurse de calcul distribuite

Pentru a ușura sarcinile transferului de date și realizării modelului între diferite tipuri de modele ale modelului Timiș-Bega, modelele componente ale acestuia au fost integrate. Avantajul în a salva timp cu ajutorul modelelor integrate a fost mult mai mare decât s-a preconizat. Deși actualizarea unor date de intrare a reprezentat o muncă curentă de bază, în timpul execuției un inginer specialist în modelare, are nevoie de un timp, pentru a executa aceste operații de bază, între 5 secunde și 2 minute, în funcție de model și de date. Pentru un număr mai mic de simulări acest lucru nu reprezintă o problemă, totuși, dacă sunt necesare un număr mare de simulări, aceasta devine o sarcină plictisitoare. Să luăm de exemplu, un număr de 100 de simulări, luând în considerare un caz normal (nici prea ușor, nici prea dificil), unde actualizarea și schimbarea de la un model la altul durează aproximativ 1 minut, în timp ce metoda integrată poate dura în jur de o secundă, ceea ce reduce considerabil timpul de calcul. De exemplu, actualizarea condițiilor inițiale și de graniță pentru simularea de scenarii pe un model HEC-HMS se face manual prin apăsarea unor taste și schimbarea unor ferestre, și durează pentru cazul particular al modelului Timiș – Bega aproximativ 30 de secunde.

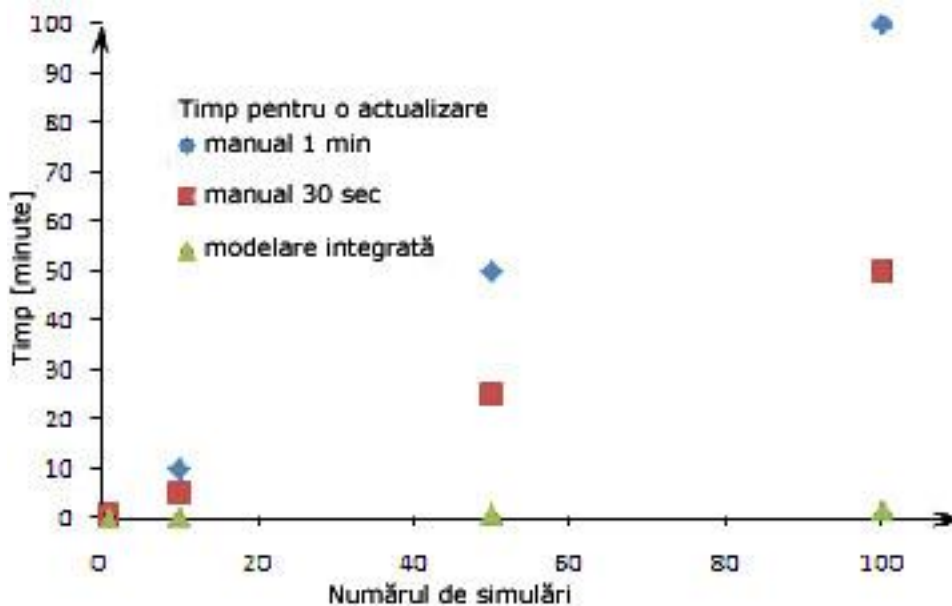


Figura 5.14. Timpul economisit în actualizarea datelor la modelele integrate

Totusi actualizarea datelor inițiale și de graniță în modelul HEC-RAS este mai complexă, deoarece implică schimbarea de fișiere, durând astfel în jur de un minut.

Figura 5.14 arată timpul câștigat prin automatizarea procesului de actualizare a condițiilor inițiale și de graniță ale modelelor pentru fiecare scenariu luat în considerare. În timp ce pentru actualizarea manuală timpul crește, atât pentru numărul de simulări cât și pentru timpul necesar actualizării, pe de altă parte, în cazul modelării integrate timpul este foarte scăzut indiferent de numărul simulărilor. Avantajul suplimentar al actualizării automate a fișierelor de intrare este de fapt evitarea posibilelor erori de transcriere.

5.3.2. Utilitatea folosirii sistemului de calcul pe resurse de calculatoare tip "cluster"

În cazul analizei erorilor DEM-ului, asupra rezultatelor extinderii ariei inundațiilor în caz de viituri, a reieșit că printr-un număr mic de simulări ca MPI (figura 5.15) este aproape zero, ceea ce înseamnă că eroarea este zero, în timp ce prin creșterea numărului de simulări MPI crește în progresie logaritmică până când atinge un punct stabil.

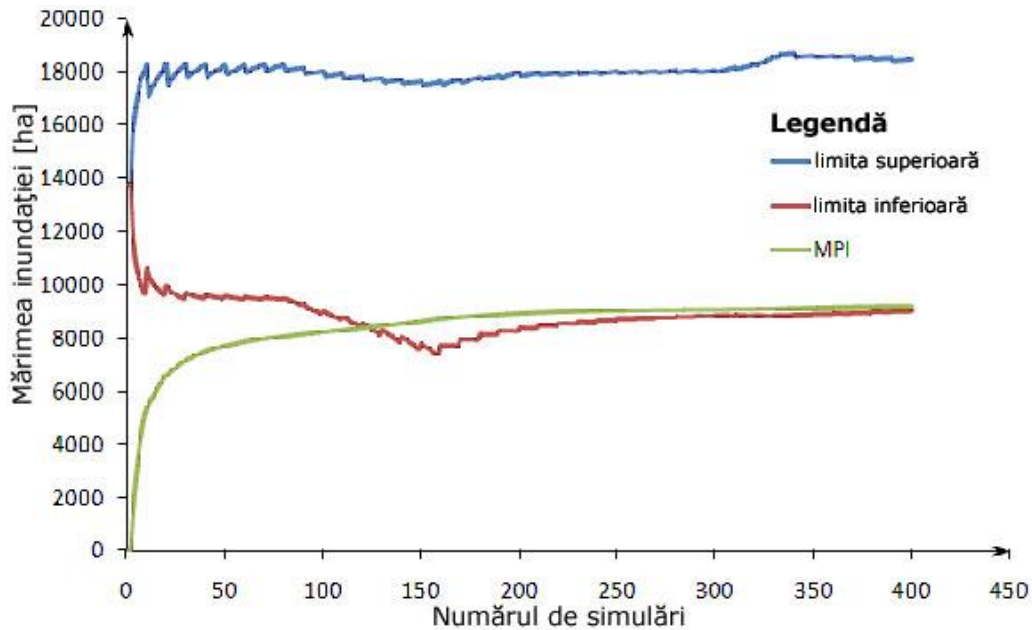


Figura 5.15. Intervalul de probabilitate necesar

Acest lucru conduce la concluzia că, printr-un număr mic de simulări erorile de calcul sunt relativ mari și am putea avea diferite rezultate pentru un număr diferit de simulări, în timp ce pentru foarte multe simulări eroarea introdusă începe să atingă un punct de stabilitate, de unde schimbările asupra rezultatelor obținute în urma simulării, sunt minore. De la acel punct MPI rămâne constant. Iată de ce putem spune că la atingerea punctului de stabilitate avem suficiente simulări pentru a avea rezultate de încredere.

Concluzii

Studiul de față demonstrează avantajele economiei de timp ce pot fi obținute prin utilizarea calculului distribuit, atunci când avem de a face cu sisteme hidraulice complexe. Mai mult decât atât, chiar și atunci când avem un singur calculator, cu acces la internet, acesta este suficient pentru a crea și a folosi mai multe computere care să efectueze simulări în paralel și care mai apoi dau posibilitatea analizării unei mari cantități de rezultate.

Procedura rulării mai multor scenarii în paralel, a fost implementată atât în cadrul serviciului de calcul „cloud”, cât și în cadrul unui calcul de grup local. Ambele alternative sunt avantajoase, deoarece ele permit obținerea unor rezultate, din mai multe scenarii în mai puțin timp. Totuși, deși folosirea resurselor de calcul de tip „cloud” are un mare potențial pentru aplicarea distribuției de calcul pentru un sistem hidraulic complex, cu costuri reduse, acesta încă presupune problema obținerii licenței atunci când se utilizează software-uri comerciale.

Atunci când avem de-a face cu eroarea datelor de intrare, așa cum este în acest caz DEM-ul terenului, devine importantă rulara mai multor simulări pentru a acoperi toate posibilele valori de incertitudine a datelor. În cazul de față, schimbarea elevației gridului în cadrul unei raze bine stabilite s-a dovedit a avea influență asupra întinderii inundației, unele celule fiind inundate în cea mai mare parte a timpului, fiind astfel considerate și cele mai periculoase. Mai mult, pe măsură ce numărul simulărilor crește, abaterea deviațiilor descrește, astfel încât rezultatele pot fi considerate ca fiind și mai de încredere.

Erorile influenței DEM-ului asupra inundării au fost analizate prin schimbarea elevației celulelor. Deoarece nu au fost disponibile informații asupra modului în care aceste erori ar putea apărea, a fost adoptată o tehnică simplă de prelevare a probelor și a fost schimbată în mod independent elevația celulelor. Această tehnică a arătat oportunitățile care se deschid prin luarea în considerare a posibilităților de aplicare a datelor de intrare DEM. Cu toate acestea este recomandat să se efectueze cercetări suplimentare privind tehnici mai elaborate de definire a erorilor celulelor DEM și elevației lor. Abordarea de față a considerării unui model matematic integrat și apoi de distribuție a calculului pe resurse computaționale oferite de internet deschid noi posibilități în ceea ce privește analiza erorilor, precum și combinarea erorilor provenite din surse diferite, cum ar fi erori hidrologice și hidraulice.

Procedura propusă pentru integrarea modelului și distribuției de calcul este o alternativă simplă și ieftină, care poate fi cu ușurință aplicată cazurilor unde este necesară o evaluare rapidă a diferitelor scenarii. În cazul de față au fost evaluate diferite DEM -uri, însă metodologia integrării modelului și a calculului „cluster” poate fi aplicată cu ușurință diferitelor măsuri de apărare împotriva inundațiilor chiar și celor integrate cu sisteme de prognozare.

CAPITOLUL 6 – INFLUENȚA DIGURILOR ASUPRA INUNDAȚIILOR TRANSFRONTARIERE

6.1 Introducere

Scopul acestui capitol este acela de a studia care este influența digurilor asupra tranzitării pe cursurile de apă îndiguite și în special influența digurilor în cazul particular al inundațiilor transfrontariere dintre România și Serbia.

Metodologia de lucru adoptată este aceea de a calcula debitele și nivelurile de apă în diferite puncte în lungul râului Timiș, pornind de la descrierea curgerii hidraulice a râului dată de ecuația lui Bernoulli.

Ecuația lui Bernoulli, poate fi scrisă diferențial astfel: (Fig. 1) :

$$dZ + d\left(\frac{\alpha * V^2}{2 * g}\right) + JE * dX = 0 \quad (1)$$

cu formulele Chézy și Manning:

$$i = V^2 / (C^2 * R) \quad (2)$$

$$C = R^{1/6} / n \quad (3)$$

unde:

- X - abscisă;
- Z - cota suprafeței libere;
- V - viteza medie în secțiune;
- α - coeficientul Coriolis;
- g - accelerația gravitației;
- i - panta;
- R - raza hidraulică;
- C - coeficientul Chézy;
- n - coeficientul de rugozitate.

Înlocuind (3) în (2) și exprimând viteza prin debitul (Q) raportat la aria secțiunii transversale a curentului (A), rezultă:

$$i = (Q * n / A / R^{2/3})^2 \quad (4)$$

sau

$$i = (Q / K)^2 \quad (5)$$

unde s-a notat cu K modulul de debit:

$$K = A * R^{2/3} / n \quad (6)$$

În cazul albiilor compuse (albia minoră + mai multe majore, inclusiv brațe ale albiei minore, care se descriu ca majore cu coeficient de rugozitate specific de minoră) se impun precizările :

* Modulul de debit total K a unei secțiuni de calcul, la o cota dată, rezultă din cumularea modulelor de debit parțiale:

$$K = K_1 + K_2 + K_3 + \dots \quad (7)$$

Calculule se fac plecând de la o condiție limită aval constituită din o cheie limnimetrică obișnuită

Metodologia de determinare a influenței vegetației de pe tronsonul Boka-frontieră asupra regimului nivelurilor din secțiunea Grăniceri, în condițiile existenței unor diguri insubmersibile pe tronsonul respectiv, constă într-un șir de operațiuni :

- Obținerea și prelucrarea datelor topobatimetrice și topografice, prin stabilirea secțiunilor pentru stațiile hidrometrice și a profilelor transversale corespunzătoare;

- Obținerea și prelucrarea datelor de bază hidrologice care vor fi folosite pentru definirea condiției limită aval și hidrograful de intrare în secțiunea limită amonte, stabilirea debitelor de calcul și calibrarea modelului (cheie/chei de plecare, niveluri maxime înregistrate la viituri la diferite mire de exploatare, etc);

- Calibrarea modelului (realizată pentru o cheie limnimetrică din secțiunea Boka, existentă în anul în care au fost ridicate profilele de pe tronsonul în cauză). Debiturile de calibrare vor trebui să acopere întreaga plajă de valori corespunzătoare atât scurgerii sub cota malurilor albiei minore cât și a celor care se află în zona de interes a celor două părți. Valorile de calcul ale debitelor vor trebui să verifice cheia sau cheile limnimetrice din pozițiile posturilor de control din amonte.

Sectorul analizat pe râul Timiș este delimitat în aval pe teritoriul Serbiei până în secțiunea stației hidrometrice Boka, iar în amonte până în zona localității Șag.

6.2 Influența vegetației

6.2.1. Influența îndepărtării vegetației de pe sectorul Boka – frontieră asupra nivelurilor de pe teritoriul românesc

Modelul hidraulic de calcul utilizat, conform metodologiei descrise anterior se bazează pe un număr de 39 profile topografice prin albia minoră și majoră a râului Timiș între Tomașevaț și Șag (inclusiv zona Boka – Cebza) în care au fost introduse și releveele podurilor existente pe teritoriul românesc.

În această secvență a studiului a fost utilizată numai porțiunea care asigură descrierea geometriei albiei între Grăniceri și Șag. Coeficienții de rugozitate adoptați, care au caracterizat albia râului Timiș amonte de Frontiera de Stat româno-sârbă s-au stabilit astfel:

- Coeficientul de rugozitate în albia minoră pe tronsonul românesc al r. Timiș între frontieră și Șag $n=0.032-0.048$

- Coeficienți de rugozitate constanți, în albia majoră pe tronsonul românesc al r. Timiș între frontieră și Șag ($n=0.070-0.085$)

- Închiderea modelului s-a realizat pe cheia limnimetrică Șag

Analiza cheii de plecare Grăniceri ("0" miră = 71.41 mdMN) în variantele :

- Ro1 - Cheie romanească (poziție inferioară) 1998
- Ro2 - Cheie romanească (poziție medie) 1998;
- Ro3 - Cheie romanească (poziție superioară) 1998;
- S1 - Cheie Serbia la frontieră (2001) - starea actuală a vegetației pe tronsonul Boka - Frontieră (realizarea unui culoar curățat de 130 - 200 m. lățime)

S2 - Cheie Serbia în ipoteza îndepărtării complete a vegetației de pe tronsonul Boka - frontieră

Precizări :

- Variantele Ro1, Ro2 și Ro3 au fost furnizate părții iugoslave în anul 1998
- Variantele S1 și S2 sunt posibil afectate de lipsa efectului de remuu a podurilor existente pe tronsonul Boka - frontieră

Q(mc/s)	RO1 (mdMN)	RO2 (mdMN)	RO3 (mdMN)	S1(mdMN)	S2(mdMN)
200	77.57	78.02	78.62	-	-
300	78.47	78.77	79.22	-	-
400	79.07	79.32	79.72	-	-
500	79.52	79.82	80.17	-	-
600	79.92	80.17	80.57	-	-
700	80.27	80.52	80.97	80.51	80.23
800	80.57	80.87	81.27	80.80	80.50
900				81.02	80.72
1000	81.17	81.42		81.25	80.92
1100	81.42			81.44	81.09
1200	81.62	81.97		81.69	81.26

Tabel 6.1. Analiza cheii de plecare Grăniceri

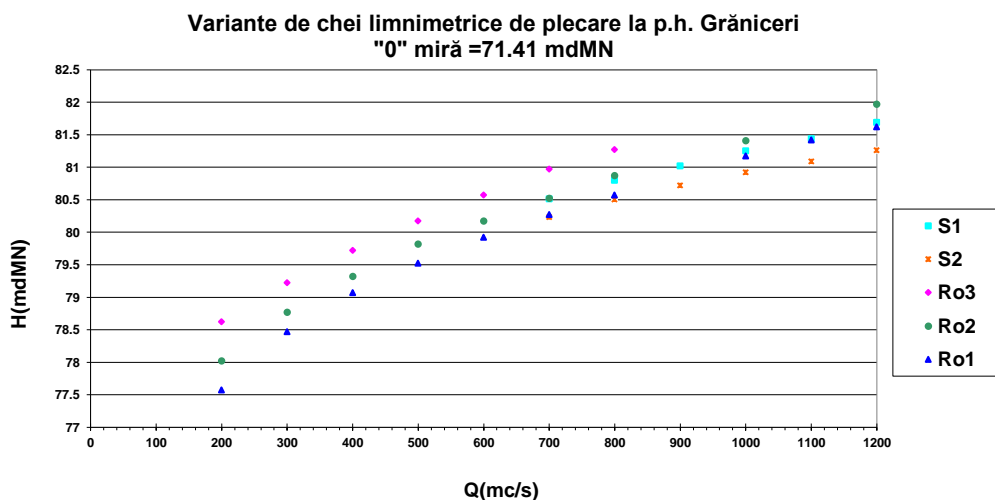


Figura 6.1. Reprezentarea grafică a variantelor de chei la Grăniceri

În ipoteza în care drept condiție limită aval pentru modelul matematic de simulare a scurgerii în regim permanent se adoptă, în secțiunea profilului CSA 2 (Grăniceri) varianta medie a cheii limnimetrice "S1" (*situație existentă*), rezultatele operației de calibrare a valorilor coeficienților de rugozitate din albia minoră și majoră, pe tronsonul Grăniceri - Șag se prezintă în figura 6.2. :

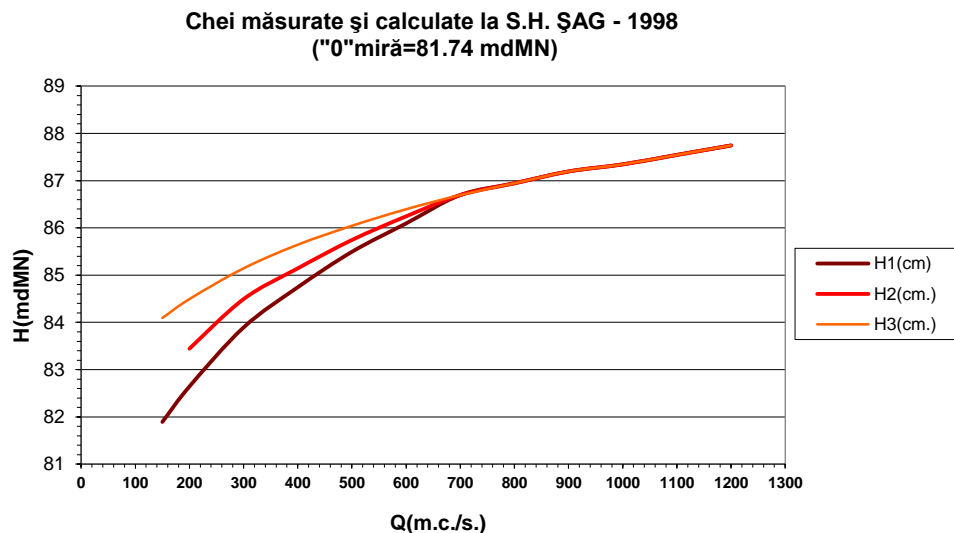


Figura 6.2. Reprezentarea grafică a variantelor de chei la P.H. ȘAG

Unde:

H1 – varianta minimală a cheii limnimetrice la Șag (material predat părții sârbe în 1998)

H2 – varianta medie (material predat părții sârbe în anul 1998)

H3 – varianta maximală (material predat părții sârbe în anul 1998)

Rezultatele calculelor de mișcare permanentă pe tronsonul Grăniceri – Șag, corespunzătoare gamei de debite de 800, 1000, 1100, 1200 și 1368m³/s obținute în ipotezele existenței culoarului curățat de albie (B=130 – 200 m) de pe teritoriul Serbiei imediat aval de Frontiera de Stat româno-sârbă și a ipotezei îndepărtării complete a vegetației pe tronsonul Boka – frontieră, se prezintă în subcapitolul 6.2.2. Rezultate, comparativ cu situațiile de tip Ro (chei românești în situația actuală de amenajare a tronsonului Boka – frontieră) și tip S (valori furnizate de partea sârbă)

S1 – Cheie Serbia la frontieră (2001) – starea actuală a vegetației pe tronsonul Boka – Frontieră (realizarea unui culoar curățat de 130 – 200 m. lățime)

S2 – Cheie Serbia în ipoteza îndepărtării complete a vegetației pe tronsonul Boka – frontieră

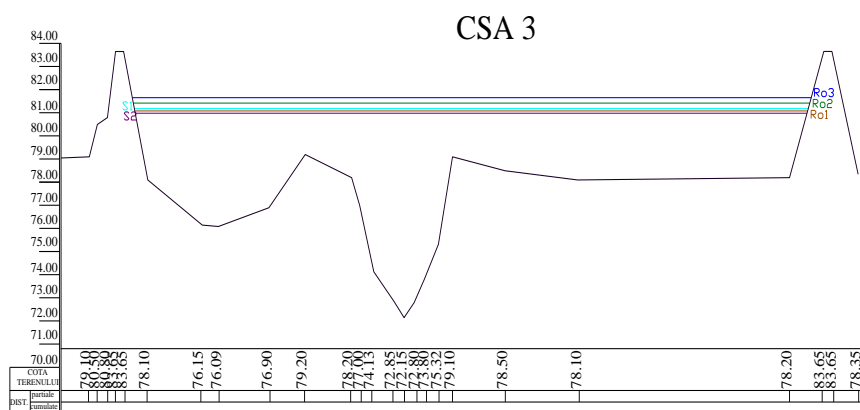
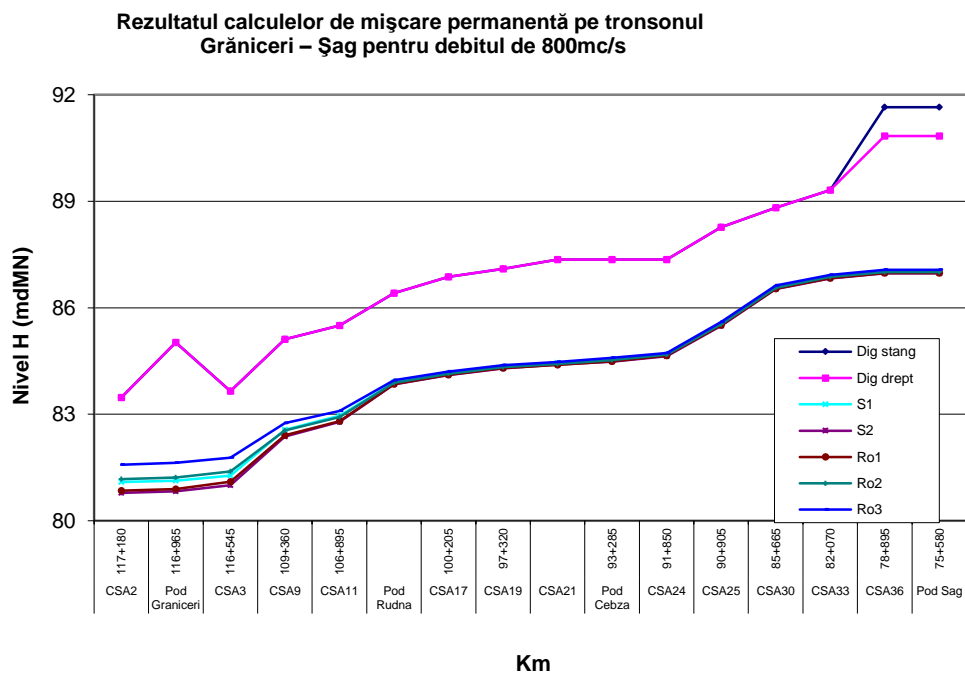


Figura 6.3. – 1. Rezultatul calculilor de mișcare permanenta pe tronsonul Grăniceri Șag pentru debitul de 800mc/s

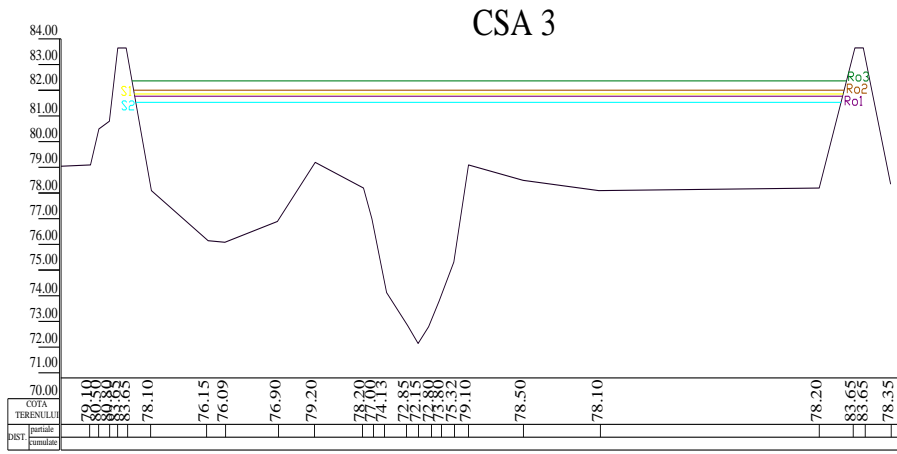
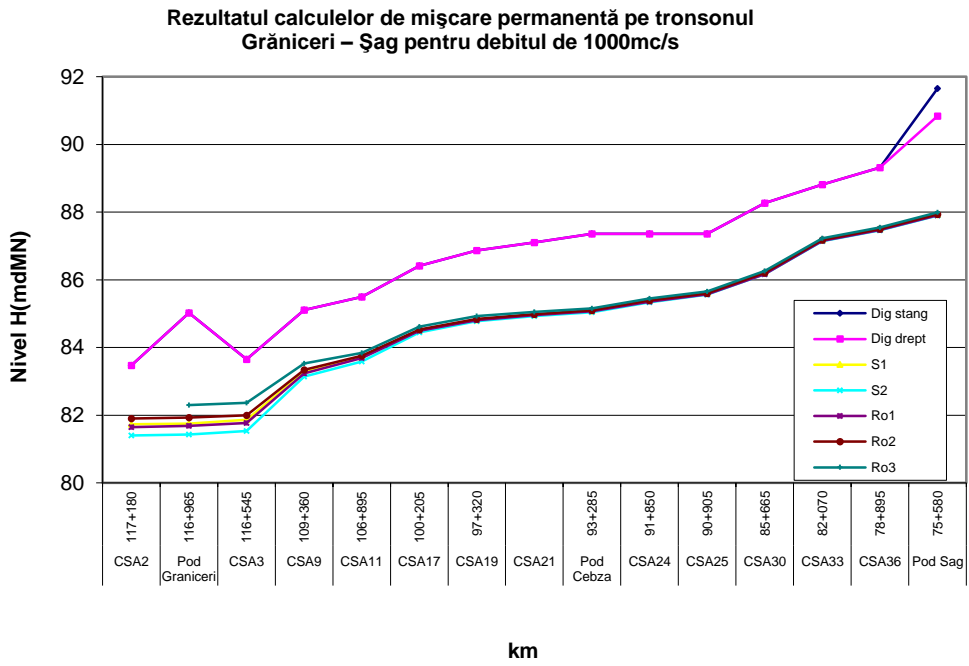


Figura 6.3.- 2. Rezultatul calculilor de mișcare permanenta pe tronsonul Grăniceri Șag pentru d ebitul de 1000mc/s

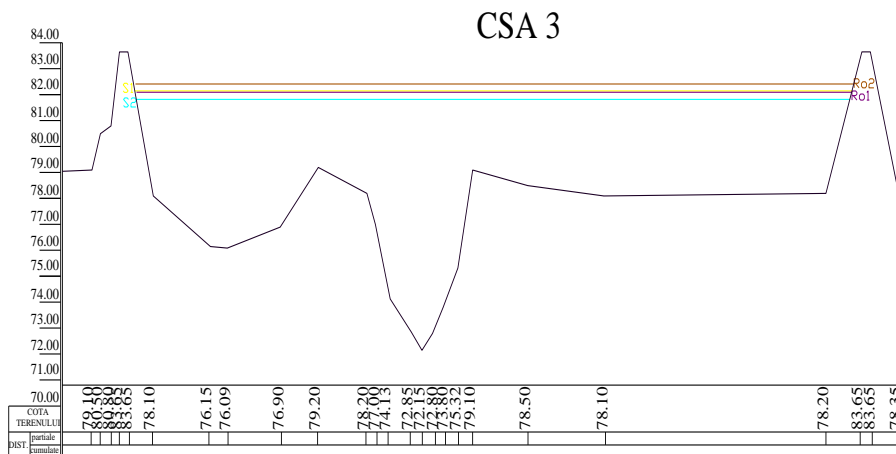
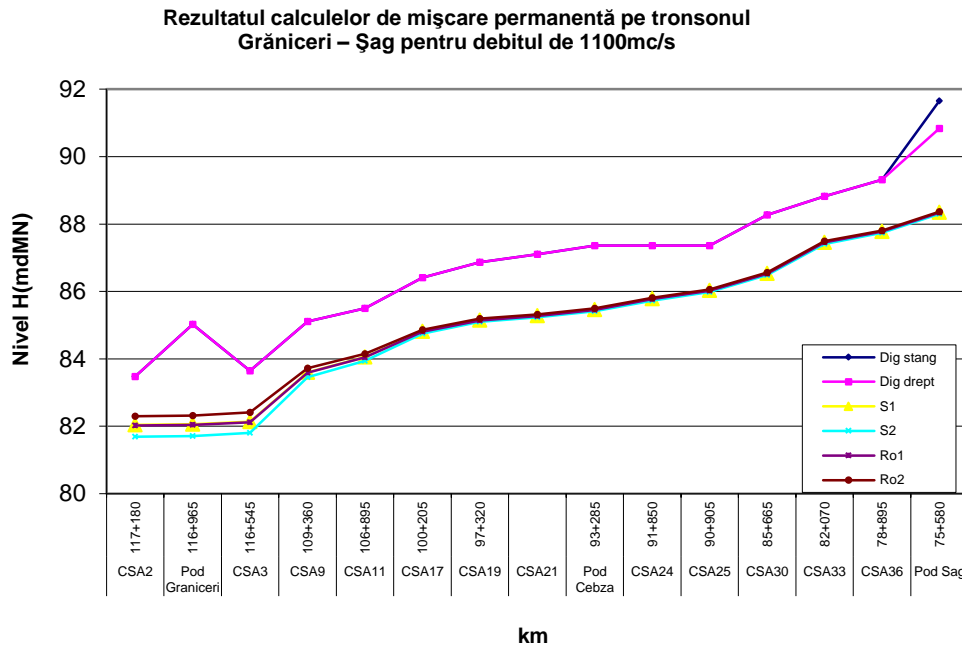


Figura 6.3.- 3. Rezultatul calculului de mișcare permanentă pe tronsonul Grăniceri Șag pentru debitul de 1100mc/s

Rezultatul calculilor de mișcare permanentă pe tronsonul
Grâniceri – Șag pentru debitul de 1200mc/s

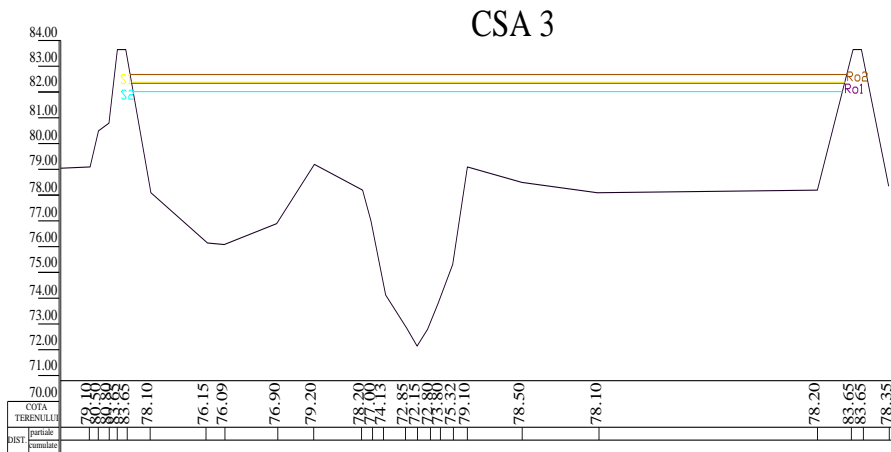
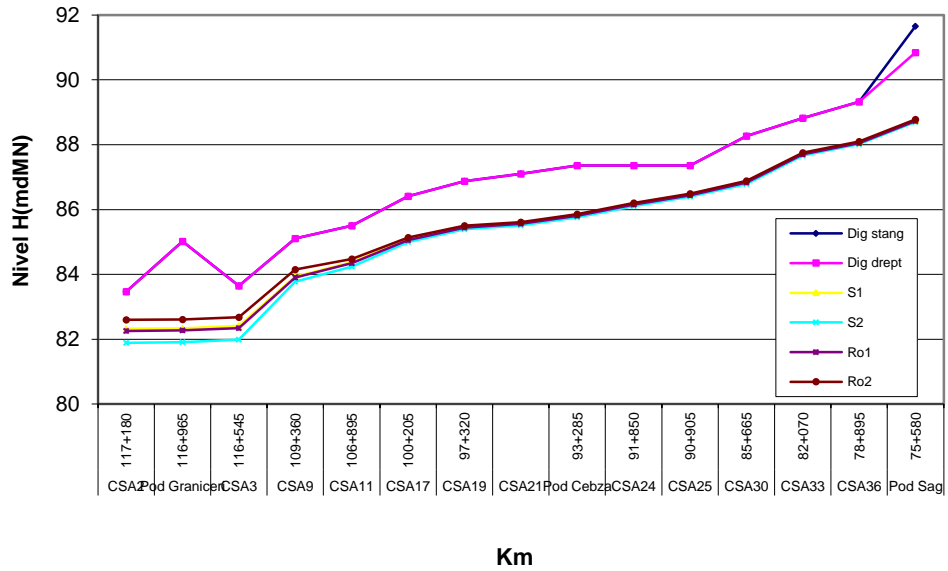


Figura 6.3.- 4. Rezultatul calculilor de miscare permanenta pe tronsonul
Grâniceri Șag pentru debitul de 1200mc/s

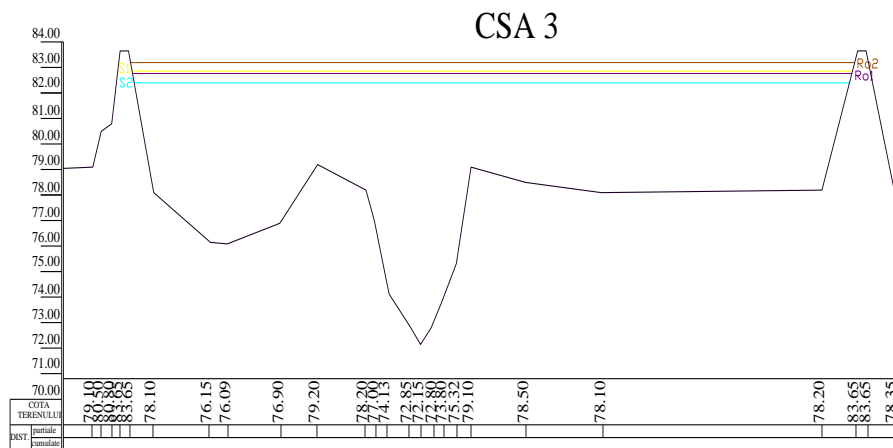
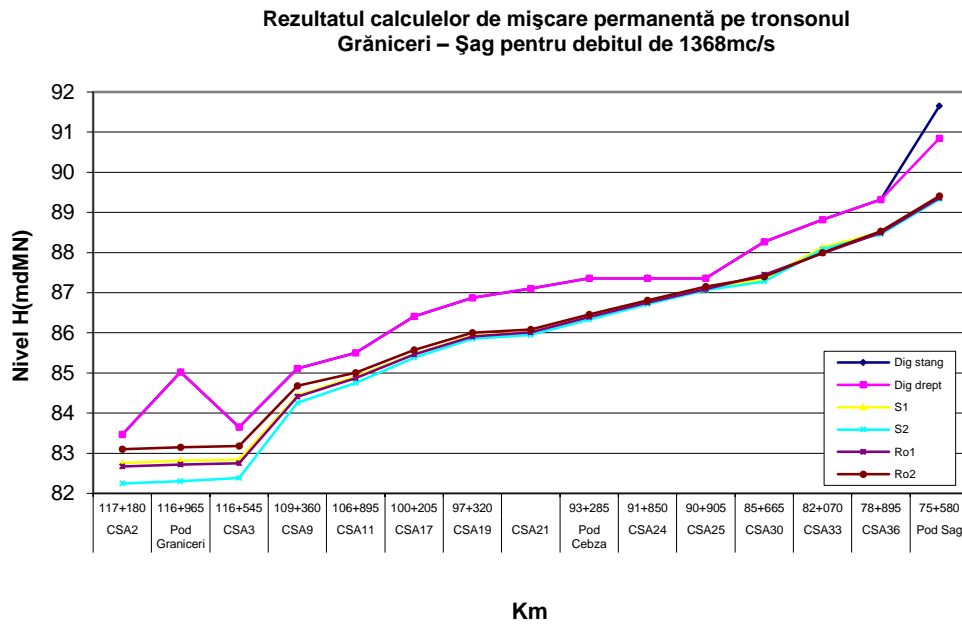


Figura 6.3.- 5. Rezultatul calculului de mișcare permanentă pe tronsonul Grăniceri Șag pentru debitul de 1368mc/s

6.2.2. Rezultate

Influența îndepărtării vegetației de pe sectorul Boka – frontieră asupra nivelurilor de pe teritoriul românesc

Profil	Km.	Dig sting	Dig dr	Tvg	Q=800 m ³ /s		Influența curatarii albiei	Q=800 m ³ /s		
					S1	S2		Ro1	Ro2	Ro3
CSA2	117+180	83.47	83.47	72.01	81.09	80.79	0.30	80.85	81.17	81.58
Pod Graniceri	116+965	85.02	85.02	71.48	81.13	80.83	0.30	80.89	81.22	81.63
CSA3	116+545	83.65	83.65	72.15	81.27	81.00	0.27	81.10	81.39	81.78
CSA9	109+360	85.11	85.11	73.70	82.56	82.37	0.19	82.41	82.54	82.75
CSA11	106+895	85.50	85.50	74.16	82.96	82.79	0.17	82.81	82.92	83.09
P Rudna										
CSA17	100+205	86.41	86.41	75.76	83.90	83.84	0.06	83.85	83.89	83.96
CSA19	97+320	86.87	86.87	76.41	84.15	84.10	0.05	84.11	84.14	84.20
CSA21		87.10	87.10	77.06	84.34	84.29	0.05	84.30	84.33	84.8
P. Cebza	93+285	87.36	87.36	75.75	84.45	84.40	0.05	84.39	84.42	84.47
CSA24	91+850	87.36	87.36	77.36	84.53	84.48	0.05	84.49	84.53	84.59
CSA25	90+905	87.36	87.36	76.75	84.68	84.64	0.04	84.65	84.68	84.73
CSA30	85+665	88.27	88.27	76.68	85.52	85.49	0.03	85.51	85.54	85.60
CSA33	82+070	88.82	88.82	78.08	86.56	86.53	0.03	86.54	86.57	86.63
CSA36	78+895	89.32	89.32	78.15	86.86	86.83	0.03	86.84	86.87	86.93
Pod Sag	75+580	91.65	90.84	78.50	87.01	86.97	0.03	86.98	87.01	87.07

Tabel 6.2. Influența îndepărtării vegetației în ipoteza Q = 800 mc/s

S1 – Cheie Serbia la frontieră (2001) – starea actuală a vegetației pe tronsonul Boka – Frontieră (realizarea unui culoar curățat de 130 – 200 m. lățime)

S2 – Cheie Serbia în ipoteza îndepărtării complete a vegetației de pe tronsonul Boka – frontieră

Profil	Km.	Dig stang	Dig drept	Tvg	Q=1000 m ³ /s		Influența curatarii albiei	Q=1000 m ³ /s		
					S1	S2		Ro1	Ro2	Ro3
C2	117+180	83.47	83.47	72.01	81.73	81.40	0.33	81.65	81.90	
Pod Graniceri	116+965	85.02	85.02	71.48	81.75	81.43	0.32	81.68	81.93	82.30
C3	116+545	83.65	83.65	72.15	81.86	81.53	0.33	81.77	82.00	82.37
C9	109+360	85.11	85.11	73.70	83.27	83.14	0.13	83.24	83.34	83.53
C11	106+895	85.50	85.50	74.16	83.71	83.59	0.12	83.69	83.76	83.84
C17	100+205	86.41	86.41	75.76	84.50	84.45	0.05	84.49	84.53	84.62
C19	97+320	86.87	86.87	76.41	84.82	84.78	0.04	84.81	84.84	84.93
C21		87.10	87.10	77.06	84.97	84.93	0.04	84.96	84.99	85.05
P. Cebza	93+285	87.36	87.36	75.75	85.08	85.04	0.04	85.07	85.10	85.16
C24	91+850	87.36	87.36	77.36	85.38	85.34	0.04	85.35	85.39	85.45
C25	90+905	87.36	87.36	76.75	85.60	85.56	0.04	85.57	85.60	85.66
C30	85+665	88.27	88.27	76.68	86.21	86.17	0.04	86.17	86.21	86.26
C33	82+070	88.82	88.82	78.08	87.17	87.14	0.03	87.15	87.18	87.23
C36	78+895	89.32	89.32	78.15	87.49	87.46	0.03	87.47	87.50	87.55
Pod Sag	75+580	91.65	90.84	78.5	87.93	87.90	0.03	87.91	87.94	87.99

Tabel 6.3. Influența îndepărtării vegetației în ipoteza Q = 1000 mc/s

Profil	Km.	Dig stang	Dig drept	Tvg	Q=1100 m ³ /s		Influenta curatarii albiei	Q=1100 m ³ /s		
					S1	S2		Ro1	Ro2	Ro3
C2	117+180	83.47	83.47	72.01	82.04	81.69	0.35	82.02	82.30	
Pod Graniceri	116+965	85.02	85.02	71.48	82.06	81.71	0.35	82.04	82.32	
C3	116+545	83.65	83.65	72.15	82.14	81.80	0.34	82.12	82.41	
C9	109+360	85.11	85.11	73.70	83.60	83.46	0.14	83.59	83.72	
C11	106+895	85.50	85.50	74.16	84.05	83.94	0.11	84.04	84.15	
C17	100+205	86.41	86.41	75.76	84.81	84.75	0.06	84.80	84.86	
C19	97+320	86.87	86.87	76.41	85.15	85.10	0.05	85.14	85.19	
C21		87.10	87.10	77.06	85.28	85.23	0.05	85.27	85.32	
P. Cebza	93+285	87.36	87.36	75.75	85.46	85.41	0.05	85.45	85.50	
C24	91+850	87.36	87.36	77.36	85.78	85.73	0.05	85.77	85.81	
C25	90+905	87.36	87.36	76.75	86.03	85.98	0.05	86.02	86.06	
C30	85+665	88.27	88.27	76.68	86.53	86.49	0.04	86.52	86.56	
C33	82+070	88.82	88.82	78.08	87.45	87.41	0.04	87.45	87.49	
C36	78+895	89.32	89.32	78.15	87.78	87.74	0.04	87.78	87.81	-
Pod Sag	75+580	91.65	90.84	78.50	88.35	88.30	0.04	88.34	88.37	-

Tabel 6.4. Influența îndepărtării vegetației în ipoteza Q = 1100 mc/s

Profil	Km.	Dig stang	Dig drept	Tvg	Q=1200 m ³ /s		Influenta curatarii albiei	Q=1200 m ³ /s		
					S1	S2		Ro1	Ro2	Ro3
C2	117+180	83.47	83.47	72.01	82.32	81.89	0.43	82.25	82.60	-
Pod Graniceri	116+965	85.02	85.02	71.48	82.33	81.91	0.42	82.27	82.61	-
C3	116+545	83.65	83.65	72.15	82.41	81.99	0.42	82.34	82.68	-
C9	109+360	85.11	85.11	73.70	83.93	83.77	0.16	83.90	84.15	-
C11	106+895	85.50	85.50	74.16	84.38	84.24	0.14	84.35	84.47	-
C17	100+205	86.41	86.41	75.76	85.08	85.00	0.08	85.06	85.14	-
C19	97+320	86.87	86.87	76.41	85.45	85.39	0.06	85.44	85.50	-
C21		87.10	87.10	77.06	85.57	85.51	0.06	85.56	85.61	-
P. Cebza	93+285	87.36	87.36	75.75	85.82	85.76	0.06	85.81	85.86	-
C24	91+850	87.36	87.36	77.36	86.16	86.10	0.06	86.15	86.20	-
C25	90+905	87.36	87.36	76.75	86.45	86.40	0.05	86.44	86.49	-
C30	85+665	88.27	88.27	76.68	86.84	86.79	0.05	86.83	86.88	-
C33	82+070	88.82	88.82	78.08	87.71	87.66	0.05	87.70	87.75	-
C36	78+895	89.32	89.32	78.15	88.06	88.02	0.04	88.05	88.10	-
Pod Sag	75+580	91.65	90.84	78.50	88.74	88.70	0.04	88.73	88.78	-

Tabel 6.5. Influența îndepărtării vegetației în ipoteza Q = 1200 mc/s

Profil	Km.	Dig stang	Dig drept	Tvg	Q=1368 m ³ /s		Influenta curatarii albiei	Q=1368 m ³ /s		
					S1	S2		Ro1	Ro2	Ro3
C2	117+180	83.47	83.47	72.01	82.76	82.25	0.51	82.67	83.10	-
Pod Graniceri	116+965	85.02	85.02	71.48	82.81	82.30	0.51	82.72	83.15	-
C3	116+545	83.65	83.65	72.15	82.84	82.38	0.46	82.75	83.18	-
C9	109+360	85.11	85.11	73.70	84.44	84.26	0.18	84.41	84.68	-
C11	106+895	85.50	85.50	74.16	84.91	84.75	0.16	84.87	85.01	-
C17	100+205	86.41	86.41	75.76	85.47	85.38	0.09	85.46	85.57	-
C19	97+320	86.87	86.87	76.41	85.93	85.85	0.08	85.91	86.00	-
C21		87.10	87.10	77.06	86.02	85.95	0.07	86.01	86.08	-
P. Cebza	93+285	87.36	87.36	75.75	86.40	86.33	0.07	86.39	86.46	-
C24	91+850	87.36	87.36	77.36	86.77	86.71	0.06	86.75	86.81	-
C25	90+905	87.36	87.36	76.75	87.11	87.06	0.05	87.09	87.15	-
C30	85+665	88.27	88.27	76.68	87.34	87.29	0.05	87.78	87.83	-
C33	82+070	88.82	88.82	78.08	88.13	88.08	0.05	87.65	87.70	-
C36	78+895	89.32	89.32	78.15	88.50	88.46	0.04	88.49	88.53	-
Pod Sag	75+580	91.65	90.84	78.50	89.37	89.33	0.04	89.36	89.41	-

Tabel 6.6. Influența îndepărtării vegetației în ipoteza Q = 1368 mc/s

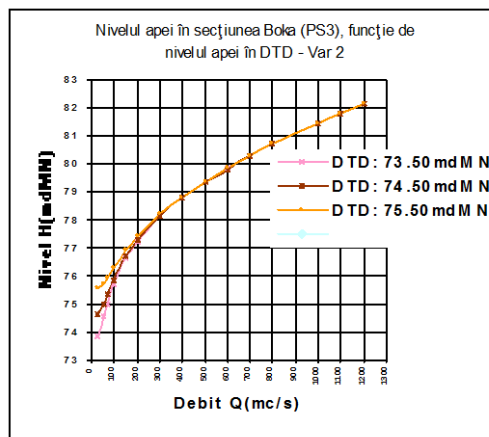
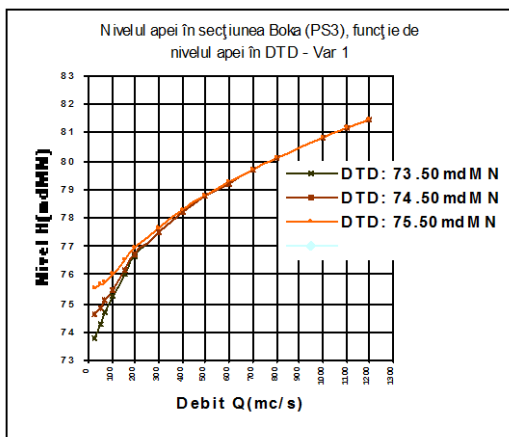
6.3 Influențele cotelor din secțiunea Boka asupra nivelurilor în secțiunile Jasa Tomici și Graniceri

6.3.1. Analiza influenței cotelor din canalul DTD asupra nivelurilor în secțiunile Boka, Jasa Tomici și Grăniceri

Se consideră: nivelul DTD : 73.50, 74.50 și 75.50 mdMN,

Varianta 1 (model Var1)

Varianta 2 (model Var2)



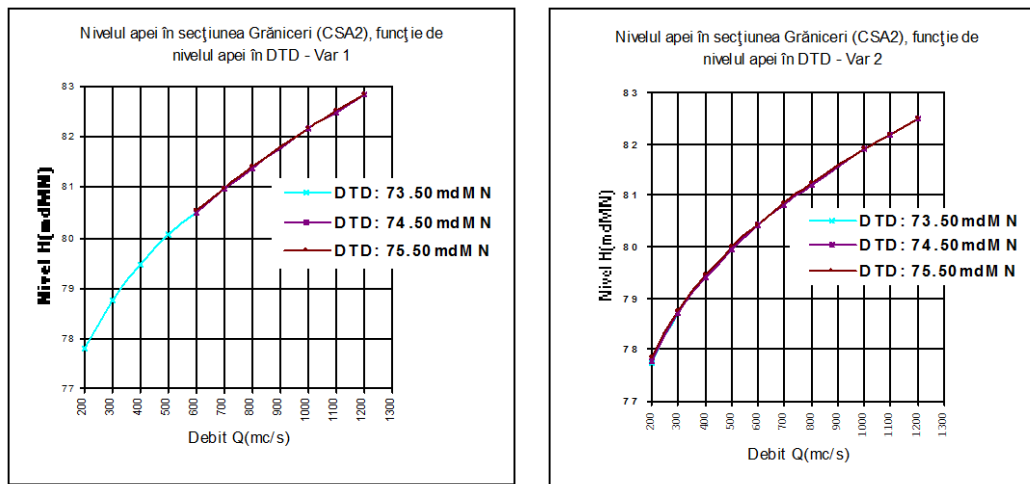


Figura 6.4. Influența valorilor cotelor din canalul DTD asupra nivelurilor în secțiunile Boka, Jasa Tomici și Grăniceri

6.3.2. Analiza influenței cotelor din secțiunea Boka asupra nivelurilor în secțiunile Jasa Tomici și Grăniceri în situația actuală a folosințelor din zona dig-mal pe tronsonul Boka – Jasa Tomici

Se consideră :

Grup variante Var1: model realizat pe baza profilelor care prezintă atât albiile majore ($n_{\text{major}}=0.12$ – constant) cât și minore ($n_{\text{minor}}=0.032$) în ipotezele:

$Q=800 \text{ m}^3/\text{s}$

Var1-1.0: Cota de plecare la Boka: 79.50 mdMN

Var1-2.0: Cota de plecare la Boka: 80.00 mdMN

Var1-3.0: Cota de plecare la Boka: 80.50 mdMN

Var1-4.0: Cota de plecare la Boka: 81.00 mdMN

$Q=1000 \text{ m}^3/\text{s}$

Var1-1.1: Cota de plecare la Boka: 80.00 mdMN

Var1-2.1: Cota de plecare la Boka: 80.50 mdMN

Var1-3.1: Cota de plecare la Boka: 81.00 mdMN

Var1-4.1: Cota de plecare la Boka: 81.50 mdMN

$Q=1100 \text{ m}^3/\text{s}$

Var1-1.2: Cota de plecare la Boka: 80.00 mdMN

Var1-2.2: Cota de plecare la Boka: 80.50 mdMN

Var1-3.2: Cota de plecare la Boka: 81.00 mdMN

Var1-4.2: Cota de plecare la Boka: 81.50 mdMN

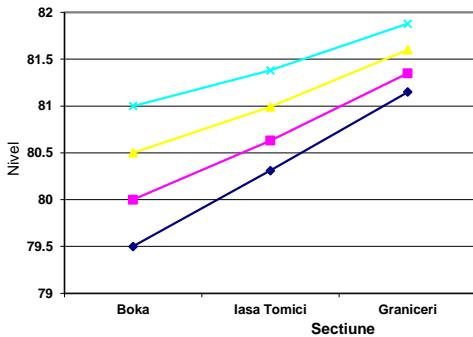
Grup variante Var2: model realizat pe baza profilelor care prezintă atât albiile majore ($n_{\text{major}}=\text{variabil}$) cât și minore ($n_{\text{minor}}=0.032$) în ipotezele :

$Q=800 \text{ m}^3/\text{s}$

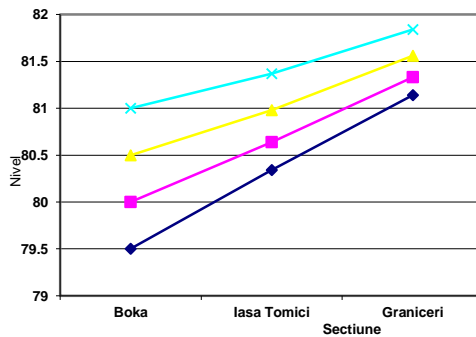
Var2-1.0: Cota de plecare la Boka: 79.50 mdMN

- Var2-2.0: Cota de plecare la Boka:80.00 mdMN
 Var2-3.0: Cota de plecare la Boka:80.50 mdMN
 Var2-4.0: Cota de plecare la Boka:81.00 mdMN
 Q=1000 m³/s
 Var2-1.1: Cota de plecare la Boka:80.00 mdMN
 Var2-2.1: Cota de plecare la Boka:80.50 mdMN
 Var2-3.1: Cota de plecare la Boka:81.00 mdMN
 Var2-4.1: Cota de plecare la Boka:81.50 mdMN
 Q=1100 m³/s
 Var2-1.2: Cota de plecare la Boka:80.00 mdMN
 Var2-2.2: Cota de plecare la Boka:80.50 mdMN
 Var2-3.2: Cota de plecare la Boka:81.00 mdMN
 Var2-4.2: Cota de plecare la Boka:81.50 mdMN

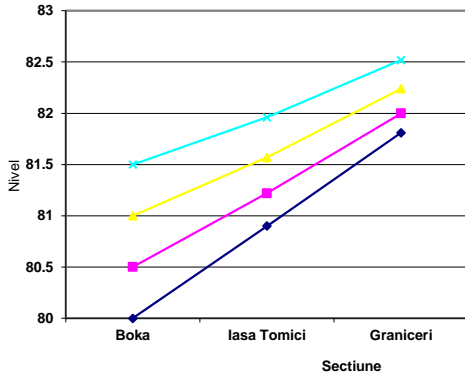
Influența valorilor cotelor din secțiunea Boka asupra nivelurilor în secțiunile Iasa Tomici și Grăniceri, Q = 800mc, Var 1



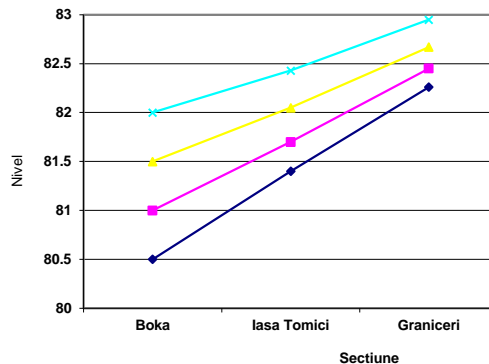
Influența valorilor cotelor din secțiunea Boka asupra nivelurilor în secțiunile Iasa Tomici și Grăniceri, Q = 800mc, Var 2



Influența valorilor cotelor din secțiunea Boka asupra nivelurilor în secțiunile Iasa Tomici și Grăniceri, Q = 1000mc, Var 1



Influența valorilor cotelor din secțiunea Boka asupra nivelurilor în secțiunile Iasa Tomici și Grăniceri, Q = 1000mc, Var 2



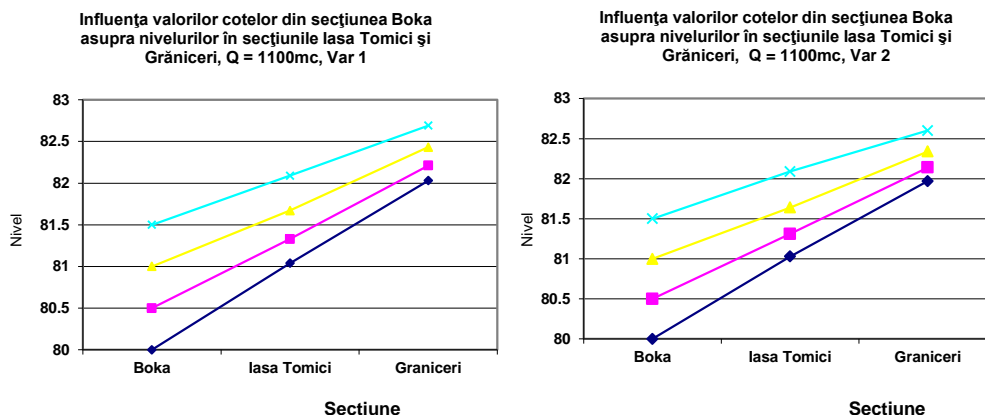


Figura 6.5. Influența valorilor cotelor din secțiunea Boka asupra nivelurilor la Jasa Tomici și Grăniceri în situația actuală, la debitele Q 800, 1000 și 1100mc/s

6.3.3. Analiza influenței cotelor din secțiunea Boka asupra nivelurilor în secțiunea Jasa Tomici și Grăniceri în condițiile eliminării vegetației de pe tronsonul Boka - frontieră cu România

Se consideră :

Grup variante Var1: model realizat pe baza profilelor care prezintă albie majoră (valori constante pentru n.albie majoră = 0.055-0.07 pe tronsonul Boka - frontieră) și minoră (n. albie minoră = 0.032), în variantele:

Q= 800 m³/s

Var1 - 1.3: Cota de plecare la Boka: 79.50 mdMN

Var1 - 2.3: Cota de plecare la Boka: 80.00 mdMN

Var1 - 3.3: Cota de plecare la Boka: 80.50 mdMN

Var1 - 4.3: Cota de plecare la Boka: 81.00 mdMN

Q=1000 m³/s

Var1 - 1.4: Cota de plecare la Boka: 80.00 mdMN

Var1 - 2.4: Cota de plecare la Boka: 80.50 mdMN

Var1 - 3.4: Cota de plecare la Boka: 81.00 mdMN

Var1 - 4.4: Cota de plecare la Boka: 81.50 mdMN

Q=1100 m³/s

Var1 - 1.5: Cota de plecare la Boka: 80.00 mdMN

Var1 - 2.5: Cota de plecare la Boka: 80.50 mdMN

Var1 - 3.5: Cota de plecare la Boka: 81.00 mdMN

Var1 - 4.5: Cota de plecare la Boka: 81.50 mdMN

Grup variante Var2: model realizat pe baza profilelor care prezintă albie majoră (n.major pe tronsonul Boka-frontieră variabil între 0.120 pentru h.apă peste cota terenului albiei majore de cca. 0.50m și 0.055-0.060 pentru h.apă peste cota terenului de cca. 4-5 m.) și minoră (n.minor=0.032) în ipotezele:

Q= 800 m³/s

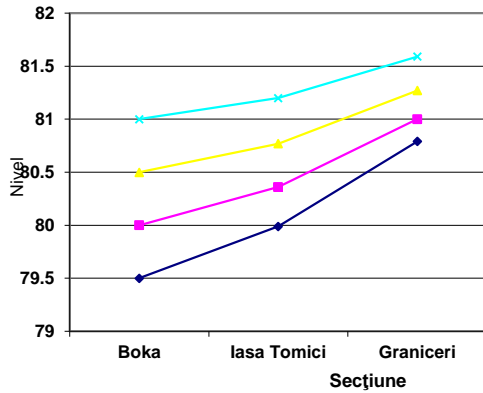
Var2 - 1.3: Cota de plecare la Boka: 79.50 mdMN

Var2 - 2.3: Cota de plecare la Boka: 80.00 mdMN

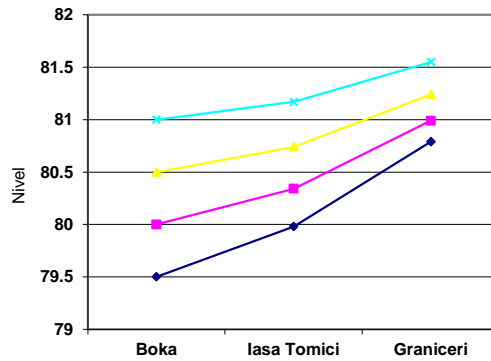
- Var2 – 3.3: Cota de plecare la Boka: 80.50 mdMN
- Var2 – 4.3: Cota de plecare la Boka: 81.00 mdMN
- Q=1000 m³/s
- Var2 – 1.4: Cota de plecare la Boka: 80.00 mdMN
- Var2 – 2.4: Cota de plecare la Boka: 80.50 mdMN
- Var2 – 3.4: Cota de plecare la Boka: 81.00 mdMN
- Var2 – 4.4: Cota de plecare la Boka: 81.50 mdMN
- Q=1100 m³/s
- Var2 – 1.5: Cota de plecare la Boka: 80.00 mdMN
- Var2 – 2.5: Cota de plecare la Boka: 80.50 mdMN
- Var2 – 3.5: Cota de plecare la Boka: 81.00 mdMN
- Var2 – 4.5: Cota de plecare la Boka: 81.50 mdMN

Rezultatele se prezintă în continuare:

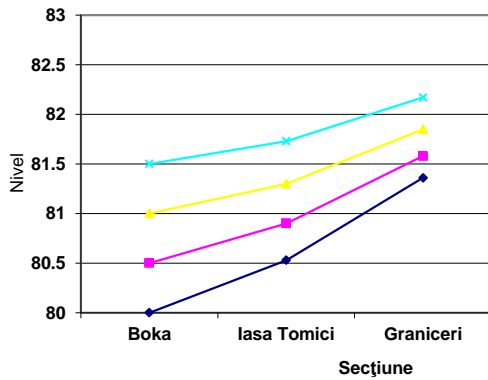
Influența valorilor cotelor din secțiunea Boka asupra nivelurilor în secțiunile Iasa Tomici și Grăniceri, Q = 800mc, Var 1



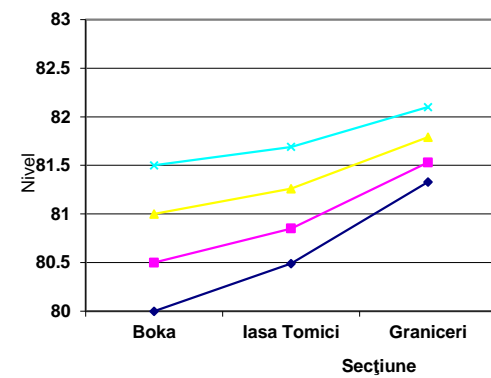
Influența valorilor cotelor din secțiunea Boka asupra nivelurilor în secțiunile Iasa Tomici și Grăniceri, Q = 800mc, Var 2



Influența valorilor cotelor din secțiunea Boka asupra nivelurilor în secțiunile Iasa Tomici și Grăniceri, Q = 1000mc, Var 1



Influența valorilor cotelor din secțiunea Boka asupra nivelurilor în secțiunile Iasa Tomici și Grăniceri, Q = 1000mc, Var 2



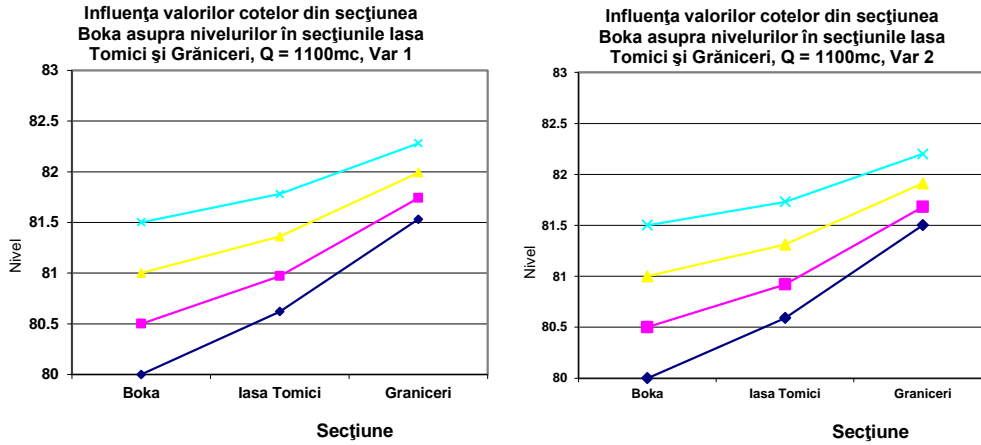


Figura 6.6. Influența valorilor cotelor din secțiunea Boka asupra nivelurilor la Jasa Tomici și Grăniceri în condițiile eliminării vegetației, la debitele Q 800, 1000 și 1100mc/s

6.3.4. Rezultate

1. Analiza influenței valorilor cotelor din canalul DTD asupra nivelurilor în secțiunile Boka, Jasa Tomici și Grăniceri

Ipotezele privind nivelul DTD: 73.50, 74.50 și 75.50 mdMN,

Varianta 1 (model Var1)

Varianta 2 (model Var2)

Debit de calcul (m.c./s.)	Var1 - la BOKA (PS3)			Var2 - la Boka (PS3)		
	DTD: 73.50	DTD: 74.50	DTD: 75.50	DTD: 73.50	DTD: 74.50	DTD: 75.50
25	73.76	74.59	75.54	73.77	74.59	75.53
50	74.25	74.83	75.65	74.26	74.81	75.63
70	74.66	75.09	75.78	74.66	75.04	75.74
100	75.23	75.5	76.03	75.19	75.42	75.96
150	76.05	76.17	79.49	75.93	76.04	76.37
200	76.67	76.73	76.92	76.52	76.58	76.79
300	77.51	77.54	77.64	77.36	77.38	77.48
400	78.18	78.19	78.25	77.99	77.99	78.05
500	78.74	78.74	78.79	78.50	78.50	78.54
600	79.23	79.23	79.27	78.95	78.95	78.97
700	-	79.68	79.7	-	79.35	79.37
800	-	80.09	80.11	-	79.71	79.73
1000	-	80.82	80.83	-	80.37	80.38
1100	-	81.15	81.17	-	80.66	80.67
1200	-	81.47	81.48	-	80.94	80.95

Tabel 6.7. Analiza influenței valorilor cotelor din canalul DTD asupra nivelurilor în secțiunea Boka

Debit de calcul (mc/ș)	Cote pe cheia Jasa Tomici - 1998	Var1 – La Jasa Tomici (Ps21)			Var2 – la Jasa Tomici (PS21)		
		DTD: 73.50	DTD: 74.50	DTD: 75.50	DTD: 73.50	DTD: 74.50	DTD: 75.50
25	72.62	73.89	74.65	75.57	73.90	74.64	75.56
50	73.72	74.54	75.01	75.75	74.55	74.99	75.73
70	74.52	75.03	75.36	75.95	75.03	75.32	75.92
100	75.62	75.69	75.89	76.31	75.66	75.83	76.25
150	76.62	76.62	76.70	76.92	76.54	76.61	76.85
200	77.42	77.25	77.30	77.40	77.19	77.23	77.35
300	78.22	78.11	78.13	78.19	78.08	78.09	78.14
400	78.77	78.77	78.78	78.82	78.73	78.73	78.76
500	79.22	79.33	79.33	79.36	79.25	79.25	79.27
600	79.62	79.83	79.2	79.85	79.70	79.69	79.71
700	80.02	-	80.27	80.29	-	80.09	80.10
800	80.42	-	80.69	80.70	-	80.46	80.47
1000	-	-	81.44	81.45	-	81.11	81.12
1100	-	-	81.78	81.79	-	81.41	81.42
1200	-	-	82.11	82.11	-	81.71	81.71

Tabel 6.8. Analiza influenței valorilor cotelor din canalul DTD asupra nivelurilor în secțiunea Jasa Tomici

Debit de calc. mc/s	Cote pe cheia Graniceri -1998			Var1 - la Graniceri- CSA2			Var2-la Graniceri -CSA2		
	Max	Med	Min	DTD: 73.50 mdMN	DTD: 74.50 mdMN	DTD: 75.50 mdMN	DTD: 73.50 mdMN	DTD: 74.50 mdMN	DTD: 75.50 mdMN
200	78.62	78.02	77.57	77.78	-	-	77.74	77.76	77.85
300	79.22	78.77	78.47	78.74	-	-	78.72	78.72	78.76
400	79.72	79.32	79.07	79.45	-	-	79.42	79.42	79.45
500	80.17	79.82	79.52	80.06	-	-	79.98	79.98	80.01
600	80.57	80.17	79.92	80.51	80.51	80.53	80.42	80.42	80.43
700	80.97	80.52	80.27	-	80.97	80.98	-	80.83	80.85
800	81.27	80.87	80.57	-	81.39	81.40	-	81.22	81.23
1000	-	81.42	81.17	-	82.15	82.16	-	81.89	81.90
1100	-	-	81.42	-	82.50	82.51	-	82.20	82.20
1200	-	-	-	-	82.83	82.84	-	82.49	82.49

Tabel 6.9. Analiza influenței valorilor cotelor din canalul DTD asupra nivelurilor în secțiunea Grăniceri

2. Analiza influenței cotelor din secțiunea Boka asupra nivelurilor în secțiunile Jasa Tomici și Grăniceri în situația actuală a folosințelor din zona dig-mal de pe tronsonul Boka – Jasa Tomici

GRUP VARIANTE	DEBIT DE CALCUL	VARIANTA	COTA BOKA	JASA TOMICI	GRĂNICERI
VAR1 (COEFICIENT DE RUGOZITATE CONSTANT ÎN ALBIA MAJORĂ)	800	VAR1- 1.0	79.50	80.31	81.15
		VAR1- 2.0	80.00	80.63	81.35
		VAR1- 3.0	80.50	80.99	81.60
		VAR1- 4.0	81.00	81.38	81.88
	1000	VAR1- 1.1	80.00	80.90	81.81
		VAR1- 2.1	80.50	81.22	82.00
		VAR1- 3.1	81.00	81.57	82.24
		VAR1- 4.1	81.50	81.96	82.52
	1100	VAR1- 1.2	80.00	81.04	82.03
		VAR1- 2.2	80.50	81.33	82.21
		VAR1- 3.2	81.00	81.67	82.43
		VAR1- 4.2	81.50	82.09	82.69
VAR2 (COEFICIENT DE RUGOZITATE VARIABIL ÎN ALBIA MAJORĂ)	800	VAR2- 1.0	79.50	80.34	81.14
		VAR2- 2.0	80.00	80.64	81.33
		VAR2- 3.0	80.50	80.98	81.56
		VAR2- 4.0	81.00	81.37	81.84
	1000	VAR2- 1.1	80.50	81.4	82.26
		VAR2- 2.1	81.00	81.70	82.45
		VAR2- 3.1	81.50	82.05	82.67
		VAR2- 4.1	82.00	82.43	82.95
	1100	VAR2- 1.2	80.00	81.03	81.97
		VAR2- 2.2	80.50	81.31	82.14
		VAR2- 3.2	81.00	81.64	82.34
		VAR2- 4.2	81.50	82.09	82.60

Tabel 6.10. Analiza influenței cotelor din secțiunea Boka asupra nivelurilor în secțiunile Jasa Tomici și Grăniceri în situația actuală a folosințelor din zona dig-mal

3. Analiza influenței cotelor din secțiunea Boka asupra nivelurilor în secțiunea Jasa Tomici și Grăniceri în condițiile eliminării vegetației de pe tronsonul Boka-frontieră cu România

GRUP VARIANTE	DEBIT DE CALCUL	VARIANTA	COTA BOKA	JASA TOMICI	GRĂNICERI
VAR1 (COEFICIENT DE RUGOZITATE CONSTANT ÎN ALBIA MAJORĂ)	800	VAR1- 1.3	79.50	79.99	80.79
		VAR1- 2.3	80.00	80.36	81.00
		VAR1- 3.3	80.50	80.77	81.27
		VAR1- 4.3	81.00	81.20	81.59
	1000	VAR1- 1.4	80.00	80.53	81.36
		VAR1- 2.4	80.50	80.90	81.58
		VAR1- 3.4	81.00	81.30	81.85
		VAR1- 4.4	81.50	81.73	82.17
	1100	VAR1- 1.5	80.00	80.62	81.53
		VAR1- 2.5	80.50	80.97	81.74
		VAR1- 3.5	81.00	81.36	81.99
		VAR1- 4.5	81.50	81.78	82.28

VAR2 (COEFICIENT DE RUGOZITATE VARIABIL ÎN ALBIA MAJORĂ)	800	VAR2- 1.3	79.50	79.98	80.79
		VAR2- 2.3	80.00	80.34	80.99
		VAR2- 3.3	80.50	80.74	81.24
		VAR2- 4.3	81.00	81.17	81.55
	1000	VAR2 -1.4	80.00	80.49	81.33
		VAR2- 2.4	80.50	80.85	81.53
		VAR2- 3.4	81.00	81.26	81.79
		VAR2- 4.4	81.50	81.69	82.10
	1100	VAR2- 1.5	80.00	80.58	81.50
		VAR2 - 2.5	80.50	80.92	81.68
		VAR2 - 3.5	81.00	81.31	81.91
		VAR2 - 4.5	81.50	81.73	82.20

Tabel 6.11. Analiza influenței cotelor din secțiunea Boka asupra nivelurilor în secțiunea Jasa Tomici și Grâniceri în condițiile eliminării vegetației

6.4. Influența lucrărilor hidrotehnice de pe teritoriul românesc

6.4.1. Îndiguiri

Lucrările hidrotehnice de apărare împotriva inundațiilor din Spațiul Hidrografic Banat sunt în general compuse din următoarele tipuri de lucrări:

- lacuri de acumulare;
- derivații;
- îndiguiri și regularizări;
- lucrări pentru protecția albiilor și malurilor;
- sistemele hidroameliorative (lucrări de desecare și lucrări de combatere a eroziunii solului)

Prin lucrările hidrotehnice de apărare împotriva inundațiilor efectuate de-a lungul timpului, suprafața total apărută în prezent este de cca. 300000 ha, rămânând încă sub efectul inundațiilor o suprafață de cca. 50000 ha, suprafață amplasă în general în prima jumătate a bazinelor hidrografice componente ale S.H. Banat.

Lucrările de îndiguire și regularizare, acumulările temporare și permanente, derivațiile de ape mari etc. au scos de sub efectul inundațiilor, pe ansamblul spațiului hidrografic Banat, 145 localități, 21 municipii și orașe, 89713 gospodării, 455 obiective social - economice, 1100 km DN, DJ, și CF etc.

Sistemul este în principal destinat apărării împotriva inundațiilor a municipiului Timișoara care însumează o populație de cca. 346000 locuitori și cuprinde :

- 442 km. diguri și 273 km. regularizări raportate la o suprafață apărută de 213500 ha. pentru râul Timiș;
- 37 km. diguri și 187 km. regularizări raportate la o suprafață apărută de 13272 ha. pentru râul Bega

Indiguiri pe râul Bega :

a) râul Bega între frontieră și canalul Topolovăț

Principalele lucrări hidrotehnice de apărare împotriva inundațiilor, existente în amonte de Nodul Hidrotehnic Topolovăț, pe sectorul cuprins între canalul de descărcare Bega – Timiș și canalul de alimentare Timiș – Bega (executate cu ocazia amenajării sistemelor de desecare Hitiaș – Coștei și Miniș – Chizdia) sunt următoarele :

b) *Îndiguiri ale cursului principal al r. Bega;*

Principala lucrare hidrotehnică de apărare împotriva inundațiilor existentă în amonte de canalul de alimentare Timiș-Bega și până la confluența cu pârâul Gladna este îndiguirea malului stâng executată cu ocazia amenajării sistemului de desecare Riu - Glavița

Indiguiri pe râul Timiș :

- a) Îndiguire r. Timiș între Nodul Hidrotehnic Coștei și localitatea Lugojel (amonte Lugoj);
- b) râul Timiș și afluenții acestuia între frontieră și canalul de descărcare Bega – Timiș;
- c) Îndiguire integrală r. Timiș;
- d) Acumulările nepermanente Gad și Pădureni pentru controlul viiturilor cu debite cu frecvența de 1/100 ani de pe r. Timiș și respectiv afluentul Lanca – Birda;
- e) Regularizare și îndiguire pe ambele maluri ale canalului Lanca – Birda (afluent de stânga al râului Timiș) pe 18.4 km.
- f) Regularizarea integrală a pârâului Pogăniș, viiturile sale fiind controlate de acumularea Cadar – Duboz
- g) Regularizare și îndiguire pe o lungime de 21 km a pârâului Șurgani (afluent de stânga a r.Timiș). Viiturile de pe pârâul Șurgani sunt controlate prin două acumulări amplasate în bazinul superior al cursului, respectiv acumularea permanentă Salcia și acumularea nepermanentă Silagiu, riverane orașului Buziaș.

Datele de bază necesare utilizării modelului se împart în următoarele categorii:

Datele topografice conțin: profile transversale, relevee la poduri, baraje și prize, planuri generale privind schema de amenajare a bazinului hidrografic respectiv, planuri topografice de ansamblu și cu amplasarea profilelor transversale necesare pentru modelarea scurgerii și date privind sistemele de referință ale cotelor absolute, precum și relațiile de trecere dintr-un sistem în altul;

Datele hidrologice conțin: date înregistrate la viiturile caracteristice la stațiile sau posturile hidrometrice situate în albia râului pe tronsonul analizat (chei limnimetrice, hidrografe de debite și niveluri, cotele "0" miră și "0" grafic, precum și

sistemul de referință, hidrografele afluenților, precum și ipotezele hidrologice de lucru utilizate pentru analiza influenței amenajării asupra regimului de niveluri și debite în diferite secțiuni.

Date privind construcțiile hidrotehnice existente (cote caracteristice, dimensiuni, module de debit, curbe de capacitate, debite și volume caracteristice, regulamente de exploatare, ipoteze și cazuri concrete de avarie etc.)

Morfologia albiei râului Timiș pe sectorul Lugoj – Șag a avut în ultimii ani schimbări substanțiale generate de trecerea viiturilor și a influențelor antropice, și urmare înrăutățirii condițiilor de scurgere în zona de frontieră datorită abundenței vegetației lemnoase spontană și cultivată pe teritoriul sârbesc.

Date hidrologice:

Datele de bază hidrologice (debitele maxime și timp de creștere, timp total, volum la probabilitatea de 1%, coeficient de formă) ale undelor de viitură singulare (tip) pentru probabilitățile de depășire 1 și 5% - luându-se în considerare existența canalului de descărcare Bega-Timiș și sistemul de diguri - se prezintă astfel: (conform INMH prin studiul C/28/2005 – Tabel 5.1.).

Râul	Secțiunea	S (km ²)	L (km)	Q _{1%} (mc/s)	Q _{5%}	T _{cr.} (ore)	T _{tot.} (ore)	coef. de forma	W _{1%} (mil.m ³)
Râul Bega									
Bega	Chizătău	1740	80	400	294	26	108	0.35	54.4
Râul Timiș									
Timiș	s.h. Lugoj	2827	114	1347	900	30	125	0.30	181.8
Timiș	Av.conf. Timișana	3264	152	1335	890	35	140	0.30	201.8
Timiș	Av.conf. canal B-T	5020	156	1420	955	38	152	0.34	264.2
Timiș	Av.conf. Șurgani	5362	174	1425	960	40	156	0.34	272.1
Timiș	Av.conf. Pogăniș	6112	180	1465	1010	43	161	0.34	288.7
Timiș	S.H. ȘAG	6248	194	1455	1000	45	165	0.34	293.8
Timiș	Grăniceri- frontieră	6945	240	1380	950	53	180	0.35	313
Afluenții râului Timiș									
Timișana	Am.conf. Timiș	320	31	95	57	18	75	0.30	7.7
Șurgani	Am.conf. Timiș	195	31	60	36	17	70	0.30	4.54
Poganiș	Am.conf. Timiș	671	107	160	102	33	135	0.30	23.3

Tabel 6.12. Debitele maxime cu probabilitățile de depășire în secțiunile de studiu din bazinul hidrografic Timiș-Bega

6.4.2. Acumulări nepermanente

Influența acumulării nepermanente Cadar-Duboz, acumulării laterale (polder) Hitiaș și acumulării laterale (polder) Pădureni asupra scurgerii maxime cu diverse probabilități de producere în regim actual (fără poldere) s-a stabilit în ipoteza compunerii ploii uniforme pe bazin și a stratului scurs neuniform, rezultând valorile debitelor maxime în regim amenajat pe râurile Timiș și Bega în secțiunile solicitate, (tabel 6.6.) astfel:

Debitele maxime cu probabilitățile de depășire în secțiunile de studiu din bazinul hidrografic Timiș-Bega, regim actual (fără poldere), în ipoteza ploii uniforme pe bazin și a stratului scurs neuniform:

Râul	Secțiunea	S (km ²)	L (km)	Q _{1%} (mc/s)	Q _{5%}
Râul Bega					
Bega	Chizătău	1740	80	400	294
Râul Timiș					
Timiș	s.h. Lugoj	2827	114	1266	846
Timiș	Av.confl.Timișana	3264	152	1255	837
Timiș	Av.confl.canal B-T	5020	156	1292	869
Timiș	Av.confl.Șurgani	5362	174	1311	883
Timiș	Av.confl.Pogăniș	6112	180	1362	939
Timiș	S.H. ȘAG	6248	194	1368	940
Timiș	Grăniceri-frontieră	6945	240	1311	902
Afluenții râului Timiș					
Timișana	Am.confl.Timiș	320	31	95	57
Șurgani	Am.confl.Timiș	195	31	60	36
Pogăniș	Am.confl.Timiș	671	107	79	50

Tabel 6.13. Debitele maxime cu probabilitățile de depășire în secțiunile de studiu din bazinul hidrografic Timiș-Bega, regim actual (fără poldere), în ipoteza ploii uniforme pe bazin și a stratului scurs neuniform

Se menționează faptul că la calculul valorii debitelor maxime nu s-a ținut cont de sporul de siguranță.

Pentru stațiile hidrometrice de bază de pe râul Timiș, respectiv Lugoj și Șag, calculele s-au efectuat pe baza șirurilor cronologice de debite maxime anuale din perioada 1966 - 2005.

Debitele maxime pe afluenții râului Timiș, respectiv Timișana și Șurgani, au rămas aceleași ca în regim natural deoarece influența amenajărilor hidrotehnice existente pe acești afluenți este nesemnificativă.

Având în vedere că la frontieră - zona Grăniceri - nu există stație hidrometrică, dar se efectuează periodic măsurători de niveluri, pe baza carora (și a cheii limnimetrice la ape mari, trasată cu ocazia viiturii din 1998) s-au determinat debitele la viitura din 2005, ceea ce ne conduc la ipoteza că veridicitatea acestor valori e relativă, pentru înlăturarea incertitudinilor cu privire la valorile cheii limnimetrice din secțiunea de frontieră, Partea sârbă a trimis Părții române, cheile limnimetrice din secțiunile stațiilor hidrometrice Jasa Tomici și Boka înregistrate în timpul viiturilor din anii 1999 și 2000.

Date topografice:

Secțiunile transversale disponibile sunt 27 pe partea sârbească între Boka și Jasa Tomici, și 39 (36 + 3 secțiuni la poduri) pe partea românească pe sectorul Șag – frontieră. Datele disponibile includ măsurători de debite și nivele, precum și curbe cheie. Aceste date, constituind baza topografică de calcul, au fost ridicate de către colectivul de studii topografice al S.C. AQUAPROIECT S.A. Filiala Sibiu în anul 2005. Profilele transversale au fost ridicate în sistem de coordonate, având ca plan de referință Marea Neagră 75. Distanța între aceste profile transversale variază de la 500m la 3000m. Reprezentarea amplasării profilelor transversale și a releveelor s-a făcut pe planuri de situație scara 1:25.000

Față de datele topo care au stat la baza întocmirii studiului hidraulic din anul 2005, de către S.C. AQUAPROIECT S.A. Filiala Sibiu, partea sârbă a transmis părții române prin documentația "Extras din proiectul de reabilitare a digurilor de pe r. Timiș între Frontieră de stat și Seceani" datele topo de pe sectorul Boka - Frontieră de stat, date topografice și hidraulice, care sunt folosite pentru acest studiu. Datele topo trimise de partea sârbă constau din 7 profile transversale care reliefează întreaga albie a r. Timiș pe zona dig-dig la scara 1:50/1000 și planuri de situație la scările 1:5000 și 1:10000 cu amplasarea în plan a profilelor transversale, a zonelor de pe care sunt prevăzute lucrări de curățire a albiei, traseul digurilor de apărare și amplasarea posturilor hidrometrice.

6.4.3. Folosirea acumulărilor nepermanente

Sistemele de apărare împotriva inundațiilor participante la modificarea regimului debitelor maxime pe râul Timiș în secțiunea Grăniceri

Sistemul hidrotehnic de conexiuni Timiș-Bega realizat pentru apărarea împotriva inundațiilor municipiului Timișoara și a obiectivelor social economice situate în aval până la frontieră și în perioadele de secetă pe canalul Bega se suplimentează debitele pentru folosințe, cuprinde:

Nodul hidrotehnic Coștei, amplasat pe râul Timiș, la km 129 față de izvor a fost realizat în scopul derivării unui debit suplimentar din râul Timiș în râul Bega, debit care să asigure folosințele consumatoare din bieful aval și în special din municipiul Timișoara în perioadele cu ape mici și mijlocii, fiind totodată primul punct în linia de apărare împotriva inundațiilor.;

Nodul hidrotehnic Topolovăț, amplasat pe porțiunea nenavigabilă a canalului Bega, la 96,20 km față de izvor, asigură regularizarea debitelor la ape mici, medii și mari pe canalul Bega aval Topolovăț în scopul alimentării cu apă și apărării împotriva inundațiilor a incintelor îndiguite inclusiv municipiul Timișoara. Capacitatea de transport a stavilarului la ape mari este limitată la valoarea de 80 m³/s. Debitul afluente pe canalul Bega amonte Topolovăț care depășesc valorile impuse de apărarea împotriva inundațiilor a municipiului Timișoara sunt deviate pe canalul descărcător Bega – Timiș.

Acumularea nepermanentă Hitiaș, amonte Topolovăț, este amplasată pe malul drept al râului Timiș, amonte de confluența cu canalul de descărcare Bega – Timiș, delimitată de râul Timiș, Canalul Bega și canalul de descărcare prin digurile existente. Este realizată pentru îmbunătățirea funcționării digurilor de pe râul Timiș și canalul Bega precum și pentru îmbunătățirea apărării împotriva inundațiilor a obiectivelor situate în aval de nodul Topolovăț. Acumularea Hitiaș, dotată cu două deversoare de admisie funcționează atât dinspre canalul Bega cât și dinspre râul

Timiș (deversorul de admisie din râul Timiș amplasat în digul drept al râului la km 79+000 – 79+300 de la frontiera cu Serbia, deversorul de admisie din râul Bega amplasat în digul stâng al râului, în amonte de N.H.Topolovăț, la km 1+150). Funcționarea acumulării este influențată de modul de exploatare al stavilarului Topolovăț prin influența fenomenului de remu;

Acumularea nepermanentă (laterală) Pădureni este amplasată pe malul stâng al râului Timiș, între km 43+480 – 48+450, având drept scop atenuarea undei de viitură de pe râul Timiș. Acumularea nepermanentă Pădureni intră în funcțiune la debitul de cca. $750 \text{ m}^3/\text{s}$. pe r. Timiș;

Realizarea acumulărilor de pe afluenți, atât ai râului Timiș cât și ai râului Bega, reduc substanțial aportul bazinului aval Topolovăț în formarea debitului maxim la frontieră, cu condiția suprapunerii vârfurilor undelor de viitură.

Acumularea nepermanentă Cadar – Duboz este amplasată pe râul Pogăniș, la 250m amonte de borna CSA 28 în vecinătatea satelor Cadar și Duboz, județul Timiș.



Figura 6.7. Acumularea nepermanentă Cadar - Duboz

Anul punerii în funcțiune : 1976
 Asigurare de calcul 2% ; cota 125.581mdMN
 $W_{2\%} = 35.7 \text{ mil.m}^3$
 Asigurare de verificare 0.5% ; cota 126.231mdMN
 $W_{0.5\%} = 42.2 \text{ mil.m}^3$
 Nivel maxim asigurare 20% ; cota 122.751mdMN
 $W_{20\%} = 10.91 \text{ mil.m}^3$
 H.baraj=10m.
 L. coronament = 1590 m.

Deversor lateral cu $B=30\text{m}$; intră în funcțiune când nivelul apei în lac atinge cota 125.581mdMN (cota crestei deversorului)

Golirea de fund are secțiune circulară, cu $D=2400\text{mm}$; caracteristică funcțională a acesteia este de a menține debitul maxim defluent la valoarea capacității de transport a albiei minore din aval de 17.0mc/s .

Funcțiuni obiectiv: acumularea are un caracter nepermanent și este executată pentru a reține temporar undele de viitură de pe Pogăniș și de a elibera un debit defluent de maxim 17mc/s , debit ce poate fi transportat de albia pârâului Pogăniș în aval.

Acumuarea a intrat în funcțiune în timpul undei de viitură extremă din primăvara anului 2005, când deversorul a intrat în funcțiune iar lama deversantă a avut o înălțime de 70cm .

Acumularea laterală nepermanentă cu diguri de contur Gad (canalul Lanca – Birda):

Acumularea Gad a fost realizată prin executarea unui dig de închidere între digul stâng al râului Timiș și digul drept al cursului Lanca – Birda și a fost dimensionată pentru preluarea volumului de apă ce depășește posibilitățile de acumulare între digurile canalului Lanca – Birda, cunoscându-se simultaneitatea undelor de viitură cu râul Timiș. În această situație poarta buscată de la Gad se va închide automat, iar canalul Lanca-Birda se transformă într-un rezervor de atenuare a viiturii până când nivelurile pe Timiș scad și apele se pot descărca pe cale gravitațională.



Figura 6.8. Polder Gad

Obiectivul este compus din două compartimente cu $S_{\text{tot}}= 420\text{ha}$, accesul apei făcându-se prin intermediul:

- deversorului de acces din compartimentul I amplasat în corpul digului drept al canalului Lanca-Birda, între km 0+550 și 0+600 ($L=50.0\text{m}$); Ca lucrare hidrotehnică deversorul este de tip cu prag lat, amplasat la cota 80.681mdMN , cu 0.50m mai jos decât nivelul cu asigurarea 5% , care este de 81.181mdMN . Deversorul de admisie intra în funcțiune când nivelul apei între digurile Lanca-Birda atinge cota de 80.681mdMN (creasta deversorului). Debitul maxim cu asigurarea de 1%

poate intra în rezervorul de acumulare în 21 zile, iar la o creștere bruscă a nivelului în canalul Lanca-Birda, deversorul poate conduce un debit maxim (la o sarcină de 1.50m) de 165mc/s. Volumul total de apă reținut în compartimentul I până la cota de 80.581mdMN este de 8.1mil.mc.

- deversorul pentru umplerea compartimentului II; Viiturile mai mari de 5% vor fi conduse și în compartimentul 2, prin intermediul unui deversor practicat în digul de compartimentare. Deversorul este amplasat între km 1+600 și 1+620, are o deschidere de 20m pe o înălțime de 1.50m, fiind delimitat de două ziduri de sprijin din beton simplu hidrotehnic și fundul consolidat cu dale slab armate și cu pini, urmand ca restul de terasamente să fie spălate de curentul ce trece din compartimentul 1 în compartimentul 2. Volumul total de apă reținut în compartimentul II este de 3.7 mil.mc.

Evacuarea apelor din acumulare se face gravitațional prin stăvilarul construit (în zona S.P Macedonia) în digul Timișului, după scăderea nivelului în r.Timiș. Capacitatea maximă proiectată a evacuării este de 19mc/s. Acumularea a fost activată în totalitate doar la unda de viitură din aprilie 2005 și (ian 2010), iar în rest doar parțial activată. În perioada trecerii undei de viitură extremă din aprilie 2000, acumularea a fost activată doar parțial (fiind menționate doar 7mil.mc) între digul de apărare și Lanca Birda, ceea ce de notă, că obiectivul nu funcționează în conformitate totală cu proiectul.

Anul punerii în funcțiune: 1970

Asigurare de calcul: 5%

Asigurare de verificare: 1%

Volum total de apă reținut între digurile Lanca-Birda și compartimentele I și II la cota 81.581 mdMN = 20.5 mil.m³

Cota coronament dig drept Lanca Birda: 81.685 mdMN

Volum total de apă reținut între digurile Lanca-Birda până la cota 80.681 mdMN: 3.4 mil.mc;

Cotă prag deversor (compartiment I) L=50.00 m, dig drept Lanca Birda: 80.681 mdMN;

Cota coronament dig închidere: 81.581 mdMN;

Cota coronament dig compartimentare: 80.581 mdMN;

Lungime deversor compartiment II, L=20.00 m

Cota coronament dig izolare canton: 81.581 mdMN;

Conductele de golire a rezervorului principal de acumulare

Conducta principală de evacuare gravitațională din polder : 2fire x1.8x1.8 m.

Conducta de evacuare a colectorului principal C100 în bazinul de aspirație al stației de pompare Timișul Mort

Conducte pentru evacuarea apelor din rețeaua de desecare a compartimentului 2 în compartimentul I, 2 fire x 800 mm

2 porți buscate din metal 2 buc x 5.5x9m.

Stație de pompare Timișul Mort (aflat în administrare ANIF); echipament tehnologic: 4 pompe BRATES 600, Qagregat =1.10mc/s

Funcțiuni acumulare: atenuarea undelor de viitură

Obiectivul hidrotehnic are și scopul de a opri accesul apelor din râul Timiș în Lanca – Birda, apa neavând scurgere liberă în Timiș, va fi deversată lateral și înmagazinată în incinta acumulării nepermanente Lanca – Birda prevăzută cu două compartimente. Acumularea Lanca Birda devine astfel un rezervor de înmagazinare

al viiturilor din sistemul Lanca – Birda până la scăderea nivelurilor din râul Timiș, când apele se pot descărca în râul Timiș. În acest mod acumularea de apă pe parâul Lanca – Birda nu influențează regimul de scurgere al apelor mari pe râul Timiș.

Acumularea nepermanentă cu diguri de contur Hitiaș: este amplasată pe malul drept al râului Timiș, amonte de confluența cu canalul de descărcare Bega - Timiș. Acumularea este delimitată de râul Timiș, canalul Bega și canalul de descărcare Bega-Timiș prin digurile existente, iar spre est limita acumulării este variabilă, oprindu-se pe curba de nivel 102.791 mdMN.

Anul punerii în funcțiune : 1974

Volum atenuare = 20 mil.m³

Deversorul de pe râul Bega:

Deversorul de admisie este amplasat în digul stâng al râului Bega, în amonte de Nodul Hidrotehnic Topolovăț, la km 1+150. Cota crestei deversorului este 104.631 mdMN, lungimea deversorului L=160 m, cota coronament dig - 105.531 mdMN. Deversorul de admisie intră în funcțiune când nivelul apei pe canalul Bega, măsurat la mira aflată în dreptul deversorului de admisie, este 104.631mdMN

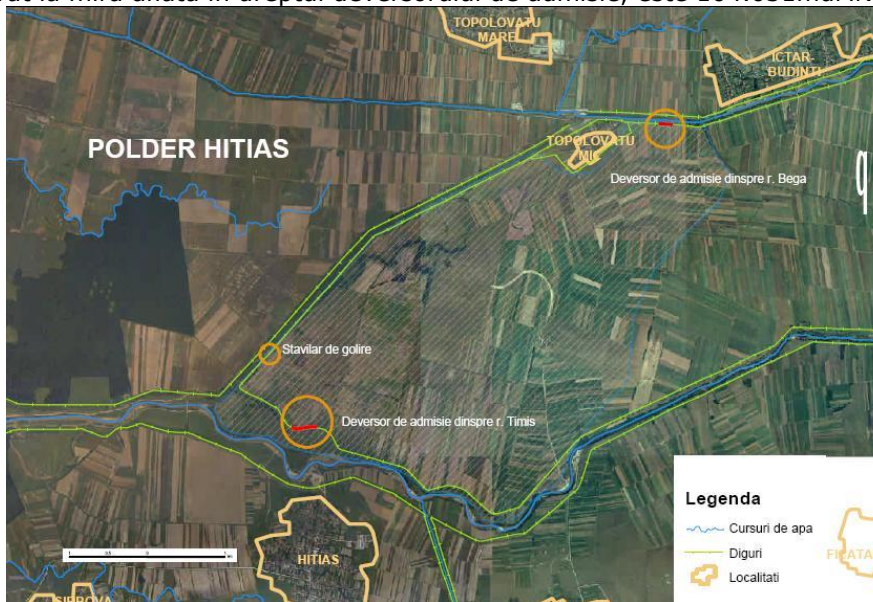


Figura 6.9. Plan polder Hitiaș cu echipamente

Deversorul intră în funcțiune la debite $Q > 270 \text{ m}^3/\text{s}$ (2%)

Cota creastă deversor : 104.63 mdMN;

B=160 m.

Deversorul de pe râul Timiș are funcționare reversibilă:

Constituie principalul component al Acumulării Hitiaș. Deversorul de admisie din râul Timiș este amplasat în digul drept al râului Timiș la km 79+000 - 79+300, are lungimea L = 300 m, cotă creastă deversor 102.081 mdMN. Deversorul de admisie intră în funcțiune când nivelul apei, între digurile râului Timiș în dreptul deversorului, atinge cota de 102.081 mdMN (creasta deversorului).

Goliri de fund de tip stăvilă (stavile metalice) 2x2x3 m.

Golirea acumulării se face printr-un stăvilă de golire amplasat în digul stâng al Canalului de Descărcare Bega-Timiș, la km 0+570. Stăvilă de golire este o construcție cu radier, pereți, timpan și pilă din beton armat, stăvilă fiind prevăzută cu două deschideri de 2/3m cu stavile care se manevrează manual de pe pasarela prevăzută în acest scop. Evacuarea apei de la stăvilă la albia minoră a canalului de descărcare se face prin intermediul unui canal pereat cu piatră brută, încadrat în mal printr-un zid de beton. Poziția normală a stăvilă este "închis". Stăvilă se va deschide numai după 3-4 ore după scăderea nivelului maxim în acumulare (prin deversorul de la Timiș) și în momentul când nivelul apei în canalul de descărcare scade sub cota 102.791mdMN (nivel maxim în acumulare). Durata de golire a acumulării este de maxim 5 zile (în cazul debitelor de verificare). Stăvilă se va deschide și în cazul când rețeaua de canale de evacuare colectează ape interne provenite din precipitații, ape care necesită evacuarea, deschiderea stăvilă fiind condiționată de nivelul apei în canalul de descărcare, care trebuie să fie sub cota 97.831mdMN.

Funcțiuni acumulare: Acumularea nepermanentă Hitiaș are drept scop atenuarea undelor de viitură de pe râul Timiș și Bega. Prin intrarea în funcțiune a acumulării, debitele pe cele două râuri se reduc astfel:

- pe râul Timiș

a) secțiunea amonte polder Hitiaș

Asigurarea 0.1% $Q = 1710 \text{ mc/s}$

Asigurarea 1% $Q = 1166 \text{ mc/s}$

Asigurarea 2% $Q = 1015 \text{ mc/s}$

Asigurarea 5% $Q = 816 \text{ mc/s}$

b) secțiunea aval polder Hitiaș

Asigurarea 0.1% $Q = 1560 \text{ mc/s}$

Asigurarea 1% $Q = 1166 \text{ mc/s}$

Asigurarea 2% $Q = 1015 \text{ mc/s}$

Asigurarea 5% $Q = 816 \text{ mc/s}$

- pe râul Bega

Funcționarea acumulării dinspre Bega este influențată de modul de exploatare a stăvilă Topolovăț, intrarea în funcțiune a deversorului dinspre Bega depinzând de remuul creat.

În condițiile în care stăvilă de la Topolovăț este închis, deversorul intră în funcțiune în momentul în care la postul hidrometric Chizătău se înregistrează debitul $Q = 270 \text{ mc/s}$.

Acumularea Hitiaș până în acest moment a fost activată de 3 ori, la trecerea undelor de viitură din februarie 1999, aprilie 2000 și aprilie 2005.

Acumularea laterală nepermanentă cu diguri de contur cu deversor lateral Pădureni (râul Timiș) :

Acumularea Pădureni s-a realizat prin îndiguirea unei suprafețe (1120ha) printr-un dig de 8.64km cu încastrare în digul stâng al râului Timiș a capătului aval la km 43+480 și a capătului amonte la km 48+450.

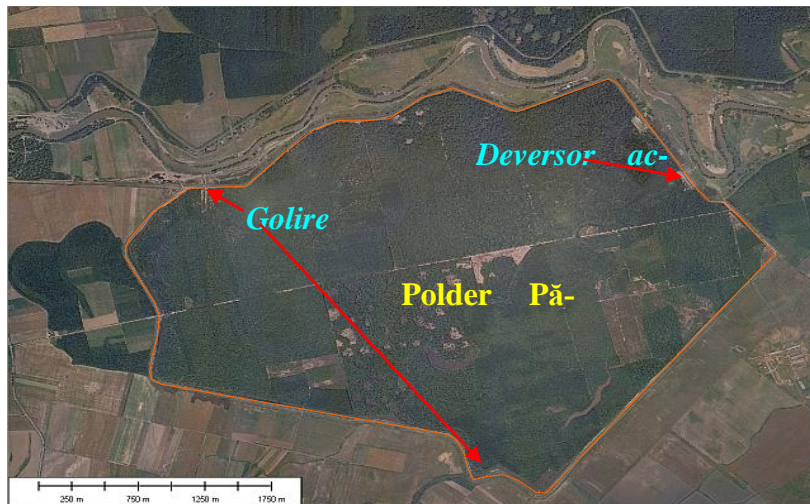


Figura 6.10. Plan polder Pădureni

Deversorul de admisie este amplasat în corpul digului stâng al râului Timiș, între km 47+926 și 48+070 și are drept scop deversarea apelor în rezervorul creat de digurile de închidere și digul stâng al râului Timiș. Lungimea totală a deversorului este de 144.00m și este prevăzut în amonte și în aval cu disipator de energie din beton slab armat și rizbermă din piatră brută.

Deversorul de admisie intră în funcțiune când nivelul apei între digurile râului Timiș atinge cota de 88.981mdMN (creasta deversorului). Capacitatea de descărcare a deversorului la o lamă deversantă de 0.75m, cota 89.731mdMN, este de 135.00mc/s.

Stăvilarul principal de golire este amplasat în digul stâng al râului Timiș, la km 43+650. Este alcătuit din patru deschideri a câte 2.00 x 3.00m, care sunt controlate cu obloane metalice ce se manevrează manual.

Capacitatea maximă a stăvilarului este de 80.00mc/s. Prin stăvilarul principal de golire este evacuat din polder în râul Timiș, volumul de apă situat peste cota 84.831mdMN. Poziția normală a stăvilarului în timpul viiturii este închisă.

Stăvilarul de evacuare: Rolul stăvilarului de evacuare amplasat la km 4+530 al digului de închidere este de a evacua gravitațional un debit de maxim de 1.14mc/s în Timișul Mort, prin intermediul unei rețele de canale de evacuare, care străbat incinta acumulării de la N.E. spre SV. Stăvilarul stă permanent deschis și se închide atunci când începe inundarea acumulării, pentru a împiedica pătrunderea apelor de viitură în sistemul de desecare Timișul Mort. Stăvilarul se deschide când nivelul apei în polder scade sub cota 84.831 mdMN.

Anul punerii în funcțiune : 1975

Volum de atenuare = 35 mil.m³;

cota creasta deversor de admisie reversibil – 88.981 mdMN

cota radier stavilar de golire – 84.831 mdMN

cota coronament dig închidere – 90.581 mdMN

suprafața acumulării – 1120 ha
 Funcțiuni obiectiv: apărare împotriva inundațiilor.

Rolul acumulărilor nepermanente Hitiș și Pădureni este să taie vârful undei de viitură în așa fel încât debitul maxim al râului Timiș să nu depășească valoarea de 1200 mc/s aval de Șag.

În vederea realizării în secțiunea de frontieră a hidrografului undei de viitură cu debitul corespunzător probabilității de 1% s-a admis ipoteza hidrologică a unui strat neuniform scurs pe suprafața de bazin a râurilor Timiș și Bega. Ipoteza a fost adoptată pe baza analizei unor viituri reprezentative pentru b.h. Timiș-Bega cum au fost cele dintre anii 1966 și 2005.

Compunerea a fost realizată numai pentru probabilitatea de depășire de 1%;

Trecerea sistemului de hidrografe afluențe la probabilitatea de depășire 5% se face prin înmulțirea cu un coeficient $k=0.7$;

Formarea viiturii pe bazinul Coștei – frontieră :

- Hidrografele de debite care compun unda în secțiunea de frontieră sunt :

1. *Timiș amonte Coștei (Lugoj)*
2. *Bega amonte Topolovăț;*
3. *Rest bazin Lugoj – Pogăniș;*
4. *Râul Pogăniș la intrarea în ac. Cadar-Duboz;*
5. *Rest bazin ac. Cadar – Duboz –amonte confluență Timiș;*
6. *Rest bazin aval Pogăniș-frontieră*

- Afluenții care participă la formarea viiturii în secțiunea de frontieră:

Șurgani, Timișana și Pogăniș;

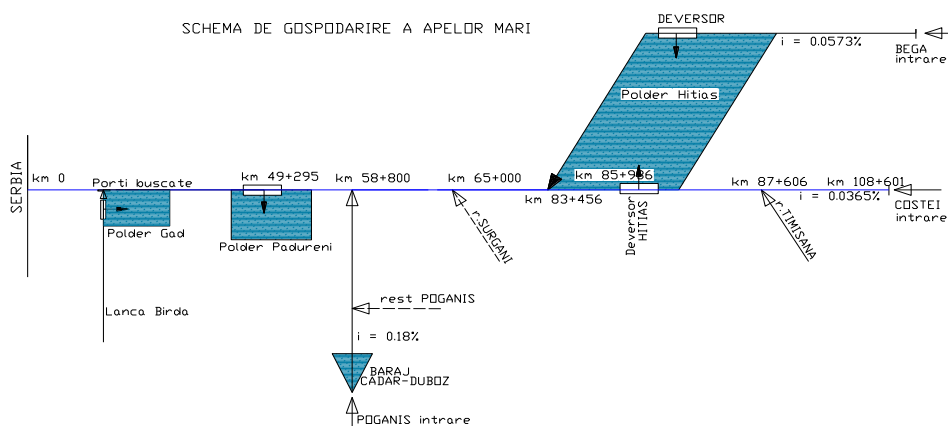


Figura 6.11. Schematizarea scurgerii pe modelul matematic realizat

DIAGRAMA DE DISTRIBUTIE A DEBITELOR MAXIME CU ASIGURAREA 1%
REGIM AMENAJAT CU ATENUARI IN POLDRE SI ACUMULARI

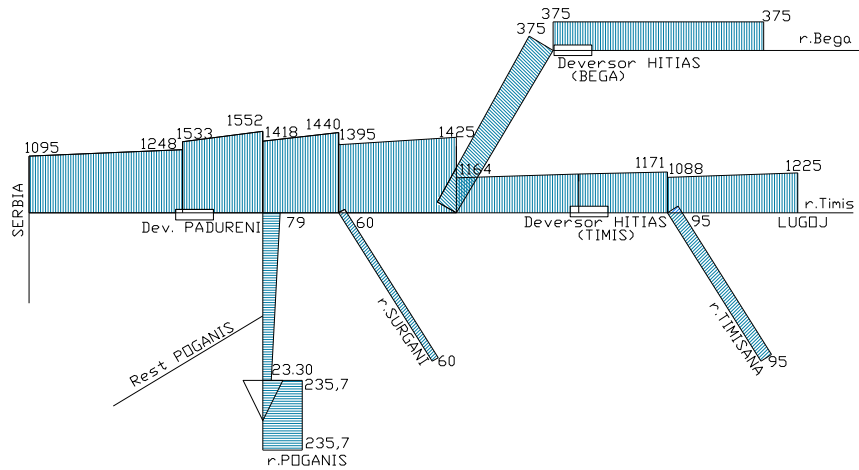


DIAGRAMA DE DISTRIBUTIE A DEBITELOR MAXIME CU ASIGURAREA 5%
REGIM AMENAJAT CU ATENUARI IN POLDRE SI ACUMULARI

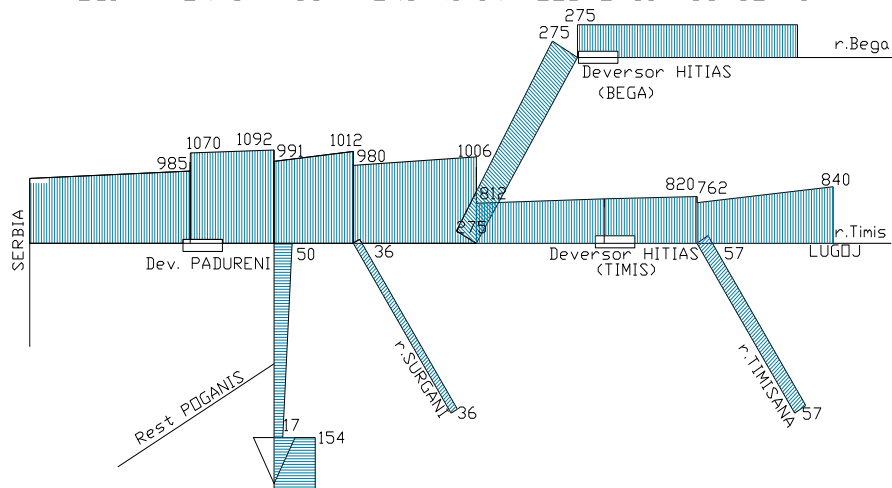


Figura 6.12. Diagrame de distribuție a debitelor maxime – regim amenajat cu atenuări în poldre și acumulări

6.4.4. Rezultate

La probabilitatea de depășire 1% în secțiunea de frontieră, în secțiunile: Șag, Grăniceri, pentru situația actuală a vegetației, se obțin următoarele hidrografe - în situația fără acumulările Hitiaș, Pădureni și Cadar Duboz și în situația actuală de amenajare (cu acumulări).

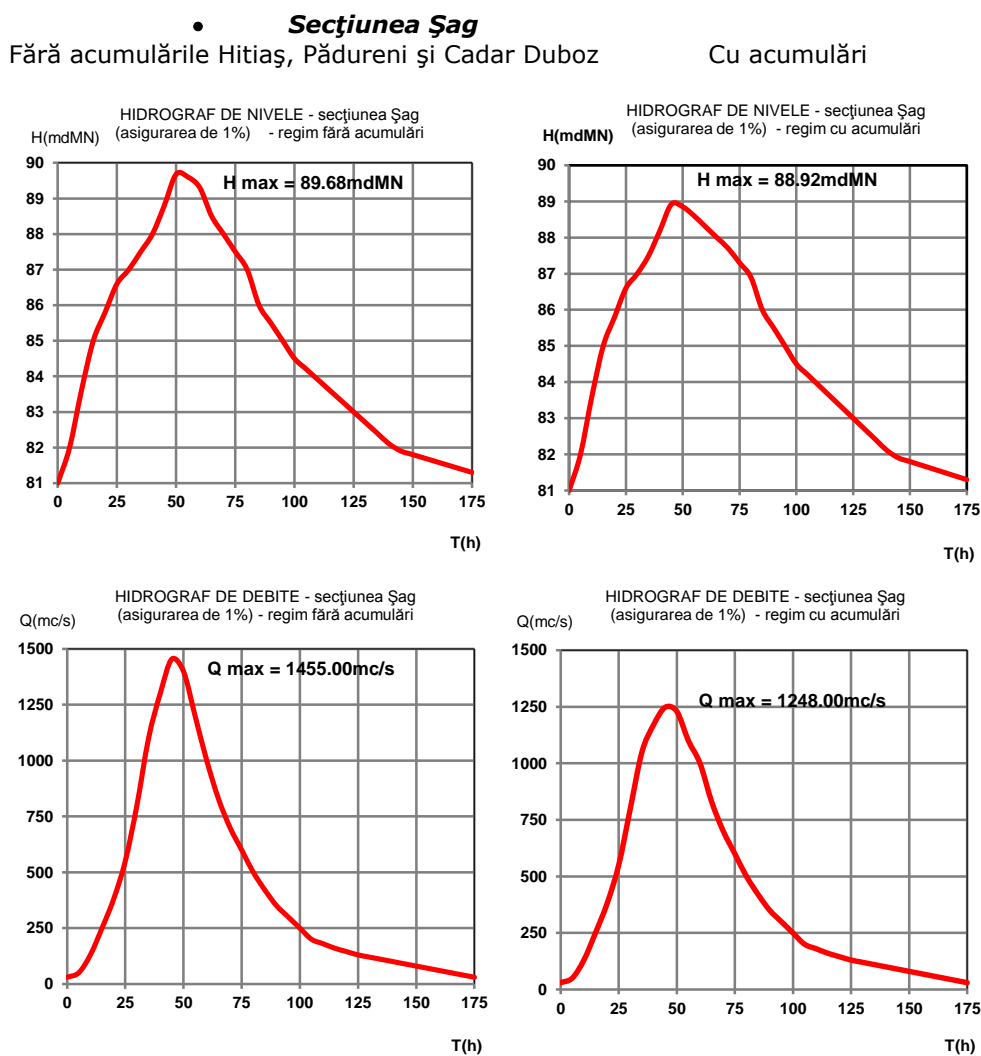


Figura 6.13. Hidrografe de nivel și de debit în secțiunea Șag

• **Secțiunea Grăniceri**

Fără acumulările Hitiaș, Pădureni și Cadar Duboz

Cu acumulări

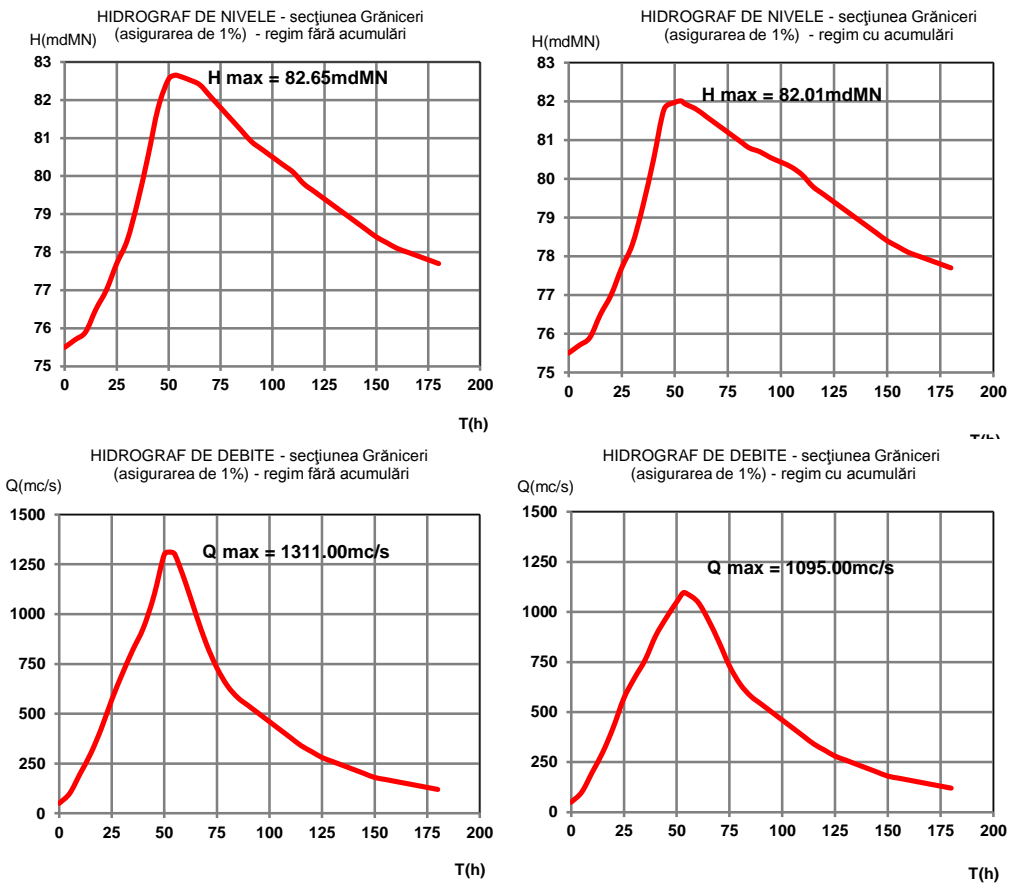


Figura 6.14. Hidrografe de nivel și de debit în secțiunea Grăniceri

Rezultatele obținute, referitoare la debitele maxime cu probabilitățile de depășire de 1% în secțiunea de frontieră a râului Timiș și ale principalelor secțiuni din amonte se prezintă în următorul tabel :

Secțiunea	Q _{1%} (m ³ /s)	
	Fara acumulări	Cu acumulări
Frontieră	1311	1095
Pădureni- aval deversor	1455	1248
Hitiaș-deversor Timiș	1166	1166
N.H. Coștei	1335	1255
Cadar-Duboz aval (r.Pogăniș)	235,70	23.3

Tabel 6.14. Debitele maxime cu probabilitățile de depășire de 1%

În situația dată, pentru o undă de viitură cu debitul corespunzător probabilității de nedepășire de 1% în secțiunea de frontieră, volumele acumulate sunt următoarele:

Hitiaș : 0.0 mil.m³;

Pădureni : 6.12 mil.m³;

Cadar – Duboz : 39.02 mil.m³

În ceea ce privește regimul nivelurilor în **secțiunea Grăniceri** (regimul nepermanent de scurgere) la viitura cu probabilitatea de 1% în situația în care în aval, pe tronsonul Boka-Frontieră se păstrează sau se curăță integral vegetația, modificarea acestuia se prezintă în diagrama următoare.

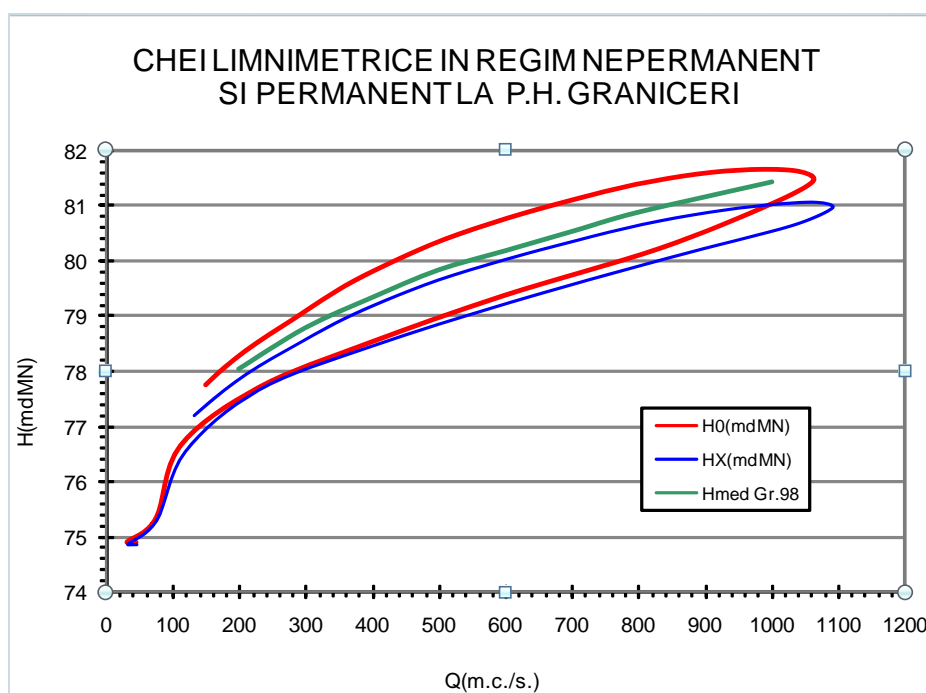


Figura 6.15. Chei limnimetrice în regim permanent și nepermanent la Grăniceri

Unde au fost reprezentate variantele :

H0 – cheia limnometrică în regim nepermanent din secțiunea Grăniceri, în situația actuală a vegetației în albia majoră de pe teritoriul sârbesc ($n_{major}=0.120/n_{minor}=0.032$).

HX-cheia limnometrică în regim nepermanent din secțiunea Grăniceri, în situația în care întreaga vegetație din zona dig-mal care există pe teritoriul sârbesc este înlăturată ($n_{major}=0.055/n_{minor}=0.032$).

Hmed.Gr.98 – cheia medie la postul Grăniceri furnizată părții sârbe în anul 1998

În **secțiunea Jasa Tomici** (regimul nepermanent de scurgere) la viitura cu probabilitatea de 1% în situația în care în aval, pe tronsonul Boka-Frontieră se pastrează sau se curăță integral vegetația, modificarea acestuia se prezintă în diagrama următoare:

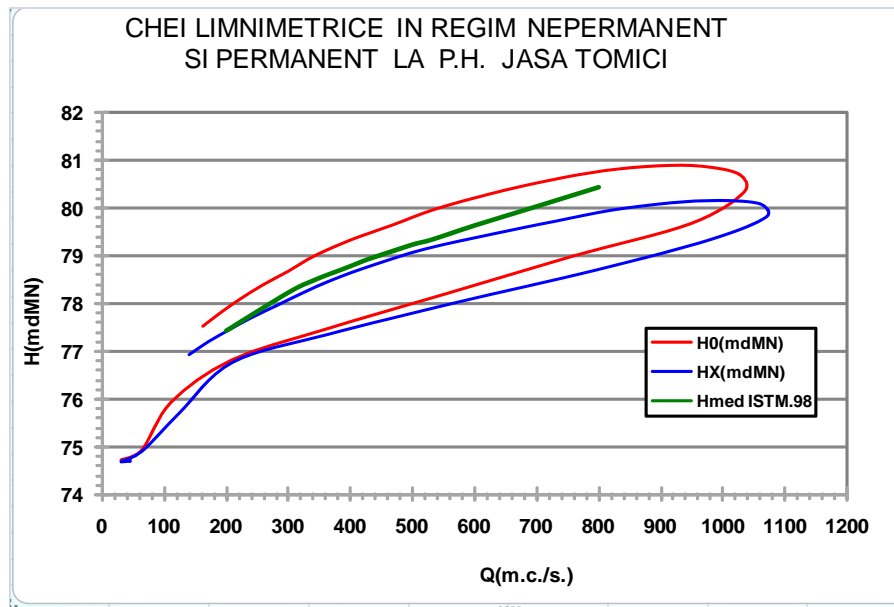


Figura 6.16. Chei limnimetrice în regim permanent și nepermanent la Jasa Tomici

Unde au fost reprezentate variantele :

H_0 – cheia limnometrică în regim nepermanent din secțiunea Jasa Tomici, în situația actuală a vegetației în albia majoră de pe teritoriul sârbesc ($n.major=0.120/n.minor=0.032$). Cota Tomașevăț : 74.32 mdMN

H_X -cheia limnometrică în regim nepermanent din secțiunea Jasa Tomici, în situația în care întreaga vegetație din zona dig-mal care există pe teritoriul sârbesc este înlăturată ($n.major=0.055/n.minor=0.032$). Cota Tomașevăț : 74.32 mdMN

$H_{med.Gr.98}$ – cheia medie la postul Jasa Tomici furnizată părții sârbe în anul 1998

CAPITOLUL 7 – SISTEME SUPT DE DECIZIE (SSD) ÎN ZONA TIMIȘ-BEGA

Pentru o mai bună monitorizare a evoluției unei inundații majore și a impactului ei probabil asupra oamenilor și asupra proprietăților acestora, Administrația Națională "Apele Române" a sesizat necesitatea construirii unor sisteme suport de decizie sofisticate pentru situații de urgență în caz de inundații (SSD). Scopul acestor sisteme SSD este acela de a integra informațiile hidraulice, hidrologice și GIS referitoare la inundații, determinate în ultimii 10 ani și de a extrage și prezenta informații vitale pe baza cărora se iau decizii în situațiile de urgență în caz de inundații, în timpul unui eveniment real.

Lucrarea de față descrie strategiile SSD și indică modul în care SSD ar trebui să extragă și să afișeze toate componentele informațiilor destinate tuturor grupurilor diferite, implicate în gestionarea situațiilor de urgență în caz de inundații. Sunt prezentate exemple despre modul în care SSD interpretează intrările (datele de intrare) hidraulice și hidrologice de bază și datele GIS pentru furnizarea de informații cu privire la inundații, cum ar fi:

- proprietăți afectate de inundații – inundația peste nivelul solului asociată cu nivelul prezis al viiturii;
- evacuarea și căile de evacuare - adâncimea prezisă și cronometrarea relativă de-alungul căilor de evacuare la și de la zonele de evacuare și cele mai apropiate centre de evacuare;
- daunele inundațiilor – estimarea spațială de distribuție a daunelor (prejudiciilor) probabile post inundații, etc.

7.1 Introducere

7.1.1. Informații generale

Inundațiile rămân unul dintre cele mai frecvente și mai devastatoare pericole naturale la nivel mondial. În timp ce prognoza și sistemele de avertizare existente pot contribui semnificativ la reducerea pierderilor, potențialul pentru prevenirea în continuare a pierderilor, ce pot fi evitate prin îmbunătățirile sistemului cu ajutorul progreselor tehnologice, rămâne considerabil.

Modelarea inundației poate ajuta la înțelegerea producerii inundației și la identificarea suprafețelor potențiale care ar putea să fie inundate, astfel permițând planificarea pentru reducerea daunelor cauzate de inundații prin efectuarea de avertizare timpurie pentru comunitățile din aval, în special în zonele de inundare care vor fi afectate. În același timp, modelarea poate fi utilizată pentru a evalua diverse măsuri de atenuare a inundațiilor în scopul de a determina, care alternative

vor fi fezabile din punct de vedere economic și ecologic având în vedere condițiile predominante.

Râurile Timiș și Bega aflate în regiunea Banat din România, sunt în ultimul timp, tot mai mult supuse la inundații, indicând necesitatea existenței unui Sistem Suport de Decizie pentru un sistem de prognoză al viiturii (inundației), un sistem care poate sprijini managementul operațional al apei, în condiții extreme, atunci când hotărârile trebuie să fie luate rapid.

Această lucrare prezintă proiectarea unui astfel de sistem pentru situația menționată anterior. Râurile Bega și Timiș, au fost considerate în comun, deoarece răspunsurile lor hidrodinamice sunt condiționate de funcționarea structurilor hidraulice existente, folosite pentru transferul de apă între ele. Principala utilizare a sistemului este pentru prognoză și creșterea ridicată a nivelului de apă al râului.

Administrația Națională "Apele Române" responsabilă pentru gestionarea globală a resurselor de apă urmează legislația compatibilă cu reglementările UE în ceea ce privește gestionarea resurselor de apă și conservarea ecosistemelor acvatice și a zonelor (regiunilor) de apă. În acest sens, această instituție este responsabilă pentru modul în care sunt folosite resursele de apă de suprafață și subterană de pe teritoriul românesc.

În ceea ce privește problemele de inundații, una dintre cele mai vulnerabile regiuni din România este zona de vest. Mai mult, multe râuri din această regiune sunt de natură transfrontarieră. Majoritatea râurilor din partea de vest a României au bazinele atât în România cât și în Serbia, sau în România și Ungaria. Orice eveniment care are loc pe aceste râuri este transmis (deturnat) în aval în țara vecină. Un exemplu tipic al acestei situații este râul Timiș, care în ultimii ani a cauzat unele inundații grave în cele două țări vecine: România și Serbia. În trecut, multe diguri au fost construite de-a lungul râului pentru apărarea împotriva inundațiilor, dar care în schimb au determinat propagarea inundațiilor mai rapidă în aval, cauzând daune grave datorate inundațiilor.

7.1.2. Sistemul Suport de Decizie (SSD)

Pentru a monitoriza mai bine progresia (înaintarea, avansarea) unei inundații majore și impactul probabil al acesteia asupra oamenilor și proprietăților, Administrația Bazinală de Apă Banat trebuie să se concentreze în construirea unui Sistem Suport de Decizie urgente pentru inundații (SSD) în caz de inundații în zonă. Se anticipează că SSD va genera o înțelegere mai clară a comportării inundației (viiturii) și al impactului ei în cadrul comunității non-tehnice și cel mai important va înzestra (prevedea) Comitetul Județean pentru Situații de Urgență Timiș cu instrumentele necesare pentru a planifica și a răspunde evenimentelor produse pe parcursul inundațiilor.

Scopul SSD este:

- a) să integreze informațiile hidrologice, hidraulice și GIS despre inundații evaluate pe parcursul ultimilor ani;
- b) să prezinte rezultatele modelării (planificării) și istoricul inundațiilor, integrate cu bunuri, infrastructură și date ale comunității și să sprijine astfel în pregătirea planurilor de urgență în caz de dezastre;

- c) să genereze o suprafață de inundații pentru un eveniment real prin interpolarea dintr-o bancă de date a unor suprafețe pre-calulate sau prin rularea unui model de inundații în timp real folosind hidrograful prezis pentru eveniment și convertind rezultatele, să extragă și să prezinte decizii de urgență vitale în caz de inundații, culegând informațiile pe parcursul unui eveniment real.

Structura generală a unui astfel de sistem suport de decizie este prezentată în figura 7.1. în care punctul a) este reprezentat pe nivelul 3, punctul b) este reprezentat pe nivelul 2 și punctul c) este reprezentat pe nivelul 1

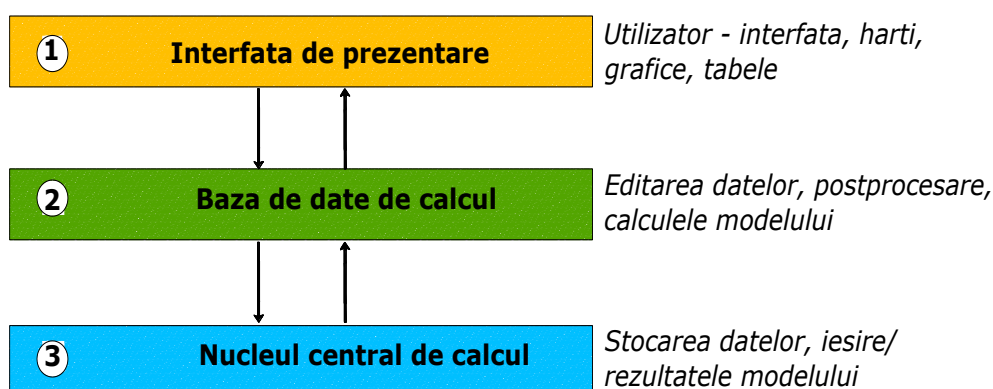


Figura 7.1. Conceptul SSD de trei straturi

7.2 Structura de urgență a SSD

7.2.1. Descrierea unui sistem SSD

În esență un Sistem Suport de Decizie (SSD) este o aplicație Windows care conectează bunurile, infrastructura și bazele de date GIS ale comunității cu suprafața prezisă a fi inundată și actualizează diverse regiuni (terenuri, bazine) afectate de inundații din cadrul acestor baze de date. Aceste informații pot fi apoi prezentate pentru a sprijini răspunsurile de urgență și planificarea deciziilor adoptate, cum ar fi hărțile tematice și rezumatele tabelare.

Un element cheie în SSD este simplitatea de utilizare pentru personalul de intervenție în urgențe, menținând în același timp flexibilitatea în varietatea de opinii și de integrare cu oricare număr din straturile GIS (stratul 1, stratul 2, stratul 3).

Sistem Suport de Decizie (SSD) integrează toate aceste informații, inclusiv executarea automată a modelelor de inundații bazată pe prognozele hidrografice, furnizând autorităților responsabile datele necesare pentru a răspunde la urgențe în caz de inundații.

Biblioteca (baza de date) statistică precalculată a suprafețelor inundate este construită în paralel cu sistemul în timp real astfel încât ea poate fi folosită în caz de defecțiuni ale sistemului în timp real.

Principala structură a SSD este descrisă în figura 7.1 și detaliile ei sunt prezentate în figura 7.2.

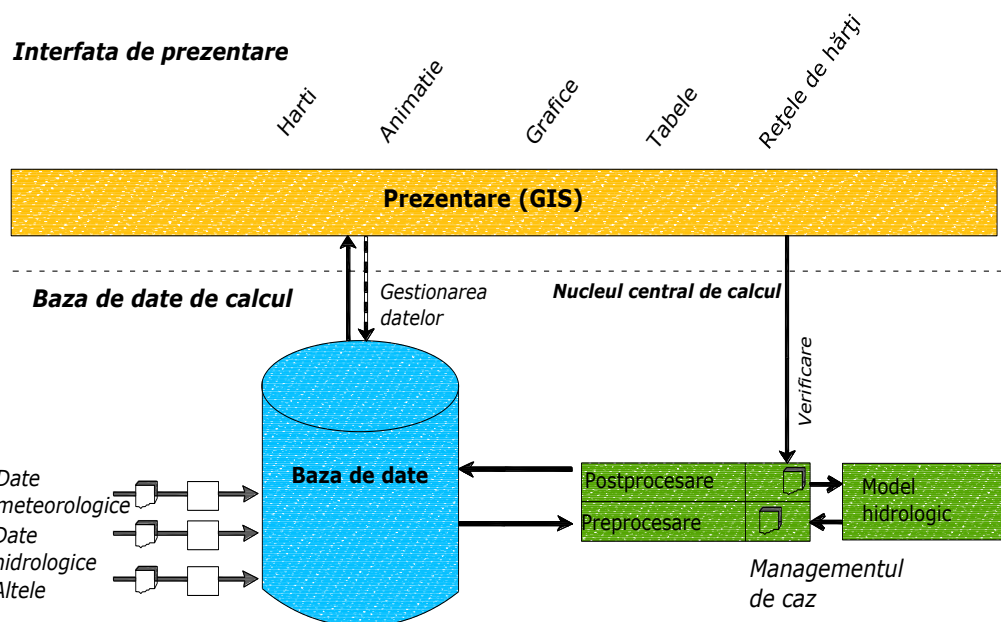


Figura 7.2. Cadrul conceptual al unui SSD

Capacitatea de procesare a Sistemul Suport de Decizie (SSD) include interpolarea unei suprafețe de inundații prezisă din biblioteca (baza de date) de suprafețe proiectate pe baza nivelurilor maxime de inundații prezise, determinate la una sau mai multe măsurători.

În timp real, Sistemul Suport de Decizie (SSD) citește prognoza precipitațiilor și creșterea prezisă a nivelului hidrografic, informații furnizate electronic de către o bază de date de modele și le convertește într-un format adecvat pentru modelul hidraulic implementat de inundații.

Modelul de inundații este apoi rulat automat de către Sistemul Suport de Decizie (SSD) și după finalizare, Sistemul Suport de Decizie (SSD) convertește rezultatele pe cadrul spațial al suprafeței inundate. În acest caz, toate intervalele de

timp dintr-o perioadă de timp pre-selectată sunt convertite pentru a genera o serie de timpi de evoluție a suprafețelor inundate.

După ce a fost generată suprafața de vârf a inundațiilor, ori de la baza de date, ori prin modelare în timp real, suprafețele (terenurile, domeniile) din diferitele straturi integrate GIS pot fi apoi actualizate.

Această analiză include de obicei transferul nivelelor de inundații, determinarea adâncimilor relative ale inundațiilor față de nivelul solului sau față de nivelul rutier, determinarea spațiului aerian de sub poduri, și cu datele intervalelor de timp, timpul anticipat până când facilitățile cheie, cum ar fi căile de evacuare, vor fi afectate.

7.2.2. Utilizarea SSD-ului în planificarea deciziilor de urgență

Pregătirile inițiale ale Sistemul Suport de Decizie (SSD) ar trebui să includă un set de planuri (schițe, proiecte) ale zonelor și căilor de evacuare. Acestea ar trebui completate (dezvoltate, puse la punct) mai târziu ca parte integrantă a unui proces de planificare în caz de calamitate (avarie, dezastru) în timpul inundațiilor.

Componenta de vizualizare a inundațiilor din cadrul SSD, va permite personalului din unitățile de intervenție în caz de urgență să se familiarizeze cu potențialul comportament al inundațiilor (potențiala evoluție a viiturii), inclusiv cotele de creștere, evoluția extinderilor inundației, zone cu risc ridicat de inundații, și va decala în avans intervalul de timp la care căile de evacuare devin impracticabile.

Deși inundațiile proiectate (modelate) rareori reprezintă evenimente reale, ele oferă totuși un indiciu bun (corect) asupra potențialei zone de acțiune a inundațiilor și reproduc adesea etapele de creștere a unei inundații majore, atunci când procesul de evacuare este în curs de desfășurare. Zonele preliminare de evacuare vor fi fiecare analizate în detaliu cu privire la:

- × coerența pentru emiterea de avertismente;
- × decalarea în avans a intervalului de timp la care căile de evacuare devin impracticabile;
- × identificarea căilor de evacuare alternative;
- × zonele în care poate fi necesară înălțarea căilor de evacuare;
- × necesitatea amplasării de refugii pe teren;
- × interacțiunea traficului cu alte zone de-alungul căilor comune de evacuare;
- × condițiile probabile de inundații în timpul oricărei operațiuni de salvare;
- × distribuția și dimensiunea facilităților necesare pentru coordonarea evacuării;
- × distribuția demografică a persoanelor vârstnice unde poate fi necesară mai multă asistență.

Cu toate acestea, unul dintre avantajele majore ale unui instrument, cum ar fi SSD-ul și bazele sale de date asociate, este captarea cunoștințelor pentru instruirea (calificarea, formarea) profesională și transmiterea acestor cunoștințe specialiștilor în intervenții în caz de urgență din generațiile viitoare.

7.2.3. Utilizarea SSD-ului în cazul unor evenimente reale (inundații în timp real)

Cele două elemente cheie ale informațiilor despre inundații care sunt esențiale pentru un răspuns de urgență eficient sunt cunoașterea rezultatului final sau a zonei de risc și cunoașterea unui indiciu cu privire la cotele la care viitura este în creștere și există probabilitatea să mai crească.

Deversarea hidrografică va fi generată de un model hidrologic, unde este făcută o analiză a precipitațiilor atmosferice, în timp ce modelarea ulterioară de inundații și prelucrarea de date de către Sistemul Suport de Decizie (SSD) poate dura până la câteva ore. Rezultatele vor oferi în continuare multe ore de preaviz (timp în avans) pentru identificarea condițiilor de inundații.

În caz de eșec de modelare, biblioteca de date pre-calulate, care procesează în câteva minute, poate fi consultată.

Biblioteca proiectează (planifică, modelează) inundații cu rate similare de creștere ce pot fi folosite pentru a anticipa impactul pe termen scurt și pentru a sprijini cu resurse prioritățile existente.

În utilizarea în timp real, Sistemul Suport de Decizie (SSD) va acorda asistență la identificarea grafică a comunității supuse la risc și la determinarea amplitudinii impactului și va identifica astfel domeniul de aplicare pentru orice evacuare.

Ulterior, pe măsură ce inundațiile progresează, Sistemul Suport de Decizie (SSD) poate fi folosit pentru a indica impactul inundațiilor în viitorul apropiat (1 sau 2 ore) permite stabilirea priorităților și resurselor răspunsului de urgență, care urmează să fie alocate în mod corespunzător.

7.3 Concluzii

Dezvoltarea unui Sistem Suport de Decizie (SSD) de urgență în caz de inundații reunește modelarea hidrologică și hidraulică într-o platformă, ce poate fi integrată, după cum este necesar, cu baze de date spațiale pe comunitate, proprietăți, infrastructură și mediu.

Instrumentul are capacitatea de a analiza și apoi de a prezenta grafic impactul oricărei inundații asupra comunității în timpul evenimentului, astfel încât un răspuns adecvat poate fi montat (construit) cu un preaviz (timp în avans) cât mai mare posibil.

Sistemul Suport de Decizie (SSD) va furniza de asemenea date utile de bază și va analiza capacitatea (aptitudinile) din zona de planificare a utilizării terenurilor.

CAPITOLUL 8 – CONCLUZII ȘI RECOMANDĂRI

8.1 Concluzii

În teza de față s-a avut în vedere studiul tranzitării debitelor de apă pe râurile îndiguite cu acumulări laterale, principalul scop al studiului a fost acela de a studia cu ajutorul modelelor matematice posibilitatea reducerii efectelor inundațiilor. Datorită studierii diferitelor cazuri de inundare se pot elabora planuri de apărare și se pot recomanda măsuri de atenuare și prevenire a efectelor acestora. În principal, au fost studiate care sunt efectele erorilor datelor de intrare în modele matematice considerate și care este marja de siguranță în care se pot lua decizii în caz de inundații. Studiul în sine arată potențialul de a realiza hărți de risc la inundații cu prezentarea probabilităților unor zone de a fi inundate sau nu. Acest lucru oferă instrumente puternice factorilor de decizie în caz de inundație.

Teza a studiat și efectul digurilor asupra inundațiilor transfrontariere, studiul face o analiză a influenței vegetației asupra nivelurilor de apă în râul Timiș. Studiul prezintă schematizarea curgerii în regim amenajat cu atenuări în poldere și acumulări, în cazul debitelor cu asigurările de 1% și 5%.

În urma studiului realizat se pot concluziona 5 principii pentru îmbunătățirea management-ului inundațiilor. Aceste principii se regăsesc enunțate într-o formă sau alta în toate documentele naționale și sunt prezentate în mod unitar în acest capitol, după cum urmează:

1. conviețuirea cu evenimente de inundație

Inundațiile sunt recunoscute ca un fenomen natural inevitabil. În timp ce inundațiile pot avea efecte benefice, impactul lor negativ poate fi redus dacă se înțelege riscul ce rezultă din combinarea hazardului la inundații cu vulnerabilitatea societății. Hazardul poate fi redus prin intervenții structurale potrivite și prin introducerea de tehnologii de alarmare și control. În plus trebuie introdusă o planificare de apărare clară, conștientizarea populației și o legislație corespunzătoare. Înainte de toate este necesar să fie depus un efort continuu de a reduce riscul la inundație printr-un management corespunzător la inundații. Atât comunitățile cât și guvernele trebuie să fie îndrumate în ceea ce privește inundațiile prin dezvoltarea de strategii care armonizează atât măsuri structurale cât și nonstructurale pentru a realiza apărarea împotriva inundațiilor

2. echitate

Atât responsabilitățile cât și beneficiile datorate management-ului riscului la inundații (prevenire, răspuns și revenire), trebuie să fie distribuite în mod echitabil. O distribuție a responsabilităților și beneficiilor trebuie să aibe dimensiuni atât legale cât și etice. Este inevitabil ca management-ul riscului la inundații să promoveze legi potrivite sau o legislație corespunzătoare care trebuie să fie percepută ca dreaptă și legitimă de către toți cei afectați de inundații. Aceasta este o problemă de dezvoltare durabilă, care este echivalent cu promovarea echității din generație în generație.

3. participare colectivă

Participarea tuturor părților interesate, atât ca persoane individuale cât și ca și comunități este recunoscut a fi un factor important pentru implementarea cu succes a management-ului riscului la inundații. O astfel de participare colectivă devine operațională datorită legislației în vigoare, cât și datorită tehnicilor de comunicare modernă care permite coordonarea tuturor acțiunilor legate de apărarea împotriva inundațiilor.

4. multidisciplinaritate

Management-ul inundațiilor este un proces care necesită implicarea domeniilor tehnic, social, ecologic, economic, legal și politic. Din acest motiv este necesar să existe o integrare și o comunicare între aceste domenii pentru a facilita toate acțiunile legate de management-ul inundațiilor.

5. cooperare regională și internațională

Acest al 5-lea principiu dorește să pună în evidență, în mod special în zona Timiș-Bega, necesitatea de a coopera nu doar regional, ci și internațional în a preveni efectele inundațiilor. Cooperarea regională și internațională este necesară pentru a implementa tehnologii similare de management al inundațiilor, de a schimba idei și experiențe în management-ul inundațiilor pentru a se face bineînțeles de ambele părți care sunt eforturile depuse la management-ul inundațiilor.

Din punct de vedere ingineresc este important, așa cum s-a arătat în teză, să existe un SSD care în caz de urgență are capacitatea de a analiza și a arăta impactul unei inundații și de a sta la dispoziția organelor de decizie pentru a lua deciziile necesare în caz de inundații.

8.2 Contribuții personale

Lucrarea conține 176 de pagini, fiind structurată pe 8 capitole. În cadrul acestor capitole se regasesc un număr de 16 relații matematice, 21 liste cu tabele, 29 hărți, imagini satelitare, scheme de flux de informații, alte 91 grafice și diagrame, inclusiv planuri de situație reprezentând rezultatele simulărilor, a măsurătorilor și prelucrarea acestora pentru obținerea rezultatelor.

Având în vedere că tematica aleasă este complexă, în teza de față s-a avut în vedere studiul tranzitării debitelor de apă pe râurile îndiguite cu acumulări laterale, principalul scop fiind acela de a studia cu ajutorul modelelor matematice posibilitatea reducerii, a diminuării efectelor inundațiilor.

Dintre contribuțiile personale aduse în această lucrare sunt de menționat următoarele:

- * prezentarea în detaliu a bazinului hidrografic Timiș-Bega, precum și istoricul inundațiilor importante semnalate în această zonă începând cu anul 1912, de când există măsurători a ceea ce se întâmplă în această zonă;

- * stabilirea unor zone caracteristice aplicării metodelor de modelare: hidrologic, hidraulic și hidrodinamic

- * prezentarea unei metode originale de abordare a lucrării luând în considerare datele cunoscute și generarea altor date noi pentru efectuarea studiului;

- * aplicarea calculului distribuit ca metodă pentru studii hidrologice și hidraulice, precum și beneficiile rezultate datorită reducerii timpilor de calcul prin folosirea acestei metode în bazinul hidrografic Timiș-Bega;

- * implementarea serviciului de calcul „Amazon EC2” oferit de Internet pe sistem „**cloud computing**” prin rularea în paralel pe mai multe instanțe de calcul;

- * stabilirea pașilor care trebuie urmați în accesarea serviciului „Amazon EC2” cu ajutorul Internet-ului, pentru sistemul hidraulic complex, cum este cel al bazinului Timiș-Bega;

- * realizarea modelului Timiș-Bega din trei modele diferite după necesitatea de modelare a acestora, respectiv o modelare hidrologică pentru 23 de subbazine, o modelare 1D a celor două râuri Timiș și Bega, și o modelare 2D a zonei de câmpie în aval la frontiera de stat;

- * utilizarea modelării inundațiilor bazate pe ipoteza existenței unor erori în datele de intrare în modelele matematice (erori datorate nivelului inițial în lacurile de acumulare Poiana Mărului și acumularea Surduc, și erorilor datorate topografiei terenului);

- * sistematizarea unor programe de calcul din domenii diferite care au contribuit la studiul efectuat și evidențierea acurateții rezultatelor obținute prin utilizarea acestora;

- * studiul metodelor de realizare a unor tipuri de hidrografe utilizate la analiza rezultatelor obținute;

- * sistematizarea unui studiu intens al documentațiilor din literatura de specialitate – nu doar românești ci și în engleză – pe baza bibliografiei consultate, privind evoluția metodelor de calcul a debitelor maxime și interpretarea rezultatelor obținute;

- * prin rularea modelului s-au obținut hărți de risc la inundații, hărți ce pot fi de ajutor gospodarilor de ape, în cazul în care trebuie luate decizii de evacuare sau protecție a unor regiuni;

* propunerea de realizare a unui Sistem Suport de Decizie, pentru bazinul hidrografic Timiș-Bega, sistem care să stea la baza deciziilor care trebuie luate în caz de urgență, cât și pentru planificarea pe termen lung în caz de apărare împotriva inundațiilor;

* analiza influenței digurilor asupra tranzitării debitelor de apă pe râurile îndiguite, în cazul particular al inundațiilor transfrontaliere dintre România și Serbia, prin calculul debitelor și nivelurilor de apă în diferite puncte în lungul râului Timiș, calcule efectuate pentru două variante – 1. în ipoteza existenței culoarului curățat de vegetație (B=130-200 m) și a ipotezei îndepărtării complete a vegetației pe teritoriul sârbesc, respectiv pe tronsonul Boka - frontieră;

* analiza influenței structurilor hidrotehnice (diguri, baraje, poldere), cât și influența vegetației din zonă, se face o recalculare a coeficienților de rugozitate a albiei râului Timiș, funcție de condițiile existente în zonă;

* evidențierea zonelor periculoase, care pot fi afectate de fenomene, cum sunt inundațiile, prin realizarea diagramei de distribuției a debitelor maxime cu asigurarea de 1% și 5%, în regim amenajat cu atenuări în poldere și acumulări;

* prezentarea grafică a studiului utilizând diferite tipuri de aplicații pe computer ca urmare a rezultatelor obținute după rularea modelelor

Modelarea inundației contribuie la înțelegerea producerii inundației și la identificarea suprafețelor potențiale care ar putea fi inundate, ceea ce permite planificarea pentru reducerea daunelor cauzate de inundații prin efectuarea de avertizare timpurie pentru comunitățile din aval, în special zonele de inundare care urmează a fi inundate.

8.3 Recomandări

Din punct de vedere ingineresc se recomandă ca în caz de inundații să se aibă în vedere următoarele:

- anticipare înainte de reacție: prin aceasta se consideră că este mai bine să fii pregătit de posibilitățile apariției unei inundații decât să fii luat prin surprindere și să acționezi ineficient. Prin anticipare nu se înțelege doar focusul asupra inundației în sine, ci și luarea în considerare a efectelor creșterii populației. Dezvoltările urbane și schimbările valorice economice sunt efecte care pot contribui la creșterea pierderilor în caz de inundații;

- luarea în considerare a erorilor datorate calculelor cât și schimbarea factorilor climatici: evenimentele cum sunt inundațiile nu se pot prognoza cu certitudine și sunt supuse schimbărilor climatice. Deși calculele care se fac la ora actuală cu modelele matematice complexe existente sunt foarte bune trebuie avut în vedere erorile introducerii de măsurători de date imprecise, aceste erori trebuie explicate în mod clar și cuantificate în așa fel încât factorii de decizie să poată lua măsuri adecvate în caz de urgențe.

În plan particular se pot face recomandări vizavi de comportamentul bazinului hidrografic Timiș-Bega.

Deși reabilitarea digurilor râului Timiș pe sectorul Lugoj – frontieră, prin

măsurile actuale de consolidare și supraînălțare, acestea rămân vulnerabile, ceea ce implică o analiză în gestionarea problematicii inundațiilor prin includerea unor măsuri structurale, ținând cont de noile concepte bazate pe principii noi de genul "**more space for the rivers**", ceea ce presupune acceptiunea ca digurile să fie amplasate la o distanță relativ mare față de albia minoră a râului, astfel că într-o anumită zonă trebuie găsite soluții, altele decât cele clasice de gestiune a viiturilor, gen : supraînălțarea digurilor, realizarea unor praguri, remodelarea geometriei scurgerii, etc.

Pentru aceasta în anumite zone se va avea în vedere :

- realizarea unor înălțimi mici sau deloc a digurilor, dacă terenurile din jur pot fi aduse la o formă care să fie în avantajul societății ;
- construirea unor diguri inelare în jurul localităților expuse fenomenelor inundațiilor ;
- realizarea prin deversări laterale (poldere) de acces controlat al apei, având asigurată capacitatea de admisie a volumelor de apă proiectate ;
- amenajarea unor suprafețe care temporar se vor inunda controlat prin sisteme hidraulice de redare a volumului de apă stocat, înapoi în albia râului, în urma unor studii topometrice, hidrologice, economice, sociale, impact asupra mediului,etc.

BIBLIOGRAFIE

Aldescu, C., 2008. The necessity of flood risk maps on Timiș river, In: Brilly, M., Sraj, M., XXIVth Conference of the Danubian countries: Bled, Slovenia, p. 31-36

Alexander D., (2004), Natural Disasters Routledge, London & New York

Arduino G., R. P., Todini E., (2005). "Recent advance în flood forecasting and flood risk assessment " Hydrology and Earth System Sciences 9(4): 280-284.

Barredo, J. I. (2007). "Major flood disasters în Europe: 1950–2005." Natural Hazards and Earth System Science 42(1): 125-148.

Blackburn J. , F. E. H. (2002). "Combined flood routing and flood level forecasting." Canadian Journal of Civil Engineering 29: 64-75.

Boukerche, A., de Melo, A.C.M.A., Ayala-Rincón, M., Walter, M.E.M.T., 2007. Parallel strategies for the local biological sequence alignment in a cluster of workstations. Journal of Parallel and Distributed Computing 67(2), 170-185.

Brown, J.D., Heuvelink G.B.M., 2007. The Data Uncertainty Engine (DUE): A software tool for assessing and simulatng uncertain environmental variables. Computers & Geoscience 33, 172-190.

Buchele, B. K., H., Kron,A., Thieken,A.; Ihringer,J.;Orberle,P.; (2006). "Flood-risk mapping: contributions towards an enhanced assessment of extreme events and associated risks." Natural Hazards and Earth System Science 6(4): 485-503.

Carabajal, C.C., Harding, D.J., 2006. SRTM C-band and ICESat Laser Altimetry Elevation Comparisons as a Function of Tree Cover and Relief - Validation of SRTM C-band DEMs Using Ice, Cloud, and Land Elevation Satellite (ICESat) data. Photogrammetric engineering and remote sensing 72(3) 287 – 298

Carsell M. K. et al (2004) "Quantifying the benefit of a flood warning system"Natural Hazard Review 5(3).

Chow, V. T. (1988). Applied Hydrology. New York, NY, McGraw-Hill Book Co.

Cobby, D.M., Mason, D.C., Horritt, M.S., Bates, P.D., 2003. Two-dimensional hydraulic flood modelling using a finite-element mesh decomposed according to vegetation and topographic features derived from airborne scanning laser altimetry. Hydrological Processes 17(10), 1979-2000.

Constantinescu L. – Le strade de pollution des terrains dans le departament de Timiș, Buletinul Științific al Universității "Politehnica" din Timișoara, 1998

Crețu Gh., Codruța Bădăluță-Minda, Bazele gospodăririi apelor, 2011

- Crețu Gh., Roșu C., - 2001, "Basic Hydrology Lousanne University", VICAIRE
- Crețu Gh., Roșu C., Inundații accidentale, Editura H.G.A. București 1998
- Crețu Gh.,- Economia Apelor, Ed.Didactică și Pedagogică, București 1977
- Crețu Gh., - Hidrologie, curs litografiat IPTV Timișoara 1979
- Crețu Gh.,- Optimizarea sistemelor de gospodărire a apelor, Ed. Facla, Timișoara, 1989
- Crețu I., - Hidraulică generală și subterană, Ed. Didactică și Pedagogică – București, 1971
- Cunge, J.A., Holly, F.M., Verwey, A., 1980. Practical aspects of computational river hydraulics. Pitman Advanced Pub. Program, Boston, 420p
- Cunge, J.A., Applied Mathematical Modelling of Open Channel Flow, Unsteady Flow în Open Channels, Vol. 1, eds. Mahmood, K., and Yevjevich, V., Water Resources Publications, Fort Collins, USA., 1975.
- Damas, M., Salmeron, M., Ortega, J., Olivares, G., Pomares, H., 2001. Parallel dynamic water supply scheduling in a cluster of computers. Concurrency and Computation: Practice and Experience 13 (15), 1281-1302.
- David I., Hidraulica I, II, Litografia U.P. Timișoara 1990
- David I., 1998, Groundwasserhydraulik, Stromungs und Transportvorgange, Braunschweig, Wiesbaden, Vieweg
- David I., Bellici R.F. – Modelarea propagării poluanților în acvifere, în condițiile mișcării generale de captări și drenaje subterane
- David I., Carabeț A., Șumălan I., Nițușcă A. – Transportul poluanților prin medii poroase, Universitatea "Politehnica" Timișoara
- David I., Hidraulica, vol.II, IPTV Timisoara, 1990
- De Oliveira, P.T.S., Sobrinho, T.A., Steffen, J.L., Rodrigues, D.B.B., 2010. Caracterização morfométrica de bacias hidrográficas através de dados SRTM [Morphometric characterization of hydrographic basins through SRTM data]. Rev. Bras. Eng. Agric. Ambient. Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental 14(8), 819-825.
- Dejun, J., Pierre, G., Chi, C.-H., 2010. EC2 Performance Analysis for Resource Provisioning of Service-Oriented Applications. Service-Oriented Computing. ICSOC/ServiceWave 2009 Workshops. Springer Berlin / Heidelberg, pp. 197-207.

Federal Emergency Management Agency, 2003. Guidelines and specifications for Flood Hazard Mapping Partners, FEMA's Flood Hazard Mapping Program: Washington DC.

Feldman, A.D., Hydrologic Engineering, C., 2000. Hydrologic modeling system HEC-HMS : technical reference manual. US Army Corps of Engineers, Hydrologic Engineering Center, Davis, CA.

Ferreira, C., 2004. Metodo para elaboracao de mapas de inundacao: Estudo de caso na bacia do rio Palmital Parana, Setor de Tecnologia [Method to elaborate flood maps: case study Palmital Parana river basin]. Universidade Federal do Paraná: Curitiba, 132p

Garcia, M., Basile, P., Riccardi, G., Stenta, H., 2007. Modelacion Hidrodinamica de Sistemas Cauce - Planicie de Inundacion en Grandes Rios Aluviales de Lanura [Hydrodynamic modelling of floodplains], III Simposio Regional sobre Hidraulica de Rios: Cordoba, Argentina.

Githui F W(2007), Assessment of impacts of climate change on runoff, Nzoia River catchment, Kenya.

Giurma I., Zavati V., Budei L. Hidrologie – lucrări practice, I.P. Iași, Rota-print, 1980

Giurma I., Crăciun I., Giurma C-R., - Hidrologie și hidrogeologie-aplicații, Ed. "Gh. Asachi" Iași, 2001

Giurma I., - Viituri și măsuri de apărare, Ed. "Gh. Asachi" Iași, 2003

Giurma I., - Hidrologie specială, Ed. Politehniun, Iași, 2004

Giurma I., Crăciun I., Giurma C-R., - Hidrologie, Ed. Politehniun, Iași 2006

Gorokhovich, Y., Voustianiouk, A., 2006. Accuracy assessment of the processed SRTM-based elevation data by CGIAR using field data from USA and Thailand and its relation to the terrain characteristics. Remote Sensing Of Environment 104(4), 409-415.

Hengl, T., Heuvelink, G. B. M., van Loon, E. E., 2010. On the uncertainty of stream networks derived from elevation data: the error propagation approach. Hydrol. and Earth Syst. Sci. Discuss. 7, 767-799

Herold, C., Mouton, F., 2006. Global flood modelling: Statistical estimation of peak - flow magnitude. World Bank Development Research Group & UNEP/GRID - Europe Early Warning Unit.

Hladny, J., and Buchtele, J., Hydrological Aspect of Extreme Floods and Droughts, Hydrology of Disaster, Proceeding of the Technical Conference of WMO, Geneva, 8-27, James and James, 1989

Ion M., Lazar G. (2005) Feasibility approach of the high waters management in the Timiș River low basin. Unpublished.

Kang, H., Choi, S.U., 2005. 3D numerical simulation of compound open-channel flow with vegetated floodplains by Reynolds stress model. *KSCE Journal of Civil Engineering* 9(1), 7-11.

Knebl, M.R., Yang, Z.L., Hutchison, K., Maidment, D.R., 2005. Regional scale flood modelling using NEXRAD rainfall, GIS, and HEC-HMS/RAS: a case study for the San Antonio River Basin Summer 2002 storm event. *Journal of Environmental Management* 75(4) 325-336.

Knight, D. W. S., Asaad Y (2006). *River Basin Modelling for Flood Risk Mitigation* London, UK, Taylor & Francis Group plc.

Liggett, J.A., and Cunge, J.A., *Numerical Methods of Solutions of the Unsteady Flow Equations, Unsteady Flow in Open Channels, Vol. 1*, eds. Mahmood, K., and Yevjevich, V., Water Resources Publications, Fort Collins, USA., 1975.

Lin, B., Wicks, J.M., Falconer, R.A., Adams, K., 2006. Integrating 1D and 2D hydrodynamic models for flood simulation. *Proceedings of the Institution of Civil Engineers. Water management / 159 (1)*, 19-25

Lindenschmidt, K.-E., Huang, S., Baborowski, M., 2008. A quasi-2D flood modelling approach to simulate substance transport in polder systems for environment flood risk assessment. *Science of The Total Environment* 397(1-3), 86-102.

Ludwig, R., Schneider, P., 2005. Validation of digital elevation models from SRTM X-SAR for applications in hydrologic modelling. *ISPRS journal of photogrammetry and remote sensing: Official publication of the International Society for Photogrammetry and Remote Sensing (ISPRS)*. 60(5) 339-358

Macdonald, I., Strachan, P., 2001. Practical application of uncertainty analysis. *Energy and Buildings* 33(3) 219-227.

Maftai C., *Hidrologie – Aplicații*, Ed. Ex Ponto, Constanța, 2004

Mahmood, K., and Yevjevich, V., *Unsteady Flow in Open Channels, Vol. 1*, eds. Mahmood, K., and Yevjevich, V., Water Resources Publications, Fort Collins, USA., 1975.

Makhanu S. K. (Ed.), (2005). *Regional Power Integration in Hydropower, Project Report for Phase I, on Regional Power Integration in Hydropower: Workshop and Seminar on Nile Basin Capacity Building Network for River Engineering (NBCBN – RE) Held 13th – 16th June 2004, Cairo – Egypt*, pg 26-27.

Malczyk and Janusz, 2008. Cluster computing of mechanisms dynamics using recursive formulation. *Multibody System Dynamics* 20(2), 177-196.

Man T.E. – Exploatarea și întreținerea lucrărilor de îmbunătățiri funciare – Îndrumător de lucrări practice – Universitatea Tehnică Timișoara, 1991

Man T.E. – Exploatarea sistemelor de îmbunătățiri funciare, Universitatea Tehnică Timișoara, 1992

Man T.E., Carnaru A., Todor V. Simpozionul "Îmbunătățiri funciare în Banat – trecut, prezent și viitor"

Man T.E., Nedelcu R., Bîrliță I. – Aspecte privind calitatea apelor interne din Câmpia Banatului, "Îmbunătățiri funciare între prezent și viitor" – Simpozion Timișoara, 25 mai 2001

Mancia Aurora, Mancia Mircea, "Amenajări complexe în bazinul hidrografic Crișuri", în Analele Universității din Oradea, Fascicula Construcții și Instalații Hidroedilitare, vol. XI, Ed. Universității din Oradea, 2008, pp. 287 – 290

Mancia Aurora, Mancia Mircea, "Dams, Flooding and their impact on the Environment", în Analele Universității din Oradea, Fascicula Construcții și Instalații Hidroedilitare, vol. XI, Ed. Universității din Oradea, 2008, pp. 295 – 300

Mancia Aurora, Mancia Mircea, "Amenajarea și gospodărirea apelor în bazinul hidrografic Crișuri", în Analele Universității din Oradea, Fascicula Construcții și Instalații Hidroedilitare, vol. V, Ed. Universității din Oradea, 2003, pp. 129 – 134

Mango Thomas, (2003). The Issue of Floods în Budalang'I division, (Report for Budalang'i Floods Stakeholders Forum, September, 10th – 11th, 2003), Budalang'i – Kenya, pg 1-12.

Manualul Inginerului Hidrotehnician, Vol. I, Editura Tehnică, București, 1969

Mateescu C. Hidraulica, E.D.P. București 1961

Meylan P., Musy A. Hidrologie frequentielle. Editions H.G.A., Bucarest, 1999

Miller, W.A., and Woolhiser, D.A., Choice of Models, Unsteady Flow in Open Channels, Vol. 1, eds. Mahmood, K., and Yevjevich, V., Water Resources Publications, Fort Collins, USA., 1975.

Mirel I., Hidraulică și construcții edilitare, Litografia I.P.T. Timișoara 1986

M. Lazar G. (2005) Feasibility approach of the high waters management in the Timiș River low basin. Unpublished.

Morariu T., Pisola I. Hidrologie generală, E.D.P. București 1962

M. S. Horritt, P. D. B. (2002). "Evaluation of 1D and 2D numerical models for predicting river flood inundation" Journal of Hydrology 268(1-4): 87-99.

Musy A. Hidrologie Apliquee, Ed. H*G*A*, Bucarest, 1998

- Musy A., Laglaine V. Hydrologie Generale, Cours polycopie, Lausanne, 1992
- Neal, J.C., Fewtrell, T.J., Bates, P.D., Wright, N.G., 2010. A comparison of three parallelisation methods for 2D flood inundation models. *Environmental Modelling & Software* 25(4), 398-411.
- Nicoara S., Ion M.(2005) Aspects regarding the crisis management during the flood period în Banat province, April 14-July 5, Flood hazards mitigation seminar proceedings, Timișoara, November20-22, 2005
- Osaci Costache G., Topografie. Cartografie, Ed. Universitara, 2006
- Pandi, G. Hidrologia, Erdelyi, Tankonyvtanacs, Cluj Napoca, 2003
- Pantazica M. Hidrometrie, Editura Universității "Al.I.Cuza" Iași; 1985
- Pișota I. Hidrologie, Editura UNIVERSITARA, București 2005
- Pișota I., Bota I. Hidrologie, E.D.P. București 1975
- Pișota I., Zaharia Liliana Hidrologie. Caiet de lucrări practice, Editura Universității București 1995
- Popa E., Nistor Gh. Topografie, E.D.P. București 1968
- Popa Gh., Fulop E., Rusu R, Construcții hidrotehnice – Îndrumător de laborator, Institutul Politehnic "Traian Vuia" Timișoara, 1984
- Popa Gh., Mecanica rocilor și tunelurilor, Institutul Politehnic "Traian Vuia" Timișoara, 1985
- Popa R., Elemente de hidrodinamica râurilor, E.D.P. R.A.-București, 1997
- Popescu, I., Jonoski, A., Van Andel, S.J., Onyari, E., Quiroga, V.G.M., 2010. Integrated modelling for flood risk mitigation in Romania: case study of the Timiș-Bega river basin. *International Journal of River Basin Management* 8 (3) 269-280.
- Pramanik, N., Panda, R.K., Sen, D., 2010. One dimensional hydrodynamic modelling of river flow using DEM extracted river cross-sections. *Water Resources Management* 24(5) 835-852.
- Preda I., Marosi P. Hidrogeologie, E.D.P. București 1971
- Preluscek Ervin, Teza de doctorat, 1989
- Rabuffetti D. , B. S. (2005). "Operational hydro-meteorological warning and real-time flood forecasting: the Piemonte Region case " *Hydrology and Earth System Sciences* 9(4): 457-466.

Riccardi, G.A., 1997. Elaboracion de mapas de riesgo de inundacion por medio de la modelacion matematica hidrodinamica [Elaboration of flood risk maps through mathematic hydrodynamic modelling] . Ingenieria del agua 4(3) 45-56.

Rodriguez, E., Morris, C.S., Belz J.E., Chapin, E.C. Martin, J.M., Hensley, S., 2005. An assessment of the SRTM topographic products, Technical Report JPL D-31639. Jet Propulsion Laboratory: Pasadena.

Romanescu Gh. Hidrologie generală, Editura Universității "Ștefa cel Mare" Suceava 2002

Rosenthal, A., Mork, P., Li, M.H., Stanford, J., Koester, D., Reynolds, P., 2010. Cloud computing: A new business paradigm for biomedical information sharing. Journal of Biomedical Informatics 43(2) 342-353.

Schanze, J., Nato Advanced Research Workshop on Flood Risk Management - Hazards, V., Mitigation, M., 2006. Flood risk management : hazards, vulnerability and mitigation measures : [proceedings of the NATO Advanced Research Workshop on Flood Risk Management - Hazards, Vulnerability and Mitigation Measures, Ostrov, Czech Republic, 6 - 10 October 2004]. Springer, Dordrecht.

Schumann, G., Matgen, P., Cutler, M.E.J., Black, A., Hoffmann, L., Pfister, L., 2008. Comparison of remotely sensed water stages from LiDAR, topographic contours and SRTM. J. of Photogrammetry and Remote Sensing 63(3) 283-300.

Sevior, M., Fifield, T., Katayama, N., 2010. Belle Monte-Carlo Production on the Amazon EC2 Cloud, In: Lin, S.C., Yen, E. (Eds.), Managed Grids and Cloud Systems in the Asia-Pacific Research Community. Springer US, pp. 231-249.

Sharma, A., Tiwari, K.N., Bhadoria, P.B.S., 2010. Vertical accuracy of digital elevation model from Shuttle Radar Topographic Mission - a case study. Geocarto International 25(4) 257-267.

Shrestha, D.L., Solomatine, D.P., Kayastha, N., 2009. A novel approach to parameter uncertainty analysis of hydrological models using neural networks. Hydrology and Earth System Sciences 13(7) 1235-1248.

Smemoe, C.M., Nelson, E.J., Zundel, A.K., Miller, A.W., 2007. Demonstrating Floodplain Uncertainty Using Flood Probability Maps1. Journal of the American Water Resources Association 43(2) 359-371.

Soldano, A., Giraut, M., Goniadzki, D., 2007. Mapa de Susceptibilidad Urbana Ante Inundaciones, Caso: Ciudad de Goya, Provincia de Corrientes. TELEDETECCION - Hacia un mejor entendimiento de la dinamica global y regional 449-456.

Sorocovschi V., Mediul hidrosferic, [curs universitar], Cluj Napoca, 1196

Sorocovschi V., Hidrologie vol. I, Editura "Dimitrie Cantemir" Târgu Mureș

Sorocovschi V., Hidrologia uscatului, Casa Cărții de Știință, Cluj Napoca 2002

Sorocovschi V., Buta I. Hidrometrie: măsurători și calcule hidrologice, Curs, Cluj-Napoca, 1994

Sorocovschi V., Mac I., Percepția ambientală și răspunsurile umane față de risc, vol. "Riscuri și catastrofe" Editor Sorocovschi V., Editura Casa Cărții de Știință, Cluj Napoca, 2004

Soumendra, N.K., Sen, D., Bates, P.D., 2010. Coupled 1D-Quasi-2D Flood Inundation Model with Unstructured Grids. Journal of Hydraulic Engineering 138(8) 493-506.

Stănescu V.A. Hidrologie urbană, Ed. didactică și pedagogică, R.A. – București, 1995

Stănescu V., Drobot R., - Măsuri nestructurale de gestiune a inundațiilor, Editura HGA București 2002

Stef V., Costea, M. Hidrologie aplicată, Editura Universității "Lucian Blaga" Sibiu 2006

Stewart, M. D., P. D. Bates, M. G. Anderson, D. A. Price, and T. P. Burt (1999). "Modelling floods in hydrologically complex lowland river reaches " Journal of Hydrology 223(1-2): 85-106

Șelărescu M., Podani M., 1993, "Apărarea împotriva inundațiilor", Ed. Tehnică București

Șerban P., Stănescu V.A., Roman P. Hidrologie dinamică, Ed. Tehnică, București, 1989

Șumălan I., Guțiu Steluța – Aspecte specifice ale poluării apelor de suprafață precum și măsuri ce se impun la amenajări locale de alimentare cu apă în bazinul hidrografic Timiș – Bega, Lucrările simpozionului ECOTIM 2000 – Protecția mediului, Timișoara 22 – 23 martie 2003

Șumălan I., Consideration about the basic equations of solute transport in porous medium, Buletinul Științific al Universității Politehnica din Timișoara, 1977

Tarrant, O., Todd, M., Ramsbottom, D., Wicks, J., 2005. 2D Floodplain Modelling in the tidal Thames – Addressing the residual risk. Water and Environment Journal 19(2) 125-134.

Tecuci A. ș.a. – Schema cadru de amenajare și gospodărirea apelor pe bazine hidrografice din România, Sesiunea jubiliară de comunicări științifice a Universității "Politehnica" din Timișoara, Departamentul de Hidrotehnică, vol. II, Timișoara 19 – 20 octombrie 1995

Teodorescu, N.I., 2008. Conference of the Danubian Countries on the Hydrological, Forecasting Hydrological Bases of Water, M., 2008. The main characteris-

tics of the high water registered in the river basin Bega in February 1999. IOP Conf. Ser. Earth Environ. Sci. IOP Conference Series: Earth and Environmental Science 4.

Timár, G., Székely, B., Molnár, G., Ferencz, C., Kern, A., Galambos, C., Gercsák, G., Zentai, L., 2008. Combination of historical maps and satellite images of the Banat region--Re-appearance of an old wetland area. *Global and Planetary Change* 62(1-2) 29-38.

Tiscovschi A., Diaconu D. Meteorologie și hidrologie. Lucrări practice Editura: UNIVERSITARA 2004

Ujvari I. Geografia apelor României, Editura Științifică, București 1972

Vartolomei F., Probleme speciale de hidrologie, Editura Fundației "România de mâine", București 2008

Vladimirescu I., Bazele hidrologiei tehnice, Ed. Tehnică, București 1984

Vladimirescu I., Hidrologie, E.D.P. București 1978

Vrugt, J.A., Ó Nualláin, B., Robinson, B.A., Bouten, W., Dekker, S.C., Sloot, P.M.A., 2006. Application of parallel computing to stochastic parameter estimation in environmental models. *Computers & Geosciences* 32(8) 1139-1155.

Wanielista M., P. Hydrology and Water Quality Control, John Wiley & Sons, 1990

Wechsler, S., 2007, Uncertainties associated with digital elevation models for hydrologic applications: a review, *Hydrol. Earth System Science, Special Issue: Uncertainties in Hydrologic Observations*, 11, 1481-1500.

Wechsler, S. and Kroll, C., 2006 Quantifying DEM Uncertainty and its effects on topographic parameters, *Photogrammetric Engineering & Remote Sensing*, 72 (9) 108-119.

Weinhardt, C., Anandasivan, A., Blau, B., Borissob, N., Meinl, T., Michalk, W., Stöber, J., 2009. Cloud Computing - A Classification, Business Models, and Research Directions. *Business & Information Systems Engineering* 1(5) 391-399.

Werner, M.G.F., Hunter, N.M., Bates, P.D., 2005. Identifiability of distributed floodplain roughness values in flood extent estimation. *Journal of Hydrology* 314(1-4) 139-157.

Wilson, C.A.M.E., Yagci, O., Rauch, H.P., Olsen, N.R.B., 2006. 3D numerical modelling of a willow vegetated river/floodplain system. *Journal of Hydrology* 327(1-2) 13-21.

World Meteorological Organisation, International Glossary of Hydrology, WMO Publication No. 385, Geneva, Switzerland, 1974.

Yang, X.-J., Dou, Y., Hu, Q.-F., 2006. Progress and Challenges in High Performance Computer Technology. *Journal of Computer Science and Technology* 21(5) 674-681.

Zăvoianu I. Prelucrarea datelor hidrometeorologice, Editura Fundației "România de mâine", București 2007

Zheng X. 2010 Application of Cloud Computing and Surrogate Model Approximators in Multi-objective Optimization of Urban Wastewater System. MSc Thesis, UNESCO - IHE, Delft, The Netherlands

Capacity Building Network for River Engineering (NBCBN – RE) Held 13th – 16th June 2004, Cairo – Egypt, pg 26-27.

Considerații asupra zonelor de risc existente în bazinul Hidrografic Timiș-Bega, Institutul Național de Hidrologie, Programul Riverlife, Studii, 2004

D.A. Banat Timișoara, Serviciul Exploatare – Baza de date

Nodul Hidrotehnic Sînmihaiul Român– Direcția Apelor Banat Timișoara, 2002

Proiect nr 3941 - Ecologizare Canal Bega pe sectorul Timișoara – frontieră Serbia, Județul Timiș, AQUAPROIECT S.A. București, 2004

Studiu privind lucrările de gospodărirea apelor pe râul Bega Veche și Canalul Bega pentru asigurarea condițiilor cantitative și calitative ale apei pe zona amonte Timișoara – frontieră, AQUAPROIECT S.A. București, 1996

Viitura din 5 – 10 aprilie 2000 în bazinele hidrografice Timiș-Bega, Analiza Hidrometeorologică, Direcția Apelor Banat Timișoara, 2000

Viitura din 20 – 26 februarie 1999, Direcția Apelor Banat Timișoara, 1999

World Meteorological Organisation, International Glossary of Hydrology, WMO Publication No. 385, Geneva, Switzerland, 1974.