

Universitatea „Dunărea de Jos” din Galați
Școala doctorală de Inginerie Mecanică și Industrială



TEZĂ DE DOCTORAT

- REZUMAT -

Impactul antropic asupra componentelor ecosistemelor acvatice specifice Dunării

Conducător științific:

Prof. univ. dr. ing. GEORGESCU Puiu Lucian

Doctorand

Ing. NICOLAE Alina-Florina

Seria I 4 Inginerie Industrială Nr. 54

GALAȚI

2018

Universitatea „Dunărea de Jos” din Galați
Școala doctorală de Inginerie Mecanică și Industrială



TEZĂ DE DOCTORAT

- REZUMAT -

Impactul antropic asupra componentelor ecosistemelor acvatice specifice Dunării

Doctorand: Ing. NICOLAE Alina-Florina

Conducător științific: Prof. univ. dr. ing. GEORGESCU Puiu Lucian

Președinte: Prof. univ. dr. ing. MEREUȚĂ Elena
Universitatea „Dunărea de Jos” din Galați

Referenți științifici: Prof. univ. dr. MATEI Ecaterina
Universitatea „Politehnica” din București
CSI dr. ing. DEÁK György
Institutul Național de Cercetare-Dezvoltare pentru
Protecția Mediului, București
Prof. univ. dr. ing. PREDA Ciprian Ion
Universitatea „Dunărea de Jos” din Galați

Seria I 4 Inginerie Industrială Nr. 54

GALAȚI

2018

Seriile tezelor de doctorat susținute public în UDJG începând cu 1 octombrie 2014 sunt:

Domeniul **ȘTIINȚE INGINEREȘTI**

Seria I 1: **Biotehnologii**

Seria I 2: **Calculatoare și tehnologia informației**

Seria I 3: **Inginerie electrică**

Seria I 4: **Inginerie industrială**

Seria I 5: **Ingineria materialelor**

Seria I 6: **Inginerie mecanică**

Seria I 7: **Ingineria produselor alimentare**

Seria I 8: **Ingineria sistemelor**

Domeniul **ȘTIINȚE ECONOMICE**

Seria E 1: **Economie**

Seria E 2: **Management**

Domeniul **ȘTIINȚE UMANISTE**

Seria U 1: **Filologie - Engleză**

Seria U 2: **Filologie - Română**

Seria U 3: **Istorie**

Cuprins

<i>Mulțumiri</i>	1
<i>Cuvinte cheie</i>	1
INTRODUCERE	2
Capitolul 1. NOȚIUNI TEORETICE INTRODUCATIVE	4
Capitolul 2. STADIUL ACTUAL AL CERCETĂRILOR.....	4
Capitolul 3. MATERIALE ȘI METODE.....	5
3.1. Ridicări topometrice	5
3.2. Ridicări batimetrice și măsurători debite și viteze ale curenților de apă	5
3.3. Programul de modelare numerică Delft3D	6
3.3.1. Delft3D – Model hidrodinamic.....	7
3.3.2. Delft3D – Model morfohidrodinamic.....	7
3.4. Analiza stării ecologice a corpurilor de apă	8
Capitolul 4. CARACTERIZAREA ZONEI DE STUDIU	9
4.1. Localizarea zonei de studiu	10
4.2. Caracteristici fizico-geografice.....	10
4.2.1. Relieful terenului	10
4.2.2. Relieful albiei.....	10
4.2.3. Geologie.....	11
4.2.4. Hidrodinamică	11
4.2.5. Morfohidrodinamică.....	13
4.2.6. Transportul de sedimente.....	15
4.2.7. Regim climatic.....	17
4.2.8. Starea ecologică a corpurilor de apă	17
4.3. Habitate.....	17
4.4. Flora terestră.....	18
4.5. Avifauna	18
4.6. Flora și fauna acvatică	19
4.6.1. Fitoplancton	19
4.6.2. Macrofite	20
4.6.3. Macronevertebrate	20
4.6.4. Ihtiofauna	21
4.7. Intervenții antropice pe sectorul inferior al Dunării	22
4.8. Descrierea construcțiilor hidrotehnice din zona de studiu	23
Capitolul 5. MODELARE NUMERICĂ.....	25
5.1. Realizarea rețelei de calcul	25
5.2. Realizarea modelului geometric	26

5.3.	Realizarea modelului hidrodinamic test	26
5.3.1.	Calibrarea modelului hidrodinamic	27
5.3.2.	Validarea modelului hidrodinamic.....	29
5.4.	Configurarea modelului morfohidrodinamic	29
5.4.1.	Caracteristicile hidrodinamice ale modelului morfohidrodinamic.....	29
5.4.2.	Rezultate obținute în urma procesului de calibrare a modelului morfohidrodinamic 30	
Capitolul 6. SIMULĂRI NUMERICE PRIVIND MODIFICĂRILE MORFOLOGICE ALE PATULUI ALBIEI.....		33
6.1.	Scenariul 1 - Scenariul de referință	34
6.2.	Scenariul 2 – Patul albiei după 3 ani. Simulare morfohidrodinamică.....	35
6.3.	Scenariul 3 – Patul albiei după 5 ani. Simulare morfohidrodinamică.....	36
Capitolul 7. EVALUAREA MODIFICĂRILOR MORFOLOGICE ALE PATULUI ALBIEI		37
7.1.	Secțiunea transversală 1 – Analiza comparativă a scenariilor	37
7.2.	Secțiunea transversală 2 – Analiza comparativă a scenariilor	38
7.3.	Secțiunea transversală 3 – Analiza comparativă a scenariilor	39
7.4.	Secțiunea transversală 4 – Analiza comparativă a scenariilor	39
7.5.	Secțiunea transversală 5 – Analiza comparativă a scenariilor	40
7.6.	Secțiunea longitudinală 1 - Analiza comparativă a scenariilor	40
7.7.	Secțiunea longitudinală 2 - Analiza comparativă a scenariilor	40
7.8.	Analiza zonelor de control	41
Capitolul 8. INTERACȚIUNEA DINTRE ELEMENTELE ABIOTICE ȘI COMPONENTELE ECOSISTEMULUI ACVATIC.....		43
8.1.	Natura materialului din corpul structurilor hidrotehnice	43
8.1.1.	Interacțiunea apei cu anrocamentele.....	44
8.1.2.	Modificarea concentrației metalelor grele din sedimente	45
8.2.	Corelarea componentelor biotice cu rezultatele obținute din simulările morfohidrodinamice	46
8.3.	Analiza parametrilor morfohidrodinamici în funcție de comportamentul migrațional al sturionilor.....	46
8.3.1.	Influența modificărilor morfologice ale patului albiei asupra comportamentului sturionilor	47
8.3.2.	Influența parametrilor hidrodinamici rezultați din simulările numerice asupra comportamentului sturionilor	48
Capitolul 9. CONCLUZII, CONTRIBUȚII PERSONALE ȘI PERSPECTIVE		51
<i>Bibliografie selectivă</i>		54
<i>Listă lucrări publicate și prezentate</i>		55

Mulțumiri

Acum, la finalul studiilor de doctorat, mă simt onorată să adresez cuvinte de mulțumire tuturor persoanelor care au contribuit la formarea mea profesională și care m-au încurajat și sprijinit în decursul acestei perioade.

Doresc să aduc mulțumirea și recunoștința mea conducătorului științific, domnului profesor universitar doctor inginer Lucian Puiu GEORGESCU, pentru tot sprijinul și îndrumările pe care le-am primit și care m-au ajutat să finalizez acest demers științific. Prin profesionalismul său, prin tactul pedagogic, răbdarea, cât și prin cunoștințele împărtășite, domnia sa a avut o contribuție foarte importantă în elaborarea acestei lucrări.

Mulțumesc tuturor membrilor comisiei de doctorat, doamnei profesor doctor chimist Cătălina ITICESCU, domnului profesor doctor Gabriel MURARIU și domnului șef lucrări doctor inginer Dumitru DIMA, pentru răbdarea cu care au analizat prezenta lucrare, precum și pentru sugestiile formulate.

Un rol fundamental în dezvoltarea mea profesională a avut-o activitatea desfășurată în cadrul Institutului Național de Cercetare-Dezvoltare pentru Protecția Mediului (INCDPM) – București. În acest sens, țin să adresez mulțumiri domnului director general al INCDPM, doctor abilitat inginer György DEÁK. Deosebită recunoștință îi datorez pentru răbdarea, generozitatea și înțelegerea, precum și pentru întreaga contribuție la formarea mea ca cercetător. Domnia sa m-a încurajat și îndrumat să urmez studiile de doctorat și m-a susținut în toate activitățile științifice.

Mii de mulțumiri doresc să aduc și domnului director științific INCDPM, doctor inginer George POTERAȘ pentru timpul prețios acordat, pentru sfaturile științifice valoroase cât și pentru îndrumarea competentă și permanentă pe parcursul elaborării acestei teze de doctorat.

Mulțumesc tuturor colegilor care m-au încurajat în acești ani de căutări științifice. Le mulțumesc colegilor care fac parte din echipa de monitorizare pentru buna colaborare. De asemenea, le mulțumesc colegilor din departamentul „Modelare Numerică și Sisteme Informaționale Geografice” pentru suportul informațional dat. Sincere recunoștințe țin să aduc și colegelor care au avut răbdarea de a mă sprijini în domeniul modelării numerice. Această teză de doctorat nu ar fi fost completă fără ajutorul esențial al colegilor din departamentul „Laboratoare”. Totodată, îi mulțumesc colegului ing. Maxim ARSENI pentru tot sprijinul acordat pe parcursul studiilor doctorale.

Cu dragoste, țin să le mulțumesc lui George și familiei pentru că mi-au fost alături, m-au înconjurat cu afecțiune, răbdare și m-au sprijinit din toate punctele de vedere în această perioadă.

Cuvinte cheie

Dunăre, bifurcație Bala - Dunărea Veche, ecosistem acvatic, Natura 2000, sturioni, navigație, intervenții antropice, prag de fund, calitatea apei, sedimente, hidrodinamică, morfologie, albie minoră, modelare numerică, Delft3D, predicție, simulare numerică, quasi-tridimensional, morfohidrodinamică, eroziune, depunere, impact.

INTRODUCERE

Teza de doctorat, intitulată „*Impactul antropic asupra componentelor ecosistemelor acvatice specifice Dunării*”, abordează un important subiect de cercetare referitor la influența pe care o au, pe termen scurt și mediu, intervențiile antropice asupra evoluției reliefului albiei unui curs de apă și indirect asupra elementelor biotice ale ecosistemului acvatic.

Unul dintre obiectivele principale ale Directivei Cadru Apă (DCA) este de a preveni deteriorarea ecosistemelor acvatice. Conform Comisiei Internaționale de Protecție a Fluviului Dunărea (ICPDR), modificările morfohidrodinamice reprezintă una din problemele majore care afectează ecosistemele acvatice. Astfel, este de un real interes științific să se cunoască tendințele de evoluție ale albiei unui curs de apă asupra căruia s-a intervenit prin lucrări hidrotehnice. Acest lucru este necesar deoarece orice modificare a reliefului subacvatic poate avea numeroase efecte asupra mediului și societății.

În acest sens, a fost realizată prezenta cercetare ce are ca **obiectiv principal** elaborarea unui model numeric prin intermediul căruia să fie analizate la scară mică și medie de timp, procesele morfohidrodinamice ale unui sector al Dunării și corelarea acestor date cu elementele biotice ale ecosistemului acvatic.

Subiectul referitor la evoluția morfologică a albiilor cursurilor de apă beneficiază de o mare atenție, fiind tratat încă din secolul al XVI-lea. Totuși, datele insuficiente referitoare la relieful subacvatic al sectorului inferior al Dunării, nu au permis elaborarea unor studii detaliate.

Originalitatea acestei lucrări constă în abordarea punctuală, detaliată, a tendinței de evoluție morfohidrodinamică a unui sector al Dunării Inferioare, prin intermediul modelării numerice, și corelarea rezultatelor cu elementele biotice ale ecosistemului acvatic. Noutatea și complexitatea derivă din volumul imens de date obținute în urma campaniilor de teren, care a stat la baza configurării unui model morfohidrodinamic și, totodată, la baza investigației caracteristicilor componentelor biotice.

Obiectivele specifice ale tezei de doctorat „*Impactul antropic asupra componentelor ecosistemelor acvatice specifice Dunării*” sunt următoarele:

- *Evaluarea zonei de interes.* Arealul studiat, localizat în zona de bifurcație braț Bala – Dunărea Veche, prezintă o importanță deosebită din punct de vedere al proceselor hidromorfologice complexe ale albiei. Dat fiind faptul că acest sector face parte din coridorul Pan-European nr. VII, asupra acestei zone s-a intervenit prin realizarea unor lucrări hidrotehnice care să asigure condițiile optime de navigație, pe tot parcursul anului. Totodată, acest sector face parte din ariile Natura 2000 - situl ROSCI0022 Canaralele Dunării și situl ROSPA0039 Dunăre Ostroave și reprezintă un sector important în traseul de migrație al sturionilor;
- *Prelucrarea și interpretarea datelor obținute în urma campaniilor de teren* (morfologie, hidrodinamică, calitatea apei și a sedimentelor, floră și faună terestră și acvatică, intervenții antropice). În cadrul acestei cercetări au fost utilizate date obținute în urma campaniilor de teren ce au fost corelate cu fazele de construcție ale lucrărilor hidrotehnice. Alături de datele istorice, aceste informații au reprezentat datele de intrare necesare realizării modelării numerice.
- *Configurarea unui model morfohidrodinamic.* Având la bază datele obținute în urma campaniilor de teren, prin intermediul programului de modelare numerică *Delft3D*, a fost configurat un model morfohidrodinamic ce poate furniza informații cu un înalt grad de încredere.
- *Evaluarea proceselor morfohidrodinamice pe termen scurt și mediu, prin intermediul programului de simulare numerică Delft3D.* Utilizând modelul morfohidrodinamic, au fost realizate scenarii numerice care au permis analiza tendinței de evoluție morfologică și hidrodinamică a sectorului studiat, la intervale de 3 ani și 5 ani.
- *Interacțiunea biotic-abiotic.* Cu scopul de a evalua influența pe care intervențiile antropice o au asupra componentelor ecosistemelor acvatice ce caracterizează sectorul de Dunăre studiat, a fost necesar să se analizeze interacțiunea dintre elementele abiotice și componentele ecosistemelor acvatice, pe baza rezultatelor obținute în urma simulărilor numerice și a celor rezultate din campaniile de teren.

Metodologia utilizată în elaborarea acestei lucrări s-a bazat pe o documentare riguroasă efectuată de-a lungul anilor de studii. Pentru caracterizarea și obținerea datelor de referință necesare realizării modelului numeric și realizării conexiunii cu ecosistemul acvatic, au fost utilizate ca surse de documentare: proiecte de cercetare, monografii, teze de doctorat, articole, comunicări științifice. În ceea ce privește dezvoltarea modelului numeric au fost efectuate cursuri și au fost consultate forumuri de specialitate, site-uri, bloguri, tutoriale și liste de discuții. Baza de date necesară dezvoltării modelului numeric a fost asigurată de colaborarea cu echipa de monitorizare a sectorului de interes și de informațiile și infrastructura Institutului Național de Cercetare-Dezvoltare pentru Protecția Mediului (INCDDPM).

Pentru atingerea obiectivului tezei de doctorat au fost parcurse următoarele **etape**:

- Delimitarea și caracterizarea arealului de interes;
- Prelucrarea și interpretarea datelor obținute în urma campaniilor de teren (morfologie, hidrodinamică, calitatea apei și a sedimentelor, floră și faună terestră și acvatică, intervenții antropice);
- Efectuarea analizelor comparative ale datelor, ținând cont de fazele de execuție ale lucrărilor hidrotehnice;
- Elaborarea modelului numeric;
- Realizarea scenariilor pe baza simulărilor numerice pe termen scurt și mediu;
- Evaluarea rezultatelor obținute din simulările numerice;
- Corelarea parametrilor hidrodinamici și morfologici rezultați din simulările numerice cu elementele biotice ale ecosistemului acvatic.

Aceste etape au fost descrise în cele 9 capitole în care este structurată teza de doctorat.

În *capitolul 1*, cu scop introductiv, au fost prezentate o serie de noțiuni teoretice generale privind evaluarea impactului asupra mediului, regimul hidrologic, hidraulic al curgerii apei și de dinamică a albiilor, ecosistemele acvaticice.

Stadiul actual al cercetărilor a fost abordat în *capitolul 2*. În acest capitol au fost prezentate o serie de studii referitoare la investigațiile privind transportul de aluviuni, la analiza ecosistemelor acvaticice și la analiza morfologică a cursurilor de apă prin utilizarea programelor de modelare numerică.

În *capitolul 3* au fost descrise elementele fundamentale ce caracterizează o parte din tehnicile, echipamentele și programele utilizate pentru elaborarea cercetării.

În vederea evaluării impactului antropic asupra componentelor ecosistemelor acvaticice, a fost necesar să fie caracterizate condițiile de referință. În acest sens, în *capitolul 4* au fost prezentate caracteristicile sectorului Dunării studiat în prezenta lucrare.

Etapile parcurse pentru dezvoltarea modelului numeric prin intermediul căruia să fie analizate procesele morfohidrodinamice au fost descrise în *capitolul 5*. În cadrul prezentei cercetări a fost utilizat programul *Delft3D*, deoarece permite analiza și predicția dinamicii curgerii apei, atât bidimensional cât și quasi-tridimensional, în funcție de problematica studiată.

În vederea analizei pe termen scurt și mediu a modificărilor morfologice ale patului albiei și ale variațiilor vitezei curentului de apă, în *capitolul 6* au fost descrise rezultatele obținute în urma simulărilor numerice a proceselor morfohidrodinamice pentru 3 ani și 5 ani, acestea fiind raportate la situația de referință, și anume, modelul morfohidrodinamic calibrat.

În *capitolul 7* au fost evaluate modificările reliefului patului albiei rezultate în urma simulărilor numerice efectuate pe termen scurt și mediu.

Rezultatele obținute în urma evaluării modificărilor morfologice ale patului albiei reprezintă baza pentru analiza influenței pe care procesele morfohidrodinamice le pot avea, în timp, asupra componentelor ecosistemului acvatic. Astfel, în *capitolul 8* au fost corelate aceste rezultate cu elemente ale ecosistemului acvatic.

În concluzii au fost prezentate elementele de necesitate pentru elaborarea tezei de doctorat, tendințele de evoluție morfologică a patului albiei prin utilizarea modelării numerice, rezultatele impactului adus de modificările morfohidrodinamice asupra ecosistemului acvatic și elementele originale și contribuțiile autorului. Totodată, în cadrul concluziilor au fost descrise argumentele privind utilizarea rezultatelor în cadrul strategiilor investiționale și perspectivele dezvoltării subiectului.

Capitolul 1. NOȚIUNI TEORETICE INTRODUCTIVE

Necesitatea trecerii în revistă a noțiunilor teoretice s-a datorat complexității subiectului abordat în această lucrare. În acest sens, au fost expuse ideile principale privind evaluarea impactului asupra mediului la nivel național.

În vederea caracterizării proceselor ce au loc într-un corp de apă, au fost prezentate atât elementele generale referitoare la regimul hidrologic și hidraulic al curgerii apei, cât și noțiunile de dinamică a albiilor, precum sistemul fluvial, regimul rezistenței hidraulice al albiilor deformabile, regimul curgerii fazei solide pe cursuri de apă, starea evolutivă a albiilor, stabilitatea și instabilitatea morfologică a albiilor.

Noțiunile privind ecosistemele acvatice au fost abordate din punct de vedere al importanței expuse în legislația națională și internațională. Totodată, în ceea ce privește corelarea proceselor morfodinamice cu elementele biotice ale ecosistemelor acvatice, a fost precizat faptul că activitatea biotică a imprimat trăsături specifice mediilor de sedimentare și a constituit, pentru procesul de sedimentare, o sursă constantă și variată de material. Activitatea biotică a contribuit, direct sau indirect, la formarea unor depozite sedimentare prin procese construcționale, generatoare de produse sedimentare, dar și prin procese distructive, generatoare de detritus organogen, prin distrugerea scheletelor și modificarea unor structuri sedimentare preexistente.

Capitolul 2. STADIUL ACTUAL AL CERCETĂRILOR

În cadrul prezentei cercetări este studiat un sector din tronsonul Călărași – Brăila al fluviului Dunărea. Activitățile celor peste 80 de milioane de locuitori din cele 19 țări pe care se desfășoară bazinul hidrografic al Dunării au impact asupra mediului, conducând la apariția problemelor legate de calitatea și cantitatea apei și de reducerea semnificativă a biodiversității (ICPDR, 2015). În prezent, conform Comisiei Internaționale de Protecție a Fluviului Dunărea – ICPDR, problemele majore care afectează ecosistemele acvatice din bazinul fluviului Dunărea sunt legate de încărcările excesive de nutrienți (în special azot și fosfor), cantitățile mari de substanțe organice provenite din ape reziduale netratate sau tratate necorespunzător, **modificările hidromorfologice și efectul acestora asupra transportului sedimentelor**, contaminarea cu substanțe periculoase; poluarea accidentală din navigație, zone contaminate sau eliminarea deșeurilor și degradarea și pierderea zonelor umede (ICPDR, 2015).

Subiectul referitor la evoluția morfologică a albiilor cursurilor de apă beneficiază de o mare atenție, fiind tratat încă din secolul al XVI-lea. Primul care a emis un principiu conform căruia văile sunt creația cursurilor de apă care le străbat, între debitul cursului de apă și dimensiunea albiei sale existând un anumit raport, a fost Leonardo da Vinci.

Și în prezent, ca urmare a faptului că modificările hidromorfologice și efectul acestora asupra transportului sedimentelor reprezintă una dintre problemele majore care afectează ecosistemele acvatice din bazinul fluviului Dunărea, este de un real interes să se cunoască tendințele evoluției morfologice ale albiei unui curs de apă. Pe baza acestor considerente se pot elabora planuri de management ale spațiilor hidrografice.

În cadrul prezentei lucrări au fost expuse o serie de studii de cercetare ce au avut ca subiect principal investigațiile privind transportul de aluviuni, analiza ecosistemelor acvatice și analiza morfologică a cursurilor de apă utilizând programe de modelare numerică. Prezentarea acestor lucrări a avut drept scop pe de o parte evidențierea importanței subiectului tezei de doctorat, iar pe de altă parte expunerea metodologiilor de lucru abordate în vederea realizării investigațiilor.

Documentarea realizată în vederea analizei stadiului actual al cercetărilor a reprezentat un punct important în concretizarea obiectivelor specifice ale tezei de doctorat „*Impactul antropic asupra componentelor ecosistemelor acvatice specifice Dunării*”.

Capitolul 3. MATERIALE ȘI METODE

Un rol important în desfășurarea investigațiilor referitoare la schimbările morfologice ale patului albiei a avut-o infrastructura de cercetare. Prin utilizarea tehnicilor adecvate și a echipamentelor puse la dispoziție de către Institutul Național de Cercetare-Dezvoltare pentru Protecția Mediului (INCDDPM), în colaborare cu echipa de cercetători implicați în activitățile de monitorizare *in situ* a zonei de interes, au fost obținute informațiile necesare delimitării și caracterizării zonei de studiu. De asemenea, după prelucrarea datelor primare, prin intermediul programelor specializate, a rezultat volumul informațional utilizat în analizele tendinței de evoluție morfologică a albiei fluviului Dunărea, pe sectorul analizat.

3.1. Ridicări topometrice

În vederea obținerii informațiilor privind suprafața terestră din sectorul studiat, au fost utilizate echipamentele: *GPS Leica Viva GS08 Plus* și nivela electronică *Leica Sprinter 250M*.

GPS Leica Viva GS08 Plus oferă posibilitatea de a efectua lucrări de măsurare și verificare chiar dacă în zona respectivă nu există semnal GSM, aparatele comunicând între ele prin transmisie și recepție de date, prin unde Radio. Astfel operatorul are flexibilitate fiind independent de semnalul GSM și viteza de transfer de date prin internet în zona de lucru (Leica Geosystems, 2012). Nivela electronică *Sprinter 250M* de la *Leica* permite efectuarea măsurătorilor exacte și cât mai precise, fără erori de citire. Funcțiile de eliminare a erorilor nu permit efectuarea măsurătorilor dacă utilizatorul se află în afara razei de lucru a compensatorului. (Leica Geosystems, 2008). Datele rezultate în urma măsurătorilor topografice au fost utilizate, în special, pentru stabilirea cotelor terenului necesare modelării numerice.

3.2. Ridicări batimetrice și măsurători debite și viteze ale curenților de apă

Cu scopul de a determina morfologia albiei, în cadrul cercetării au fost utilizate sisteme ce cuprind echipamente de ecosondare de tip monofascicul (*single beam*) și multifascicul (*multibeam*).

Măsurarea batimetrică de tip *single beam* are la bază principiul prin care adâncimea apei este determinată prin măsurarea timpului înregistrat de la emisia semnalului până la recepționarea sa, după reflectarea de fundul albiei (Egis, 2015) (Manea R., 2003). Prin utilizarea acestui sistem se pot efectua măsurători batimetrice pe un profil transversal al unui curs de apă.

Pentru a obține datele referitoare la batimetria albiei minore a sectorului analizat, prin colaborarea cu echipa de monitorizare, au fost realizate măsurători utilizând echipamente ce au la bază tehnica *Acoustic Doppler Current Profiler* (ADCP). Prin intermediul acestora au fost efectuate atât măsurători de batimetrie *single beam*, cât și măsurători de viteze ale apei, pe diferite secțiuni. Pe baza acestor măsurători pot fi determinate, estimativ, debitele pe secțiunile respective.

În cadrul acestei lucrări, au fost utilizate două tipuri de sisteme ADCP. Primul este un sistem robust și extrem de precis, special creat pentru a măsura, cu ajutorul tehnologiei *Doppler*, adâncimile apei, vitezele și direcțiile curenților de apă (SonTek/YSI, 2010). Măsurătorile au fost efectuate cu ajutorul unei ambarcațiuni care se deplasează cu viteză scăzută, perpendicular pe mal, astfel încât să se obțină o secțiune transversală. În *figura 1* este reprezentată geometria albiei, direcția și viteza de curgere a apei și distribuția vitezelor pe o secțiune transversală din sectorul studiat. Cu scopul de a verifica acuratețea înregistrărilor, pentru fiecare profil se efectuează de la 2 până la 4 traversări.

Al doilea sistem (*figura 2*) este conceput pentru a măsura în timp real debitele de apă, profile batimetrice și viteza de curgere a curenților apei, în râuri cu diferite regimuri hidrologice. Sistemul este instalat pe flotor, iar conectarea la calculatorul de teren se realizează prin intermediul programului *WinRiver II* (Teledyne RD Instruments, 2015).

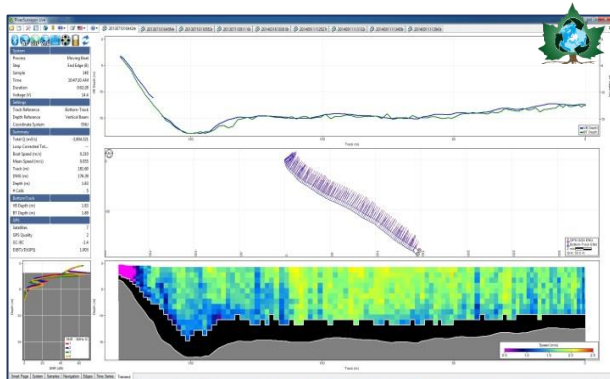


Figura 1 Vizualizarea transectelor (Nicolae A.-F., Georgescu P.L., et al. 2015)



Figura 2 Sistemul ADCP (INCDPM, 2011-2018)

Prin intermediul măsurătorilor *multibeam* se poate obține o imagine a patului albiei unui curs de apă în care sunt reprezentate detalii care, de cele mai multe ori, nu sunt preluate prin măsurătorile convenționale cu sonarele de tip *single beam* (Egis, 2015).

În cadrul cercetării au fost utilizate și date obținute în urma măsurătorilor efectuate prin utilizarea unui sistem *multibeam* (figura 3). Batimetria obținută este de mare acuratețe, în urma prelucrării datelor, obținându-se un model numeric 3D al albiei râului. Prin intermediul acestui sistem sunt achiziționate date batimetrice, cu o acoperire a profilului de până la 12 ori mai mare decât adâncimea apei (Kongsberg, 2013).

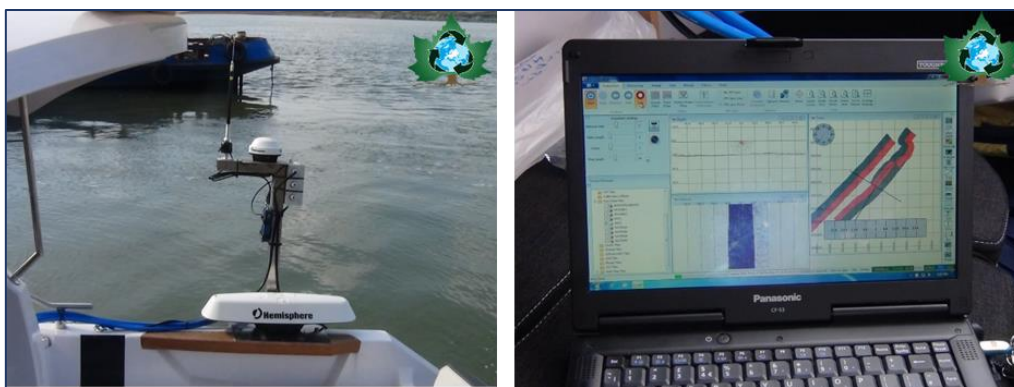


Figura 3 Sistemul batimetric multi-beam (Nicolae A.-F., Georgescu L.-P., et al. 2017)

3.3. Programul de modelare numerică Delft3D

O dată cu evoluția tehnologiei au fost dezvoltate o serie de programe referitoare la modelarea hidraulică a curgerii apei în râuri (Sârbu D., 2015). Pentru modelarea numerică a unui curs de apă, în general este descrisă geometria albiei, a intervențiilor antropice din cursul de apă și este simulată curgerea apei prin rezolvarea ecuațiilor caracteristice (INCDPM, 2014-2015), ecuațiile generale de bilanț reprezentând instrumentele de bază ale mecanicii fluidelor pentru descrierea mișcării (Ministerul apelor, pădurilor și protecției mediului-ICIM 1998).

Delft3D este un program performant utilizat în domeniul modelării quasi-tridimensionale aplicate în vederea investigării hidrodinamicii, transportului de sedimente, morfologiei și calității apei pentru cursuri de apă. Acest program a fost utilizat în peste 140 de țări pentru o mare varietate de proiecte comerciale și studii de cercetare (Delft3D, 2011).

Utilizarea programului *Delft3D* (figura 4) permite analiza și predicția dinamicii curgerii apei, atât bidimensional cât și quasi-tridimensional, în funcție de condițiile de intrare stabilite pe baza parametrilor determinanți ai albiei și ai curgerii apei (INCDPM, 2015).

Suita de programe *Delft3D* este compusă din module (componente) care acoperă, fiecare, o serie de aspecte ale unei probleme de cercetare sau de inginerie. În cadrul acestei cercetări au fost aplicate modulele *RGFGRID*, *QUICKIN*, *FLOW* și *QUICKPLOT*.

După efectuarea măsurătorilor din teren, prelevarea probelor și prelucrarea informațiilor în vederea obținerii datelor de intrare în program, pentru realizarea modelului numeric a fost necesar să se parcurgă următoarele etape:

- Construcția rețelei de calcul, aferente zonei de interes (*Delft3D-RGFGRID*);
- Crearea modelului geometric al albiei, pe baza măsurătorilor din teren (*Delft3D-QUICKIN*);
- Stabilirea parametrilor necesari rulării modelului, în funcție de obiectivele scenariului și de datele obținute în urma măsurătorilor/prelevărilor din teren;
- Calibrarea și validarea modelului numeric;
- Configurarea modelului morfodinamic prin adăugarea constituentului - transport de sedimente;
- Crearea scenariilor propuse.

Ecuațiile curgerii apei în regim nepermanent, bidimensional sau quasi-tridimensional sunt rezolvate în cadrul modulului *FLOW*. Domeniul de curgere al unui model tridimensional este alcătuit dintr-un număr de straturi constant în zona orizontală de calcul (L.C. van Rijn și D.J.R. Walstra, 2003). Totodată, modulul *FLOW* permite modelarea transportului de sedimente pe baza ecuațiilor de advecție-difuzie.

3.3.1. Delft3D – Model hidrodinamic

Modelarea numerică a procesului de curgere și transport se realizează cu metoda diferențelor finite (MDF) care se bazează pe discretizarea ecuațiilor cu derivate parțiale ce se regăsesc în modelul matematic (Holban G.R., 2014). Pentru realizarea modelului hidrodinamic în cadrul modulului *FLOW* al programului *Delft3D*, au fost rezolvate *ecuațiile Navier Stokes* pentru un fluid incompresibil (Deltares 2011). Ecuațiile Navier-Stokes sunt de fapt ecuațiile generale de mișcare a fluidelor reale, compresibile, în mișcare laminară nepermanentă (Florescu I., 2007).

$$\begin{cases} \frac{\partial u}{\partial t} + u \frac{\partial u}{\partial x} + v \frac{\partial u}{\partial y} + w \frac{\partial u}{\partial z} = X - \frac{1}{\rho} \frac{\partial p}{\partial x} + \nu \Delta u + \frac{v}{3} \frac{\partial \theta}{\partial x} \\ \frac{\partial v}{\partial t} + u \frac{\partial v}{\partial x} + v \frac{\partial v}{\partial y} + w \frac{\partial v}{\partial z} = Y - \frac{1}{\rho} \frac{\partial p}{\partial y} + \nu \Delta v + \frac{v}{3} \frac{\partial \theta}{\partial y} \\ \frac{\partial w}{\partial t} + u \frac{\partial w}{\partial x} + v \frac{\partial w}{\partial y} + w \frac{\partial w}{\partial z} = Z - \frac{1}{\rho} \frac{\partial p}{\partial z} + \nu \Delta w + \frac{v}{3} \frac{\partial \theta}{\partial z} \end{cases} \quad (1)$$

În care,

$$\Delta u = \frac{\partial^2 u}{\partial x^2} + \frac{\partial^2 u}{\partial y^2} + \frac{\partial^2 u}{\partial z^2}$$

$$\nu = \frac{\eta}{\rho}$$

η - viscozitate dinamică [m²/s]; ρ - densitatea [kg/m³].

Cu scopul de a obține un model numeric care să furnizeze rezultate cu înalt grad de încredere, este necesar ca modelul hidrodinamic creat să fie calibrat și validat în funcție de o serie de parametri hidraulici.

3.3.2. Delft3D – Model morfodinamic

Dacă sunt utilizate și date de sedimentologie, prin modelare numerică pot rezulta date calitative referitoare la procesele de eroziune/acumulare, forța prin care apa acționează asupra patului albiei, etc. Modelarea hidromorfologică ține cont de toți parametrii care pot influența dinamica de curgere și dinamica morfologică a albiei (debit, nivel, tipuri de sedimente, rugozitate a albiei etc.) (Deltares 2011).

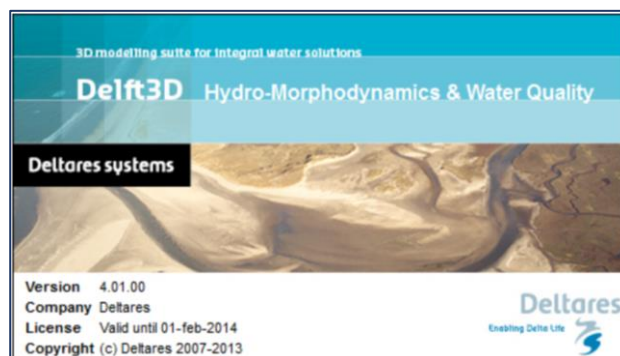


Figura 4 Fereastra de prezentare - Delft3D

Programul *Dleft3D* permite efectuarea analizelor privind transportul de sedimente atât pentru sedimente în suspensie, cât și pentru cele târâte, pentru cele coezive, dar și pentru cele necoezive.

Transportul tridimensional al sedimentelor în suspensie se calculează prin rezolvarea ecuației tridimensionale de advecție-difuzie (Deltares 2011):

$$\frac{\partial c^{(l)}}{\partial t} + \frac{\partial uc^{(l)}}{\partial x} + \frac{\partial vc^{(l)}}{\partial y} + \frac{\partial (w-w_s^{(l)})c^{(l)}}{\partial z} - \frac{\partial}{\partial x} \left(\varepsilon_{s,x}^{(l)} \frac{\partial c^{(l)}}{\partial x} \right) - \frac{\partial}{\partial y} \left(\varepsilon_{s,y}^{(l)} \frac{\partial c^{(l)}}{\partial y} \right) - \frac{\partial}{\partial z} \left(\varepsilon_{s,z}^{(l)} \frac{\partial c^{(l)}}{\partial z} \right) = 0 \quad (2)$$

În care: $c^{(l)}$ - concentrația masică a fracției de sediment (l) [kg/m³]; u, v, w - componentele vitezei curentului de apă [m/s]; $\varepsilon_{s,x}^{(l)}$, $\varepsilon_{s,y}^{(l)}$, $\varepsilon_{s,z}^{(l)}$ - difuzivitatea fracției de sediment (l) [m²/s]; $w_s^{(l)}$ - viteza de depunere a fracției de sediment l [m/s].

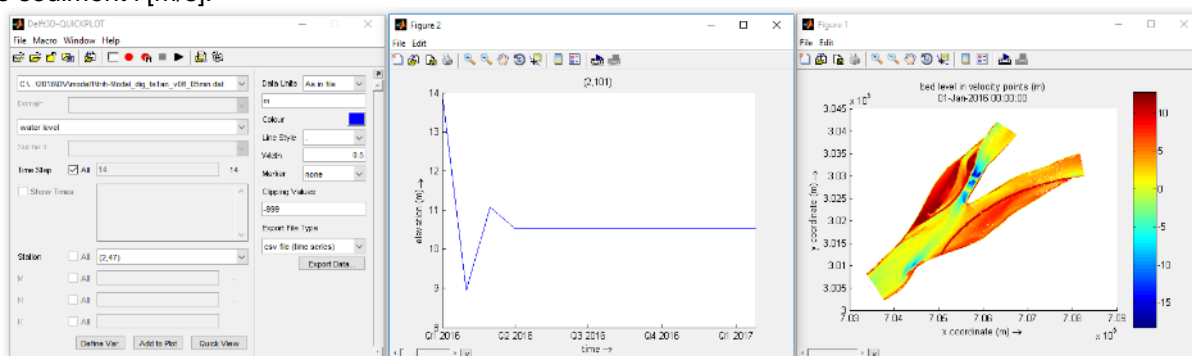


Figura 5 Vizualizarea rezultatelor - Delft3D-QUICKPLOT

Rezultatele obținute în urma rulărilor pot fi vizualizate cu ajutorul modulului *Delft3D-QUICKPLOT* (figura 5).

3.4. Analiza stării ecologice a corpurilor de apă

Evaluarea calității apelor de suprafață s-a efectuat prin monitorizarea indicatorilor menționați în Anexa Ordinului 161/2006 pentru aprobarea „*Normativul privind clasificarea calității apelor de suprafață în vederea stabilirii stării ecologice a corpurilor de apă*”.

Probele de apă și de sedimente au fost prelevate conform standardelor în vigoare și fiecare probă a fost împărțită în mai multe eşantioane din care s-au analizat indicatorii fizico-chimici specifici. Probele de sediment au fost recoltate de pe malul stâng și malul drept al secțiunilor transversale de analiză, utilizându-se un prelevator special. Pentru asigurarea unui nivel ridicat de încredere al monitorizării, probele de apă au fost prelevate din 3 puncte localizate pe secțiunile transversale de analiză – mal stâng, mal drept și firul ape

În figura 6 sunt descrise etapele parcurse în vederea realizării cercetărilor privind tendințele de evoluție ale patului albiei, pe un sector al Dunării Inferioare.

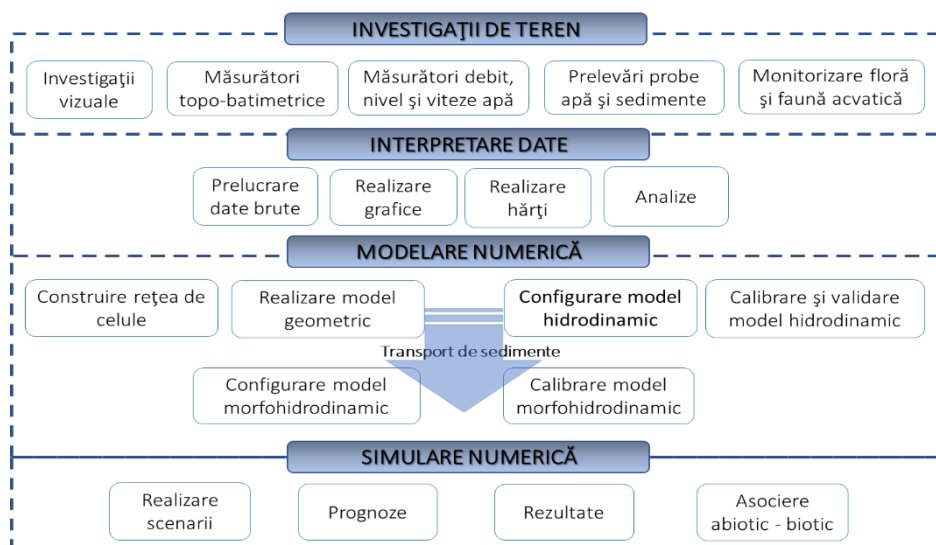


Figura 6 Etapele parcurse în vederea elaborării cercetării

Capitolul 4. CARACTERIZAREA ZONEI DE STUDIU

În vederea evaluării impactului antropic asupra componentelor ecosistemelor acvatice, este necesar să fie caracterizate condițiile de referință. În acest sens, în cele ce urmează sunt prezentate caracteristicile sectorului cursului de apă studiat în prezenta lucrare. Fluviul Dunărea este al doilea, ca mărime din Europa, după Volga. Dunărea are o importanță deosebită pentru România, țara aflându-se aproape în întregime în bazinul Dunării, acoperind circa o treime din suprafața bazinului și din lungimea totală a cursului de apă (ICPDR).

Sectorul Dunării, cuprins între Călărași și Brăila (km 375 – km 175) (*figura 7*) face parte din coridorul Pan-European nr. VII, asigurând legătura între Dunărea fluvială și canalul navigabil Dunăre – Marea Neagră. Având în vedere poziția strategică a Dunării ca și coridor de transport din porturile fluviale până în portul Constanța, este necesar să fie asigurate condițiile de navigație (INCDPM, 2011-2018).

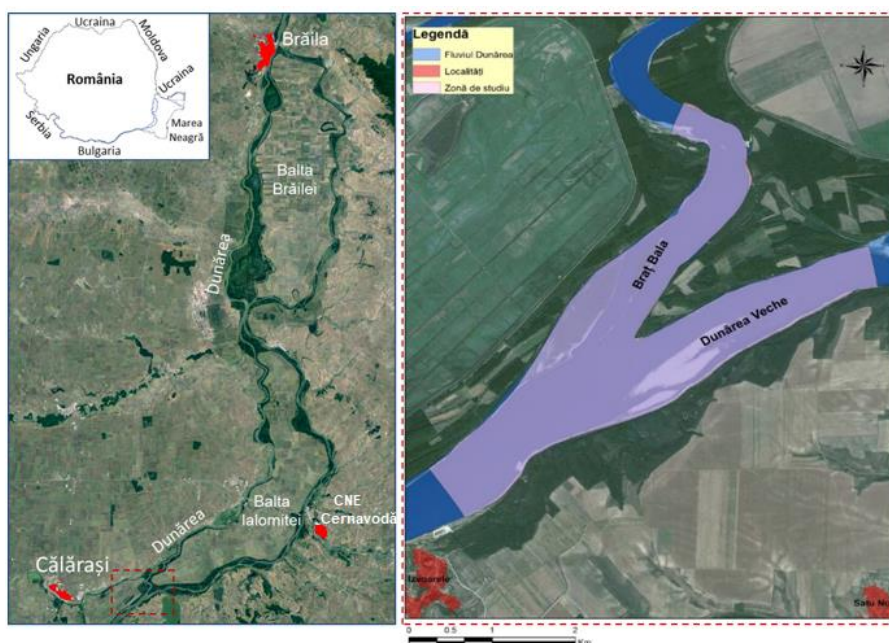


Figura 7 Sectorul Dunării, cuprins între Călărași și Brăila. Localizarea zonei de studiu – bifurcația braț Bala – Dunărea Veche

Având în vedere faptul că în timpul perioadei de vară-toamnă, debitele de apă se reduc considerabil pe acest sector al fluviului, pe principalul braț al Dunării - Dunărea Veche între km 346 și km 300, nu mai este asigurată adâncimea minimă pentru o perioadă medie de 160 zile în fiecare an, adâncimea șenalului fiind redusă în unele zone până la 1,5 – 2,0 m.

Acest lucru conduce la devierea navigației pe ruta secundară Bala-Borcea, care preia un debit mai mare de apă și are adâncimi mai mari față de Dunărea Veche, dar care, prezintă inconveniente legate de lățimea șenalului și de curbura acestuia (INCDPM-ICIM 2005). Totodată, debitele de pe brațul principal al Dunării, condiționează preluarea volumului de apă necesar pentru răcirea celor 2 unități ale Centralei Nucleare Cernavodă (EnergoNuclear 2011). Astfel, au fost propuse o serie de lucrări hidrotehnice prin care să se asigure condițiile optime de navigație pe Dunărea Veche (*figura 8*) (Nicolae, A.F., et al. 2016).



Figura 8 Detaliu privind intervențiile antropice în zona de bifurcație braț Bala – Dunărea Veche – prelucrare după BOKU IWHW, 2015

4.1. Localizarea zonei de studiu

Arealul studiat în prezenta cercetare este reprezentat de bifurcația braț Bala – Dunărea Veche, ce face parte din sectorul Dunării. Acesta se desfășoară pe o lungime de cca. 5 km pe Dunărea Veche și de cca. 2,5 km pe brațul Bala (*figura 9*). Sectorul investigat aparține tronsonului dunărean denumit Călărași - Vadu Oii, care este situat în Podișul Oltinei. La limita amonte a zonei de studiu, pe malul drept al fluviului Dunărea se regăsește localitatea Izvoarele, ce aparține comunei Lipnița, localizată în sud-vestul județului Constanța (Primăria Lipnița).



Figura 9 Zona de bifurcație brațul Bala – Dunărea Veche (INCDPM, 2011-2018)

4.2. Caracteristici fizico-geografice

Pentru analiza factorilor fizico-geografici au fost utilizate date istorice preluate din literatura de specialitate și date înregistrate pe parcursul perioadei de monitorizare, fiind investigată atât zona de bifurcație braț Bala – Dunărea Veche, cât și arealul adiacent acestuia – tronsonul Dunării cuprins între Călărași și Brăila. Perioada de monitorizare s-a desfășurat pe o perioadă de 7 ani, fiind segmentată în funcție de următoarele etape: anterioară construcțiilor, realizarea structurilor hidrotehnice și după finalizarea lucrărilor, conform *figurii 10*.

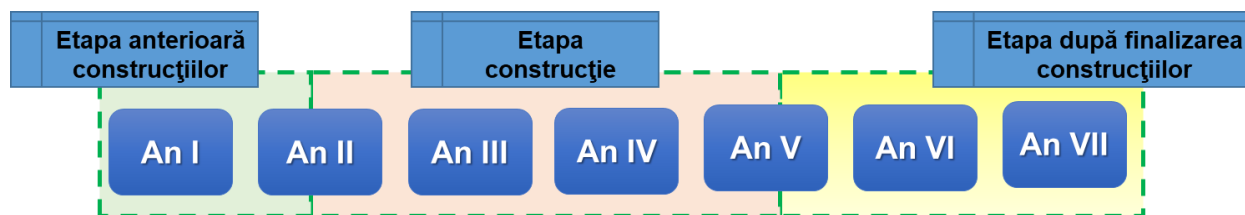


Figura 10 Perioada de monitorizare

4.2.1. Relieful terenului

Sectorul Călărași – Vadu Oii este situat între Podișul Dobrogei la est și câmpia înaltă a Hagienilor la vest (INCDPM-ICIM 2005). Sectorul Vadu Oii – Brăila este situat între Podișul Dobrogei la est și Câmpia joasă a Brăilei la vest, având o desfășurare alungită de la sud spre nord, pe o lungime de 60 km, cu o lățime maximă de 20 km (INCDPM-ICIM 2005). Sectorul studiat în prezenta lucrare este localizat între Podișul Oltinei (subunitate a Podișului Dobrogei) și balta lalomiței.

4.2.2. Relieful albiei

În cadrul cercetării, au fost realizate ridicări batimetrice în zona de bifurcație brațul Bala – Dunărea Veche. După cum se poate observa în *figura 11*, rezultatele obținute în urma prelucrărilor batimetrice de tip *multibeam* oferă o imagine tridimensională clară a patului albiei, rezoluția spațială a punctelor de 1x1 m asigurând reprezentarea detaliilor privind construcțiile hidrotehnice.

Pe parcursul anilor de studiu, având la bază datele prelucrate din măsurătorile batimetrice, a fost investigat patul albiei înainte și după execuția lucrărilor de îmbunătățire a condițiilor de navigație. În *figura 12* este prezentat un exemplu în care a fost analizată o secțiune transversală localizată pe brațul Bala. Se poate observa că în urma execuției pragului de fund, aval de acesta s-a format o groapă de eroziune.

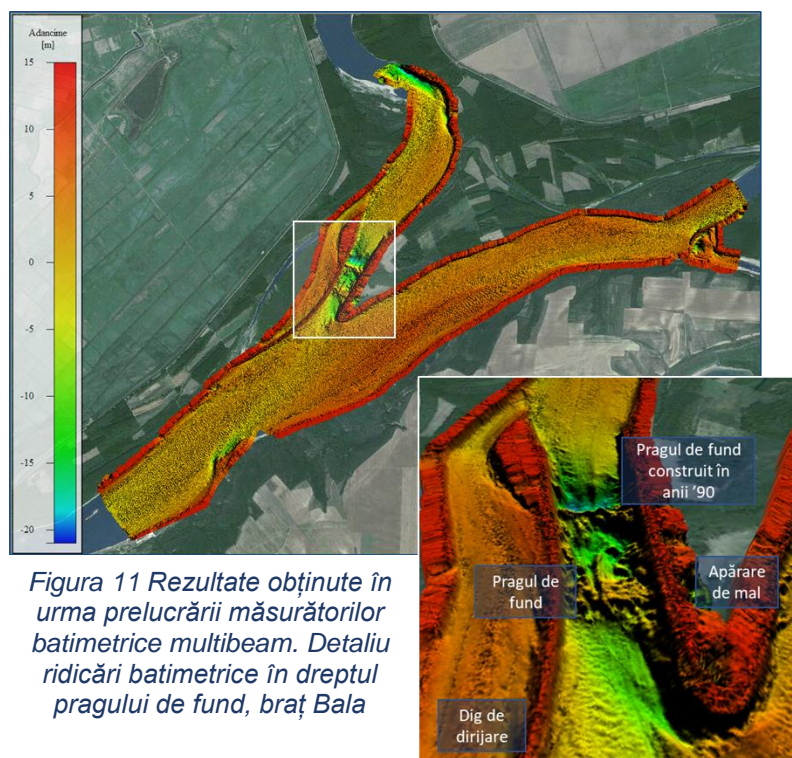


Figura 11 Rezultate obținute în urma prelucrării măsurătorilor batimetrice multibeam. Detaliu ridicări batimetrice în dreptul pragului de fund, braț Bala

Totodată, în urma proceselor de erodare-depunere a albiei, a fost schimbată geometria construcției realizate la începutul anilor '90. Imediat aval de acesta s-a format o nouă groapă de eroziune, după care, în urma depunerilor, este vizibilă o supraînălțare a patului albiei de cca. 1 m (Nicolae A.-F., Deak Gy., et al., 2017) (figura 12).

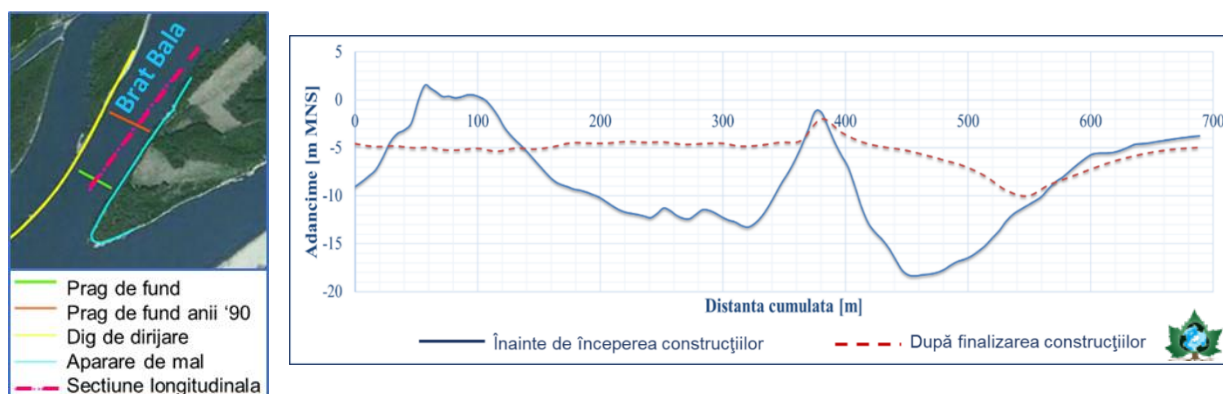


Figura 12 Secțiune longitudinală reprezentând patul albiei înainte de începerea construcțiilor și după finalizarea construcțiilor hidrotehnice – braț Bala (Nicolae A.-F., Deak Gy., et al., 2017)

4.2.3. Geologie

Zona studiată în prezenta lucrare face parte din arealul Călărași, ce aparține, din punct de vedere geologic Platformei moesică. Din punct de vedere geologic, malul stâng al brațului Bala constă în mare parte din depozite de terasă joasă (nisipuri, nisipuri argiloase de luncă, nisipuri de dune), iar malul drept din depozite de platou înalt (loess argile, nisip, pietriș) (Egis, 2015) (Institutul Geologic, 1967).

4.2.4. Hidrodinamică

În ceea ce privește analiza debitelor, în momentul în care a apărut necesitatea realizării lucrărilor de îmbunătățire a condițiilor de navigație, distribuția debitelor în zona de bifurcație era: de 40% pe Dunărea Veche și 60% pe brațul Bala (pe durata anotimpurilor cu nivele mari ale apelor), respectiv de 20% pe Dunărea Veche și 80% pe brațul Bala (pe durata anotimpurilor cu nivele mici ale apelor). Având la dispoziție rapoartele de activitate [www.afdj.ro/ro/content/romomed] ale proiectului „Monitorizarea impactului asupra mediului a lucrărilor de îmbunătățire a condițiilor de navigație pe Dunăre între Călărași și Brăila, km 375 și

km 175”, pentru sectorul analizat în această lucrare, au fost utilizate serii de date privind debitele de la stația hidrometrică Călărași-Chiciu și nivelele de la stația hidrometrică Brăila.

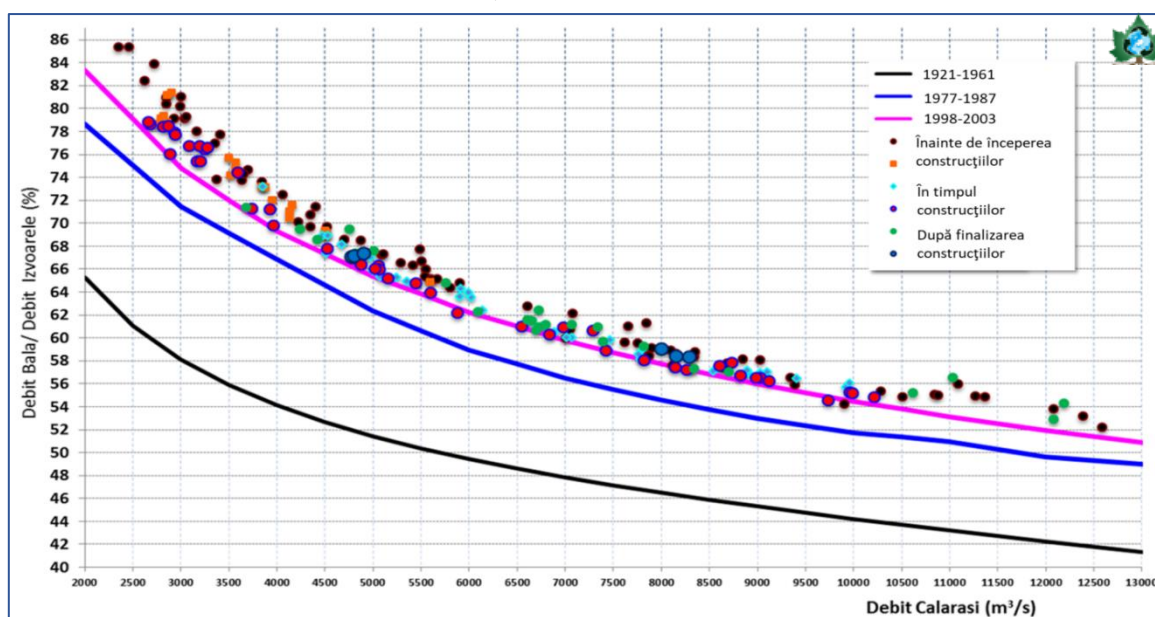


Figura 13 Distribuția procentuală a debitului scurs pe brațul Bala în diferite intervale de timp, prelucrare după INCDPM, 2011-2018

În urma prelucrării datelor obținute în urma măsurătorilor, experții INCDPM au realizat o analiză comparativă privind repartitia debitelor între brațul Bala și Dunărea Veche, la stația hidrometrică Călărași-Silistra pentru o perioadă de 5 ani. Totodată, aceste valori au fost comparate și cu distribuțiile procentuale istorice pentru perioadele 1920-1961 și respectiv 1998-2003, valori obținute din literatura de specialitate (figura 13).

În cele ce urmează sunt prezentate valori ale parametrilor hidrodinamici din sectorul analizat, în perioada a 6 ani de monitorizare, în trei secțiuni de analiză, conform figurii 14.

În figura 15 este reprezentată distribuția debitelor. În cazul în care în secțiunea din amonte sunt înregistrate valori ale debitelor mai mici de $4000 m^3/s$, debitul este distribuit pe cele două brațe astfel: cca. 70-75% pe brațul Bala și cca. 25-30% pe Dunărea Veche. În situația unor valori de cca. $9500 m^3/s$, în secțiunea amonte, distribuția debitelor este de 57% pe brațul Bala și de 43 % pe Dunărea Veche.



Figura 14 Reprezentarea secțiunilor transversale de din zona de studiu

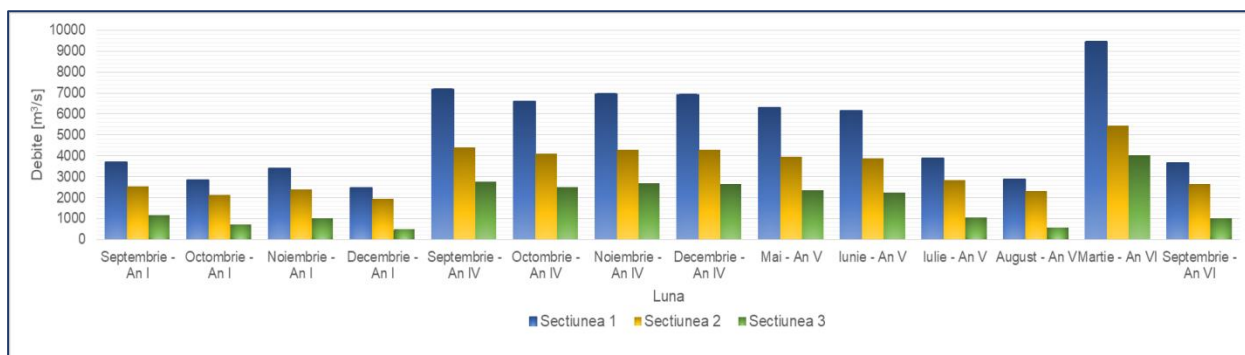


Figura 15 Valori ale debitelor înregistrate în secțiunile transversale analizate (INCDPM, RI10, 2015) (INCDPM, RI1 2013) (INCDPM, RI12 2015) (INCDPM, RI 14 2017) (INCDPM, RI 16 2017)

Referitor la viteza curentului de apă, au fost înregistrate valori la adâncimea de 0,5 m în zona malului drept, stâng și centru, pentru fiecare secțiune, pe parcursul perioadei analizate. Din datele obținute în urma măsurătorilor rezultă că în secțiunea 2 localizată pe brațul Bala sunt înregistrate cele mai mari valori ale vitezelor, în centrul albiei, în comparație cu celelalte două secțiuni (figura 16).

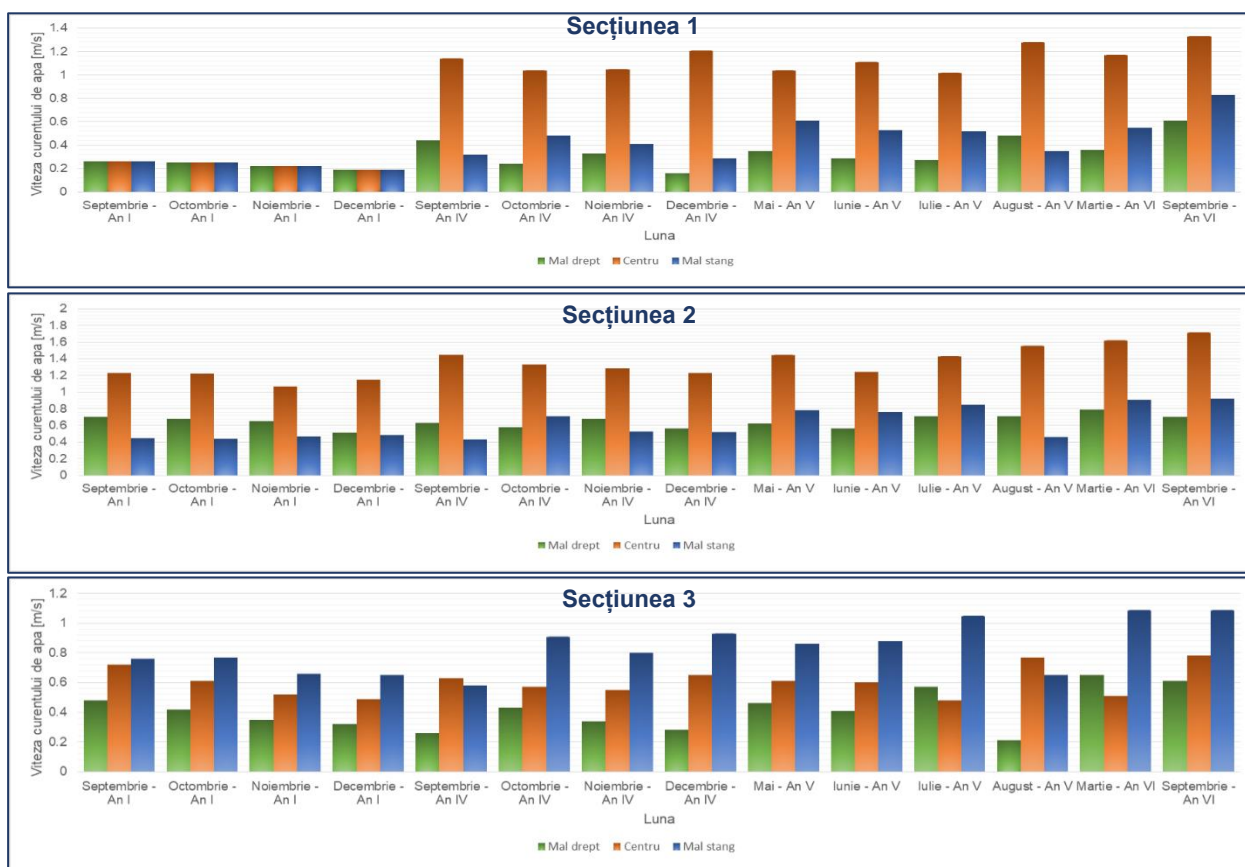


Figura 16 Valori ale vitezelor curentului de apă înregistrate (INCDPM, RI10, 2015) (INCDPM, RI1 2013) (INCDPM, RI12 2015) (INCDPM, RI 14 2017) (INCDPM, RI 16 2017)

4.2.5. Morfohidrodinamică

Sectorul Dunării aflat între Călărași și Brăila, reprezintă o zonă cu o mare diversitate morfohidrografică (INCDPM-ICIM 2005). Aria de interes are o importanță deosebită din punct de vedere al proceselor morfodinamice complexe ale albiei.

Brațul Bala se desprinde din Dunărea Veche în apropiere de km 345 și se varsă în brațul Borcea la km 68. Acest braț este caracterizat printr-o alternanță a zonelor cu dinamică hidromorfologică intensă cu zone cu energie relativ redusă. Zona pragurilor de fund este caracterizată și prin prezența unor curenți turbionari și prin fenomene de eroziune ale malurilor (Egis, 2015). Datorită proceselor dinamice specifice sinuoșităților și confluențelor, forma albiei

este asimetrică. Malurile brațului Bala (*figura 17*) sunt abrupte, cu frecvente urme de prăbușiri cauzate de eroziuni accentuate, produse în mai multe cazuri de prezenta unor curenți inverși în apropierea malurilor (INCDD 2004). Zonele mai puțin dinamice sunt caracterizate prin forma albiei aplatizată, adâncimi și viteze mai reduse în comparație cu restul brațului (Egis, 2015).



Figura 17 Maluri pe brațul Bala (Nicolae A.-F., Deak Gy., et al., 2017)

Dunărea Veche se desfășoară între km 373 și km 241, în prezenta cercetare fiind studiat un sector de 4 km lungime. Datorită faptului că brațul Bala preia un mare volum de apă dinspre amonte, pe brațul Dunărea Veche se diminuează energia fluviială (*figura 18*), în aval de bifurcație, fiind predominante procesele de depunere a sedimentelor, lucru evidențiat prin prezența numeroaselor ostroave și bancuri de nisip care formează praguri cu implicații negative asupra navigației (INCDPM, 2015). După bifurcația cu brațul Bala, Dunărea Veche manifestă o tendință evidentă de atrofiere - reduceri ale ariei transversale, reduceri ale adâncimilor și vitezelor de curgere (bancul de nisip Caragheorghe) (Egis, 2015) (*figura 19*).



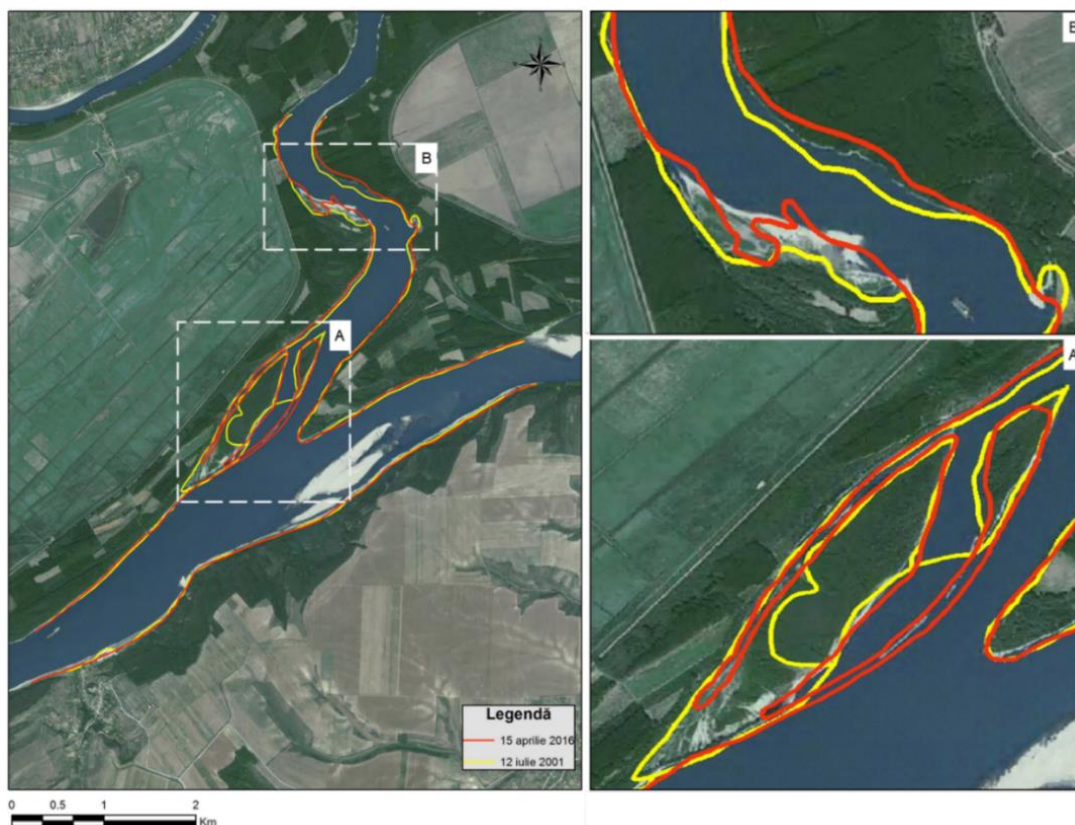
Figură 18 Mal Dunărea Veche (INCDPM, 2011-2018)



Figură 19 Bancul de nisip Caragheorghe (INCDPM, 2011-2018)

În vederea analizei morfologice a zonei de studiu au fost comparate imagini satelitare *Landsat* (*figura 20*). Pentru realizarea acestei investigații s-au luat în considerare datele existente din intervale de timp diferite (16 ani), în contextul unui debit asemănător. În acest sens, au fost utilizate imagini satelitare *Landsat 7* cu rezoluția spectrală de 30 m, asupra cărora s-a aplicat *pan-sharpening* folosindu-se banda 8 pancromatică, fiind aduse la rezoluția de 15 m. Imaginile satelitare au fost descărcate gratuit de pe geo portalul: <https://earthexplorer.usgs.gov/>. Din analiza realizată rezultă că cele mai mari schimbări din punct de vedere morfologic au avut loc pe brațul Bala. Realizarea digului de dirijare a condus la modificarea ostrovului localizat pe malul stâng al brațului Bala (*figura 20 – detaliul A*), suprafața de uscat mărindu-se.

În urma proceselor hidromorfologice, tendința cursului de apă pe brațul Bala este de a se dezvolta spre est, în perioada de 16 ani, pe malul drept fiind erodată o suprafață de peste 8 ha pe o lățime maximă de cca. 130 m, iar pe malul stâng înregistrându-se depuneri pe o suprafață de peste 8,3 ha, pe o lățime maximă de cca. 150 m (*figura 20 – detaliul B*).

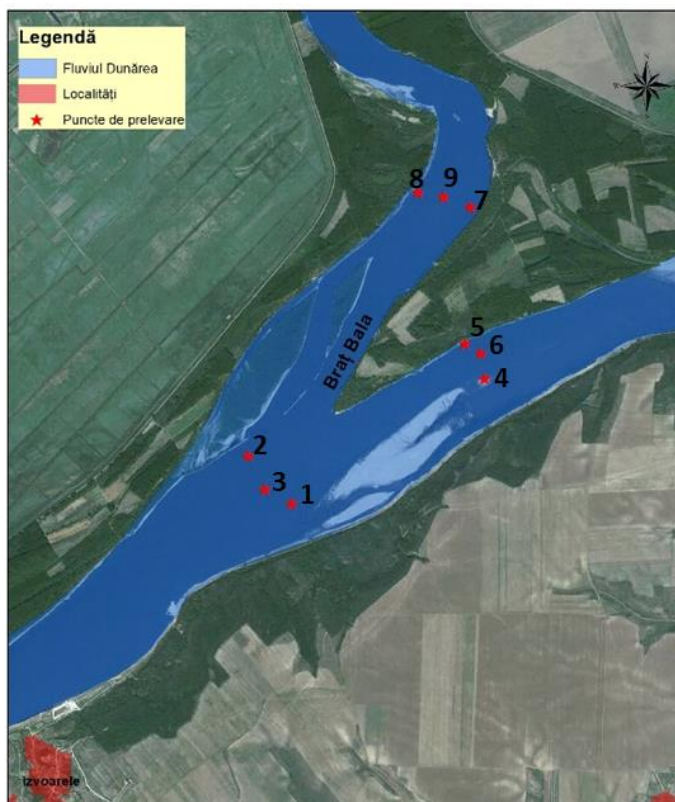


Figură 20 Evoluția morfologiei malurilor pe o perioadă de 16 ani

4.2.6. Transportul de sedimente

În dinamica albiilor, transportul aluviunilor are un rol la fel de important ca eroziunea și acumularea (Jipa D., 1987). În vederea obținerii datelor de intrare necesare realizării modelării numerice, au fost realizate campanii de teren care au presupus prelevarea probelor de sedimente din puncte de control (figura 21). Rezultatele obținute în urma analizei acestora au fost corelate cu viteza curentului de apă, măsurată în secțiunea respectivă (tabel 1).

În ceea ce privește dimensiunea medie D50 a probelor prelevate în zona malurilor, pe durata a 7 luni ale anului V de analiză (figura 22), se poate observa, că valorile maxime D50 sunt obținute în luna a șaptea, acestea încadrându-se în intervalul 1,33 - 2,00 mm. În luna a doua au fost obținute valorile minime D50 (0,10 – 0,24 mm). Pentru majoritatea sedimentelor prelevate, parametrul D50 depășește valoarea de 0,20 mm, ceea ce arată că particulele sunt ușor erodate de curenții acvatice (Inman DL 1949)

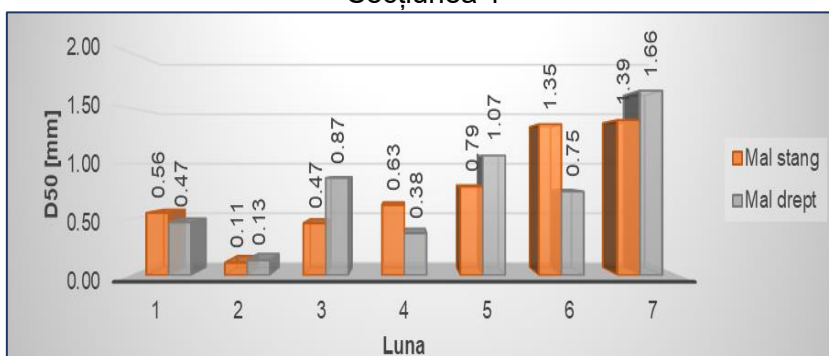


Figură 21 Puncte de prelevare a probelor de sedimente

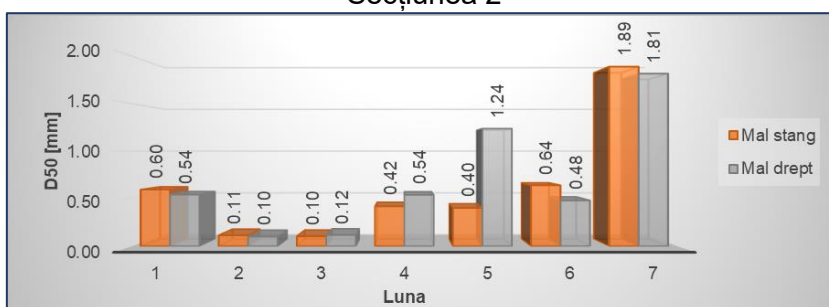
Tabel 1. Caracterizarea litologică a sedimentelor prelevate din patul albiei

Punct	Descriere litologică
1	Nisip mediu - grosier, cafeniu-gălbui, micaceu, sortare bună, cu rare resturi mici de cochilii și foarte rare elemente de pietriș mărunț, polimictic.
2	Nisip mediu - grosier, cenușiu - cafeniu, micaceu, sortare bună, cu resturi mărunte de cochilii, rare elemente de pietriș mărunț, preponderent cuarțos. Rare cochilii întregi de <i>Corbicula</i> .
3	Nisip mediu - fin, cafeniu-gălbui, micaceu, sortare bună, cu resturi mici de cochilii, elemente de pietriș mărunț, polimictic, rare elemente de pietriș mare. Cochilii întregi de <i>Corbicula</i> , <i>Dreissena</i> , <i>Viviparus</i> .
4	Nisip mediu - fin, cafeniu-gălbui, micaceu, bine sortat, cu resturi mici de cochilii, rare cochilii întregi de <i>Dreissena</i>
5	Nisip fin, cenușiu - cafeniu, micaceu, sortare bună, cu resturi mici de cochilii și resturi vegetale mărunte.
6	Nisip fin - mediu, cafeniu - gălbui, micaceu, bine sortat, cu resturi mici de cochilii, rare elemente de pietriș mărunț, polimictic.
7	Nisip mediu - grosier, cafeniu-cenușiu, micaceu, bine sortat, cu elemente de pietriș mărunț, polimictic, resturi mici de cochilii și rare cochilii întregi de <i>Corbicula</i> , <i>Dreissena</i> , <i>Viviparus</i> .
8	Nisip mediu-fin, cenușiu-cafeniu, micaceu, bine sortat, cu elemente de pietriș mărunț, polimictic, cu resturi mici de cochilii și rare cochilii întregi de <i>Dreissena</i> , <i>Corbicula</i> .
9	Nisip mediu-fin, cenușiu-cafeniu, micaceu, bine sortat, cu rare elemente de pietriș mărunț, polimictic, rare resturi mici de cochilii și rare cochilii întregi de <i>Dreissena</i> , <i>Corbicula</i> .

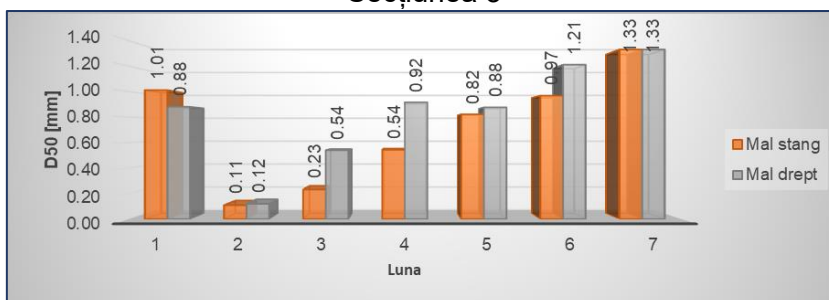
Secțiunea 1



Secțiunea 2



Secțiunea 3



Figură 22 Dimensiunea medie D50 a sedimentelor – anul V de analiză (INCDPM, 2011-2018)

Concentrațiile de sedimente în suspensie măsurate pe diferite trepte de adâncime din secțiunile investigate au valori situate între 4,8 și 56,9 mg/l. Mediile pe profil sunt însă destul de diferite ca valori, pe brațul Bala fiind localizate cele mai mari concentrații.

4.2.7. Regim climatic

Regimul climatic al zonei este de tip continental – marin și se datorează circulației vestice a aerului peste care se suprapune influența Mării Negre. Se caracterizează prin veri călduroase, uneori toride și secetoase precum și ierni puțin friguroase, marcate adeseori de viscole puternice în arealul continental (Primăria Lipnița).

4.2.8. Starea ecologică a corpurilor de apă

Pentru evaluarea, din punct de vedere chimic a calității globale a corpurilor de apă, în fiecare secțiune de analiză (*figura 14*), au fost prelevate serii de probe de apă și de sedimente și au fost determinate valorile medii pentru fiecare indicator de calitate în parte, rezultatele fiind comparate cu valorile limită ale claselor de calitate prevăzute de „*Normativul privind clasificarea calității apelor de suprafață în vederea stabilirii stării ecologie a corpurilor de apă*” (Monitorul oficial al României 2006).

În vederea stabilirii influenței pe care intervențiile antropice le pot avea asupra stării ecologice a zonei de studiu, probele au fost prelevate în diferite serii dintr-un interval de timp de 6 ani. Această perioadă se desfășoară în intervalul de referință – înainte de începerea lucrărilor; perioada de construcție a structurilor hidrotehnice și etapa de după finalizarea lucrărilor.

În analiza calității apei, indicatorii regimului de oxigen au o importanță deosebită întrucât oxigenul este cel mai reprezentativ parametru în evaluarea funcționalității ecosistemelor. Valorile CBO₅, CCO-Mn, CCO-Cr încadrează apa din sectorul analizat în clasele de calitate I și II. De asemenea, pe tot parcursul perioadei analizate, în funcție de limitele specificate în „*Anexa la ordinul ministrului mediului și gospodăririi apelor nr. 161/2006 privind aprobarea Normativului privind clasificarea calității apelor de suprafață în vederea stabilirii stării ecologie a corpurilor de apă*” (Monitorul oficial al României 2006), valorile indicatorilor oxigen dizolvat și saturația oxigenului dizolvat aparțin intervalului specific claselor de calitate I și II.

Nutrienții sunt elementele sau speciile chimice implicate în producția fitoplanctonică a materiei organice (INCDM, 2012). Valorile indicatorilor de amoniu, azotați și azot total se încadrează în limitele impuse de normativul specificat anterior, cu privire la încadrarea apei în clasele de calitate I și II, iar cele pentru ortofosfați solubili, fosfor total și clorofila „a” aparțin limitelor corespunzătoare clasei de calitate I. În ceea ce privește azoțiții, aceștia depășesc pe unele perioade scurte limitele clasei de calitate II.

Referitor la valorile indicatorilor de salinitate (conductivitate, reziduu filtrabil uscat la 105°C, cloruri, sulfați, calciu, magneziu, sodiu), pe întreaga activitate analizată, aceștia aparțin intervalului corespunzător limitelor claselor de calitate I și II.

Indicatorii poluanților toxici specifici de origine naturală (crom total, cupru, zinc, arsen, bariu, seleniu, cobalt, plumb, cadmiu, fier total, mercur, mangan total, nichel), regimul termic și acidifierea au valori ce încadrează apa, în general, în clasa de calitate I. În cazul cobaltului, în primul an de analiză valorile s-au încadrat în clasa a II-a de calitate, iar pentru fier total, pe perioade scurte din anii IV și V au fost înregistrate valori ce au aparținut clasei de calitate III.

În ceea ce privește evaluarea sedimentelor din zona studiată, au fost investigați indicatori ai metalelor grele, și anume: arsen, cadmiu, crom total, cupru, plumb, mercur, zinc și nichel. În diferite puncte ale secțiunilor de control, sunt înregistrate valori ce depășesc limitele impuse de standardul de calitate a sedimentelor (INCDM, 2012) în cazul cuprului, nichelului și mercurului. Cele mai mari valori ale concentrației, atât în cazul cuprului, cât și al nichelului, au fost înregistrate în secțiunea 3. Concentrația de cupru a depășit 70 mg/kg în dreptul malului drept (limita conform standard 40 mg/kg), iar concentrația de nichel a fost de aproape 99 mg/kg în dreptul malului stâng (limita conform standard 35 mg/kg).

4.3. Habitate

Arealul studiat în prezenta cercetare face parte din ariile Natura 2000 - situl ROSCI0022 Canaralele Dunării și situl ROSPA0039 Dunăre Ostroave (INCDPM, 2011). Habitatele întâlnite în situl Canaralele Dunării din zona brațului Bala sunt reprezentate de plantații de plop canadian

(*Populus x canadensis*), comunități antropice cu *Polygonum aviculare*, *Lolium perenne*, *Schlerochloa dura* și *Plantago major*, suprafață nisipoasă temporar nuda, păduri danubiene de salcie albă (*Salix alba*), cu mur (*Rubus caesius*) (92A0 *Salix alba* and *Populus alba* galleries) (INCDPM, 2011-2018).

ROSPA0039 Dunăre Ostroave include și sectorul studiat în prezenta lucrare, fiind important pentru populațiile cuibăritoare ale următoarelor specii: dumbrăveanca (*Coracias garrulus*), vânturel de seară (*Falco vespertinus*); rața roșie (*Aythya nyroca*), lopătar (*Platalea leucorodia*), egretă mică (*Egretta garzetta*), stârc de noapte (*Nycticorax nycticorax*), țigănuș (*Plegadis falcinellus*), cormoran mic (*Phalacrocorax pygmaeus*), stârc roșu (*Ardea purpurea*), codalb (*Haliaeetus albicilla*), stârc galben (*Ardeola ralloides*), sfrâncioc cu frunte neagră (*Lanius minor*), caprimulg (*Caprimulgus europaeus*) și gaia neagră (*Milvus migrans*) (INCDPM, 2011-2018). În figurile 23, 24 și 25 sunt prezentate exemple de habitate formate în zona brațului Bala.



Figură 23 Habitatale în maluri pentru avifaună în zona brațului Bala (INCDPM, 2011-2018)



Figură 24 Salciet cu plop negru (INCDPM, 2011-2018)



Figură 25 Specii de *Echinochloa crus-galli*, *Portulaca oleracea*, *Polygonum lapathifolium*, *Portulaca oleracea* – bancul de nisip Caragheorghe (INCDPM, 2011-2018)

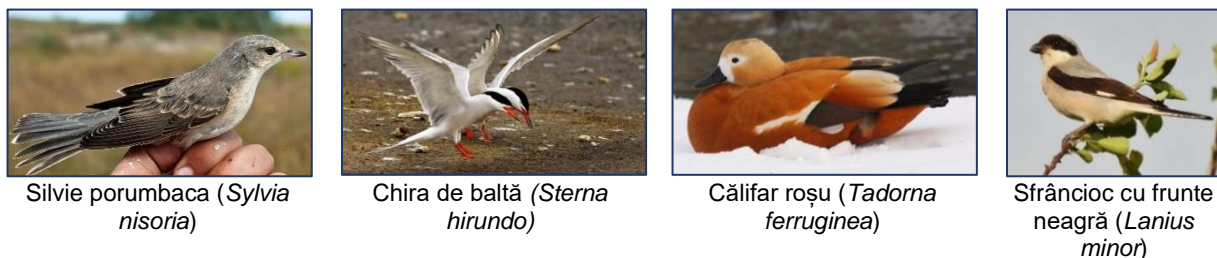
În zona ostrovului Turcescu (arealul localizat între Dunărea Veche și brațul Bala) au fost observate următoarele habitate: plantație de plop canadian (*Populus x canadensis*), păduri danubiene de salcie albă (*Salix alba*) cu mur (*Rubus caesius*) (92A0 *Salix alba* and *Populus alba* galleries), comunități antropice cu *Agropyron repens*, *Arctium lappa*, *Artemisia annua* și *Ballota nigra* (INCDPM, 2011-2018).

4.4. Flora terestră

În sectorul Călărași – Brăila predomină plantațiile de plop canadian și habitatele seminaturale (păduri de luncă dominate de salcie albă și plop). Acestea se limitează la fâșii înguste în zonele ripariene, temporar inundate, fiind stare de degradare avansată, cu multe specii alohtone invazive. În figurile 24 și 25 sunt reprezentate salciet cu plop negru și specii de plante localizate pe bancul de nisip Caragheorghe.

4.5. Avifauna

Din punct de vedere avifaunistic experții INCDPM au identificat în sectorul dunărean cuprins între Călărași – Brăila, specii de păsări protejate de Directiva Consiliului 79/409/CEE (Directiva 2009/147/CE, 2009), precum: pescăruș albastru (*Alcedo atthis*), acvila țipătoare mică (*Aquila pomarina*), stârcul roșu (*Ardea purpurea*), stârcul galben (*Ardeola ralloides*), chirighița cu obraz alb (*Chlidonias hybrida*), barza albă (*Ciconia ciconia*), barza neagră (*Ciconia nigra*), erete de stuf (*Circus aeruginosus*), egretă mică (*Egretta garzetta*), vânturel de seară (*Falco vespertinus*), codalb (*Haliaeetus albicilla*), gaie brună (*Milvus migrans*), stârc de noapte (*Nycticorax nycticorax*), Lopătar (*Platalea leucorodia*), țigănuș (*Plegadis falcinellus*), chiră de baltă (*Sterna hirundo*), uliu cu picioare scurte (*Accipiter brevipes*), chirighița neagră (*Chlidonias niger*), pescăruș mic (*Larus minutus*), cormoran mic (*Phalacrocorax pygmaeus*), ghionoaie sură (*Picus canus*) (INCDPM, 2011-2018). Arealul studiat, reprezentat de zona de bifurcație braț Bala – Dunărea Veche face parte din zona de migrație și cuibărit pentru păsările acvatice (INCDPM, 2011-2018). În acest areal au fost identificate 4 specii protejate: silvie porumbacă (*Sylvia nisoria*), chiră de baltă (*Sterna hirundo*), călifar roșu (*Tadorna ferruginea*), sfrâncioc cu frunte neagră (*Lanius minor*) (figura 26). (INCDPM, 2011-2018).



Figură 26 Specii de păsări observate în zona de bifurcație braț Bala–Dunărea Veche (SOR, Păsări din România, 2017)

Totodată, zona de bifurcație braț Bala – Dunărea Veche face parte din arealul de iernare a păsărilor acvatice, efective importante de specii de corvide (*Corvus sp.*), cormoran mare (*Phalacrocorax carbo*), rața mare (*Anas platyrhynchos*) și pescăruș cu picioare galbene (*Larus sp.*) fiind identificate în această zonă (INCDPM, 2011-2018).

4.6. Flora și fauna acvatică

Componentele ecosistemului – populații vegetale, animale, microorganismele și structura biotopului – sunt subsisteme între care se stabilesc relații multiple și complexe ce asigură desfășurarea fluxului de energie, a circuitului de materie și eficiența mecanismelor de autocontrol.

4.6.1. Fitoplancton

Date referitoare la fitoplancton au fost obținute în urma activităților de monitorizare efectuate în perioadele de pre-construcție, construcție și post-construcție.

În ceea ce privește compoziția taxonomică a fitoplanctonului, nu au fost evidențiate modificări majore pe parcursul desfășurării lucrărilor și după finalizarea construcțiilor, în comparație cu etapa de dinainte de începerea lucrărilor hidrotehnice.

Pe parcursul perioadei de monitorizare, în vederea evaluării stării ecologice a ecosistemului acvatic au fost utilizați următorii indici de calitate: indice saprob, indice de diversitate Simpson, indice număr de taxoni și indice de abundență numerică relativă (INCDPM, 2011) (INCDPM, 2015) (INCDPM, 2014). Întrucât este foarte dificil să se precizeze acuratețea cu care fiecare dintre acești indici reprezintă una dintre presiunile majore, conform HG 80/2011 (Hotărârea nr. 80/2011), a fost determinat indicele multimetric, având la bază valorile tuturor indicilor menționați. Pentru calculul indicelui multimetric, se realizează o ponderare a importanței indicilor selecționați/utilizați pentru evaluarea comunităților de alge și pentru evaluarea stării ecologice, astfel: indicele saprob (IS): 25%; indicele de diversitate Simpson (ID): 40%; indice număr taxoni (INT): 20%; indice abundență numerică (IAND): 15% (INCDPM, 2011).

Evaluarea stării ecologice pe baza valorilor indicelui multimetric (IM) s-a efectuat în funcție de domeniul valorilor obținute, conform tabelului 2 (INCDPM, 2011) (Hotărârea nr. 80/2011).

Tabel 2. Evaluarea stării ecologice pe baza valorilor indicelui multimetric (IM)

Indice multimetric [IM]	≥ 0,8	0,8 – 0,6	0,6 – 0,4	0,4 – 0,2	<0,2
Stare ecologică	Foarte bună	Bună	Moderată	Slabă	Proastă

Conform Anexei 6.1. Sistemul de clasificare și evaluare al corpurilor de apă de suprafață în conformitate cu Directiva Cadru Apă, pentru încadrarea în starea ecologică foarte bună, indicatorii pentru corpul de apă RO14 (din care face parte sectorul de Dunăre analizat) trebuie să aibă următoarele valori: indice saprob: max. 2,35; indice de diversitate Simpson: min. 0,85; indice număr taxoni: min. 10; indice bazat pe abundența numerică relativă (proporția reprezentată de *Bacillariophyceae*): max. 95%. În tabelul 3 sunt reprezentate, sintetizat, valorile principalilor indicatori calitativi și cantitativi pentru zona studiată, în perioada de monitorizare.

Tabel 3 Indicatori calitativi și cantitativi – fitoplancton

An	Secțiune	Indice saprob	Indice de diversitate Simpson	Număr taxoni	Indice de abundență numerică (<i>Bacillariophyta</i>)	Indice multimeric (HG 80/2011)	Starea ecologică (HG 80/2011)
Înainte de începerea lucrărilor							
I	S2	1,7	0,676	20	99,2	0,825	Foarte bună
	S3	1,6	0,674	12	100	0,811	Foarte bună
Pe parcursul desfășurării lucrărilor							
II	S2	1,3	0,712	17	89,66	0,807	Foarte bună
	S3	1,37	0,687	12	84,73	0,767	Bună
III	S2	1,23	0,65	11	97,11	0,74	Bună
	S3	1,53	0,656	10	94,6	0,76	Bună
IV	S2	1,84	0,63	15	97,14	0,844	Foarte bună
	S3	1,65	0,681	17	100	0,846	Foarte bună
V	S2	1,68	0,678	16	100	0,848	Foarte bună
	S3	1,77	0,675	16	100	0,858	Foarte bună
Medie	S2	1,513	0,6675	17	95,978	0,81	Foarte bună
	S3	1,58	0,675	17	94,833	0,808	Foarte bună
După finalizarea lucrărilor							
VI	S2	1,57	0,704	15	100	0,848	Foarte bună
	S3	1,30	0,705	14	95	0,810	Foarte bună
VII	S2	1,5	0,734	16	100	0,852	Foarte bună
	S3	1,53	0,728	16	88,89	0,85	Foarte bună
Medie	S2	1,535	0,719	16	100	0,841	Foarte bună
	S3	1,415	0,717	16	91,945	0,826	Foarte bună

S2 – Secțiunea 2; S3 – Secțiunea 3

Conform HG 80/2011 din analiza valorilor indicelui multimeric pentru fitoplancton a rezultat că pe întreaga perioadă de monitorizare, starea ecologică a apei Dunării se încadrează între bună și foarte bună, în arealul studiat. Indicatorii de calitate ai fitoplanctonului monitorizați au înregistrat o variabilitate dependentă în principal de momentul prelevării, urmând dinamica sezonieră a dezvoltării principalelor grupe de alge (tabel 3) (INCDPM, 2011) (INCDPM, 2015) (INCDPM, 2014) (INCDPM, 2016).

4.6.2. Macrofite

În zona de interes, prezența speciilor de macrofite este redusă, în zona malului drept fiind identificată specia *Butomus umbellatus* L. (figura 27). Structura biocenozelor Dunării și funcționalitatea acestora este determinată, în principal, de caracterul fluviatil al ecosistemului (INCDPM, 2015). Astfel, prezența pușinelor macrofite este mai frecventă pe malul drept, aceasta datorându-se unui profil cu o pantă lentă unde macrofitele se fixează mult mai ușor, comparativ cu malul stâng, cu un profil foarte abrupt (INCDPM, 2011).



Figură 27 Prezența macrofitelor în secțiunea 3 – mal drept (INCDPM, 2015)

4.6.3. Macronevertebrate

În general, în zona litorală a fluviului există mai multe comunități de macronevertebrate mult mai abundente decât în albia adâncă. Numărul indivizilor sunt, de obicei, foarte scăzute în zona de apă adâncă (Csányi B., et al. 2012). Conform Csányi B. între km 347 – km 341 malul drept al Dunării este format din sedimente bogate în fosile, sub formă de substrat solid în habitatele zonei litorale. În lucrarea „Metodologii privind cercetarea macronevertebratelor în râurile mari: Studiu de caz Dunărea Inferioară, România” (Csányi B., et al. 2012) pentru a analiza distribuția taxonilor, au fost prelevate o serie de probe din sectorul Dunării ce cuprinde și zona de studiu analizată în prezenta lucrare, în luna mai a primului an de analiză. Din analizele efectuate a rezultat că în zona malurilor există o comunitate mai bogată de macronevertebrate decât în albia adâncă a fluviului.

În secțiunea localizată în amonte de bifurcația braț Bala-Dunărea Veche, numărul de membri ai grupului de insecte (*Chironomidae*) este remarcabil și dominant în sedimentul fin de-a lungul malului stâng (400 ind./probă), iar numărul indivizilor este, de obicei, foarte scăzut în zona de adâncime datorită nisipului continuu. În secțiunea transversală localizată pe Dunărea Veche a fost observat un număr individual extrem de mare de crustacee (1547 ind./probă) format mai ales de *Chelicorophium curvispinum* (1100 ind./probă) care trăiau pe substratul solid al albiei (Csányi B., et al. 2012).

4.6.4. Ihtiofauna

Deoarece construcțiile hidrotehnice realizate pentru îmbunătățirea condițiilor de navigație pot afecta speciile de pești bentonici reofili, la nivelul primului an de analiză (înainte de începerea lucrărilor), a fost investigat brațul Bala. În acest sens au fost analizate atributele abiotice ale habitatelor de pești (adâncimea și temperatura apei, caracteristicile meteorologice, materialul patului albiei). Pe parcursul campaniei desfășurate în vara primului an de analiză, pe brațul Bala, ce face obiectul prezentei lucrării, au fost capturate 22 specii și 657 exemplare de pești. Cele mai abundente specii au fost reprezentate de *Z. streber* - 43% și *R. albipinnatus* - 14%.

Totodată, în Dunărea Inferioară se regăsesc 4 specii de sturioni: morun (*Huso huso*), păstrugă (*Acipenser stellatus*), cega (*Acipenser ruthenus*) și nisetru (*Acipenser gueldenstaedtii*) (figura 28) (INCDPM, 2011). Importanța științifică și economică a acestor specii este dată atât de valoarea unică pe care o reprezintă pentru biodiversitate, cât și din punct de vedere al creșterii cererii de caviar pe piață (INCDPM, 2016). Supraexploatarea, intervențiile antropice, pierderea habitatelor și poluarea au afectat grav toate speciile de sturioni, fiind necesar să se asigure conservarea pe termen lung a acestora (Djikanovic V., et al. 2015) (INCDPM, 2016). Începând cu anul 1998, toate speciile de sturioni sunt protejate de „Convenția privind comerțul internațional cu specii sălbatice de faună și floră pe cale de dispariție (CITES)”.



Morun (*Huso huso* Linnaeus, 1758)



Păstrugă (*Acipenser stellatus* Pallas, 1771)



Cegă (*Acipenser ruthenus* Linnaeus, 1758)



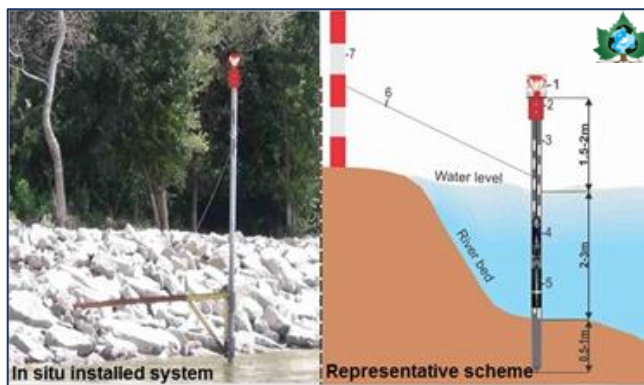
Nisetru (*Acipenser gueldenstaedtii* Brandt & Ratzeburg, 1883)

Figură 28 Specii de sturioni identificați în Dunărea Inferioară (INCDPM, 2011-2018) (INCDPM, 2016)

În acest sens, experții INCDPM au desfășurat activități de monitorizare a sturionilor marcați ultrasonic în vederea determinării eventualului impact pe care construcția lucrărilor hidrotehnice ar putea să o aibă asupra acestora (INCDPM, 2011-2018). Acest lucru a putut fi realizat prin dezvoltarea unor sisteme de monitorizare care furnizează date referitoare la traseul de migrație al sturionilor marcați ultrasonic. Monitorizarea sturionilor a început în anul I de analiză, odată cu realizarea primelor sisteme de supraveghere dezvoltate de către INCDPM (Raischi M.C., et al. 2016) (INCDPM, 2016).

Pentru a crea porți de monitorizare, în zonele de pe sectorul Călărași – Brăila, în care au fost executate lucrări hidrotehnice, au fost montate stații fixe (Deak, Badilita, et al. 2012) și mobile (Deak, Raischi, et al. 2014) de monitorizare a ihtiofaunei și în special a sturionilor, prin teledetecție cu marcă ultrasonică. Aceste stații sunt utilizate în vederea determinării parametrilor de calitate a apei și a traseului de migrație al sturionilor, marcați ultrasonic. Stația *DKTB* de monitorizare a ihtiofaunei și în special a sturionilor marcați ultrasonic, în diferite condiții hidrologice (Deak, Badilita, et al. 2012) (figura 29) oferă posibilitatea înregistrării datelor referitoare la nivelul apei.

Stația *DKMR-01T* de monitorizare prin teledetecție a ihtiofaunei și în special a sturionilor în condiții hidrologice dificile (Deak, Raischi, et al. 2014) (figura 30) funcționează pe baza principiului presiunii de flotație care îi oferă mobilitate atât în plan vertical cât și orizontal și posibilitatea utilizării în orice condiții: hidromorfologice, hidrodinamice și meteorologice, cu eliminarea riscului de pierdere a stațiilor de recepție și implicit a volumului de informații înregistrat (Deak, Raischi, et al. 2014)



- (1) sistem de avertizare luminoasă; (2) capac de protecție metalic cu sistem de închidere special; (3) țevă de protecție prevăzută cu fante; (4) multiparametru utilizat pentru monitorizarea nivelului și a parametrilor de calitate a apei; (5) receptor al semnalelor ultrasonice; (6) cablu de ancorare; (7) stâlp de ancorare

Figură 29 Stația *DKTB* de monitorizare a ihtiofaunei și în special a sturionilor, prin teledetecție cu marcă ultrasonică, în diferite condiții hidrologice (Deak, Badilita, et al. 2012)



- (1) sistem de avertizare luminoasă; (2) rezervor plutitor; (3) sistem de legătură dintre rezervor și țevă de protecție; (4) capac de protecție metalic; (5) țevă de protecție prevăzută cu fante; (6) sondă multiparametru utilizată pentru determinarea calității apei; (7) stație de recepție pentru monitorizarea ihtiofaunei

Figură 30 Stația mobilă de tipul *DKMR-01T* de monitorizare prin teledetecție a ihtiofaunei și în special a sturionilor în condiții hidrologice dificile (Deak, Raischi, et al. 2014).

Utilizarea celor două stații a condus la obținerea unor rezultate unice privind starea de conservare a speciilor de sturioni din Dunărea Inferioară. În urma activităților de monitorizare desfășurate pe parcursul celor 6 ani de analiză, au fost capturate, marcate și monitorizate 349 exemplare de sturioni marcați ultrasonic, din cele 4 specii (INCDPM, 2017).

4.7. Intervenții antropice pe sectorul inferior al Dunării

Primele amenajări hidrotehnice în bazinul Dunării au început în secolul al XVI-lea, în Ungaria, urmând ca apoi, în anul 1930 să fie realizată prima construcție hidrotehnică în Austria și primul dig în 1927, în sudul Bavariei (ICPDR). Primele lucrări de îmbunătățire a condițiilor de navigație au fost demarate în sectorul Dunării superioare, în secolul al IX-lea. În prezent, atât Dunărea cât și câțiva dintre afluenții săi principali sunt navigabili.

În România, primele lucrări ingineresti au fost inițiate între anii 1834 și 1837. Acestea au constat în lucrări de regularizare a albiei fluviului în vederea îmbunătățirii condițiilor de navigație la ieșirea Dunării din defileu (Egis, 2015).

În vederea producerii energiei electrice și pentru îmbunătățirea condițiilor de navigație, pe sectorul românesc al Dunării funcționează Sistemele Hidroenergetice și de Navigație Porțile de Fier I (figura 31) și II (figura 32), construite în colaborare cu partenerii sârbi (Hidroelectrică, 2010).

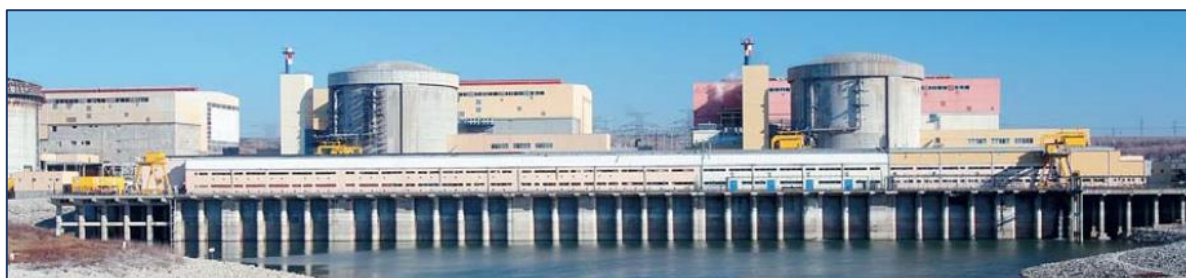


Figură 31 Sistemul Hidroenergetic și de Navigație Porțile de Fier I (Hidroelectrica, 2010)



Figură 32 Sistemul Hidroenergetic și de Navigație Porțile de Fier II (Hidroelectrica, 2010)

Un alt exemplu important este reprezentat de Centrala Nuclearoelectrică Cernavodă (figura 33). Aceasta asigură funcționarea în siguranță a Unităților nucleare 1 și 2, fiecare cu o putere instalată de producție de 700 MW (EnergONuclear 2011).



Figură 33 CNE Cernavodă (Nuclearelectrica, 2014)

Referitor la lucrările de îmbunătățire a condițiilor de navigație, cea mai importantă astfel de intervenție este reprezentată de canalul Dunăre-Marea Neagră, care se întinde de la Cernavodă până la Agigea (Egis, 2015).

În vederea întreținerii șenalului navigabil și pentru exploatarea nisipului și pietrișului din patul albiei, au fost efectuate lucrări de dragaj. Din albia Dunării Inferioare, este dragat anual un volum de sedimente ale cărui valori sunt cuprinse în medie între 1,5 și 3,5 Mm³/an (Egis, 2015).

4.8. Descrierea construcțiilor hidrotehnice din zona de studiu

Pe sectorul Dunării cuprins între Călărași și Brăila, normele stabilite de Comisia Dunării recomandă ca șenalul navigabil să aibă o adâncime de 2,5 m sub etiajul navigabil și de regularizare (ENR) și o lățime de 180 m, pentru secțiunile cu praguri de nisip aceasta reducându-se la 150 m (INCDPM, 2011-2018).

Pe acest sector nu sunt asigurate pe tot parcursul anului condițiile de navigație, dat fiind contextul existent în zona bifurcației braț Bala-Dunărea Veche: în situații de ape mici, distribuția debitului de apă între Bala și Dunărea Veche a devenit defavorabilă brațului principal al Dunării (INCDPM, 2011-2018), (Egis, 2015), (Tractebel Development Engineering, 2012). Prin urmare, scăderea debitelor și nivelului apei pe Dunărea Veche afectează toate folosințele fluviului din aval. Totodată, această situație conduce la prelungirea perioadei de secetă pentru zonele umede situate în zona brațului principal al Dunării, la creșterea sedimentărilor pe Dunărea Veche și a fenomenelor de eroziune pe brațul Bala, la reducerea disponibilității de asigurare a apei de răcire pentru Centrala Nuclearoelectrică Cernavodă și la continua creștere a necesarului anual de dragaje pentru întreținerea șenalului navigabil (Tractebel Development Engineering, 2012).

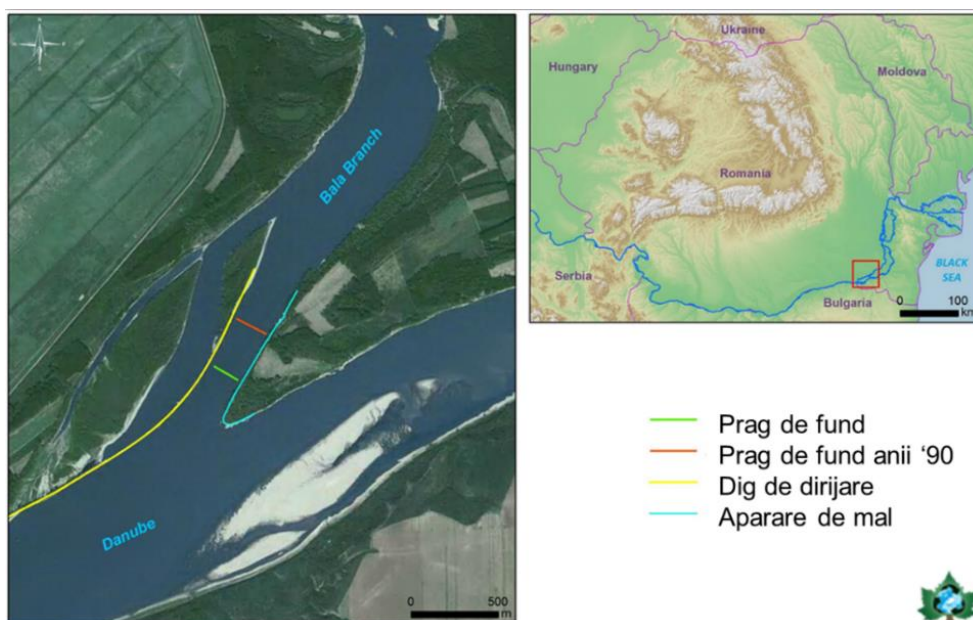
În ceea ce privește problema redistribuirii debitelor din zona de bifurcație braț Bala – Dunărea Veche, au fost mai multe etape în care au fost propuse diferite soluții, astfel (Buzuloiu Gh. și Chirila C. 2003):

- În anii '50 au fost propuse următoarele lucrări: mutarea gurii brațului Bala în amonte de stânca de submersie de la Pârjoaia; realizarea unui dig de dirijare pe malul stâng al brațului Bala pentru anihilarea efectului de epui submers al stâncii de la Pârjoaia și dirijarea curentului pe Dunărea Veche; bararea brațului Bala printr-un dig și mutarea gurii acestuia spre aval. Suplimentar, pentru sporirea adâncimilor navigabile la niveluri scăzute,

se preconizau lucrări de calibrare a albiei pe Dunăre între km 345 – 238. Abandonarea lucrărilor la canalul Dunăre - Marea Neagră, în 1953 a condus implicit și la renunțarea realizării amenajărilor menționate anterior.

- În perioada 1979 – 1986, pe baza studiilor pe model efectuate la Institutul de Cercetări Hidrotehnice (actualul INCDPM), s-au întocmit documentații de proiectare prin care se prevedeau, printre altele, în zona brațului Bala, construcția unui dig de închidere și dirijare pe malul stâng, protecția malului drept și realizarea a două praguri de fund submersibile în vederea reducerii debitelor lichide.
- După 1990 proiectul s-a reactualizat, propunându-se execuția unui singur prag pe brațul Bala la km 9,5 cu cota la -1,85 m față de etiajul local Călărași, pentru sporirea debitelor pe Dunărea Veche. Pe lângă acesta, a fost realizat un dig de dirijare, pe malul stâng al Dunării, pe brațul Bala, astfel încât lățimea albiei la intrarea pe braț să se reducă.

Sistate din nou, la sfârșitul anului 1995, lucrările nefinalizate din zona amonte a brațului Bala au condus la accelerarea absorbției debitelor mici pe acest braț, ca urmare a îngustării secțiunii. Totodată lucrările nefinalizate au condus la modificarea formei albiei la intrarea pe brațul Bala ca urmare a eroziunilor cauzate de creșterea vitezelor de curgere (Tractebel Development Engineering, 2012).



Figură 34 Localizarea construcțiilor hidrotehnice (Nicolae A.-F., Deak Gy., et al., 2017)

Acest fapt a generat reducerea drastică a adâncimilor necesare navigației și neasigurarea debitelor necesare de captat pentru unitățile CNE Cernavodă (Buzuloiu Gh. și Chirila C. 2003). În acest context, a fost necesar să se propună o nouă serie de lucrări hidrotehnice prin care să se asigure condițiile optime de navigație, pe tot parcursul anului. Aceste construcții sunt reprezentate de: un prag de fund, un dig de dirijare și o apărare de mal, toate realizate pe brațul Bala (figura 34) (INCDPM, 2011-2018) (Nicolae A.-F., Deak Gy., et al., 2017).

Prin realizarea acestor construcții hidrotehnice se urmărește modificarea distribuției debitelor între brațele Dunărea Veche și Bala, contribuind prin aceasta esențial la îmbunătățirea condițiilor de navigație pe Dunărea Veche Inferioară.

Pragul de fund este prevăzut pe toată lățimea brațului Bala. Acesta se încadrează în digul de dirijare (malul stâng) și în apărarea de mal (malul drept). Pragul de fund este localizat la aproximativ 300 m amonte de amplasamentul structurii submersibile a cărei construcție a demarat la începutul anilor '90, dar nu a fost finalizată. A fost proiectat astfel încât să aibă o lungime de 195,30 m, între taluzele celor două construcții hidrotehnice (digul de dirijare și apărarea de mal). Conform proiectului, structura este construită în trepte, în zona centrală fiind prevăzută o cunetă la cota -3,48 m față de ENR. Lățimea coronamentului variază de la 10 m, în zona cunetei, până la 40 m, în sectorul în care cota este de -1,85 m față de ENR (Tractebel Development Engineering, 2012).



Figură 35 Construcția structurilor hidrotehnice în vederea îmbunătățirii condițiilor de navigație pe Dunăre (INCDPM, 2015)

Soluția constructivă a digului de dirijare constă în realizarea unui dig de piatră, având cota de 11,28 MNS, lățimea 5 m și lungimea de 2164 m (Tractebel Development Engineering, 2012).

Apărarea de mal are ca soluție constructivă realizarea unei protecții din straturi de piatră brută. Aceasta are cota de 10,78 MNS.

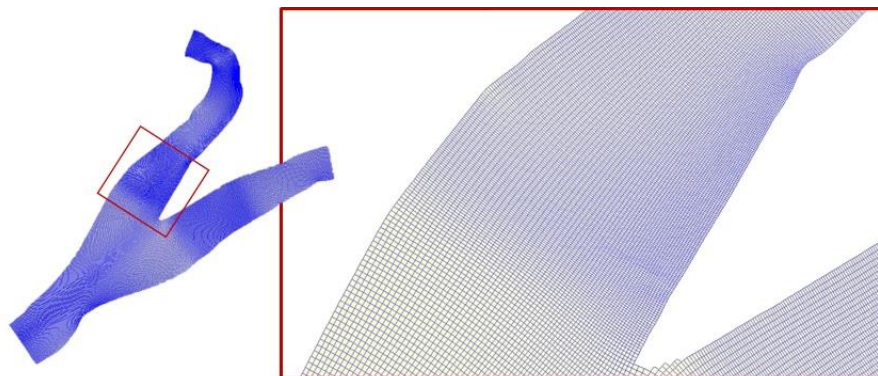
Piatra utilizată la construcția lucrărilor hidrotehnice este un diabaz de tip *pillow-lava*, adus din cariera „Revărsarea” (Tulcea) (Telarmed, 2011).

Capitolul 5. MODELARE NUMERICĂ

În vederea efectuării investigațiilor privind modificările morfologice ale patului albiei din sectorul studiat, în cadrul cercetării s-a aplicat ca metodă de studiu modelarea numerică, fiind utilizat programul *Delft3D*.

5.1. Realizarea rețelei de calcul

Modelul la scară medie a fost realizat pentru zona care acoperă cursul Dunării pe o lungime de 5 km pe Dunărea Veche și de 2,5 km pe brațul Bala. Construcția rețelei de celule s-a realizat cu ajutorul limitelor de frontieră generate prin intermediul programelor de prelucrare a datelor geografice și analiză a hărților.



Figură 36 Detaliu privind rețea de celule

Limitele impuse de maluri au fost realizate având la bază atât informațiile obținute în urma măsurătorilor topografice efectuate de către experții INCDPM, cât și datele satelitare din perioadele cu debite mari. În funcție de acestea, inițial, rețeaua de celule a fost schematizată manual, prin intermediul canalelor (spline-uri), ulterior fiind generată automat. În vederea integrării geometriei structurilor hidrotehnice în modelul terenului și pentru a permite o mai bună interpretare a rezultatelor, rețeaua de celule a fost rafinată la intrarea pe brațul Bala și în zona de bifurcație braț Bala – Dunărea Veche (figura 36).

Rețeaua astfel construită are un număr de 59024 de celule, dintre care 528 dezvoltate longitudinal și 113 transversal. Aceasta a fost realizată utilizând celule de discretizare de tip poliedric cu fețe patrulatere cu dimensiuni ce variază între 3,88 – 27,32 m pe direcția longitudinală și 2,90 – 21,99 m pe direcția transversală. Aceste caracteristici asigură proporția optimă între gradul de discretizare a rețelei, timpul de rulare și rezultatele furnizate.

Tabel 4. Condiții la limită utilizate în realizarea modelului hidrodinamic

		Debit [m ³ /s]	H [m]*
Amonte	Dunăre	10800	12,9
	Braț Bala	5781	12,5
Aval	Dunărea Veche	5019	12,6

* raportată la cota MNS – Marea Neagră Sulina

După selectarea parametrilor fizici și numerici, au fost desemnate punctele și secțiunile de control și analiză, pe sectorul studiat. Rezultatele obținute în urma rulărilor s-au vizualizat cu ajutorul modului *Delft3D-QUICKPLOT*. În vederea obținerii unor rezultate cu mare grad de încredere, cu valorile măsurate, modelul test a fost calibrat și validat, aceste etape fiind prezentate în cele ce urmează.

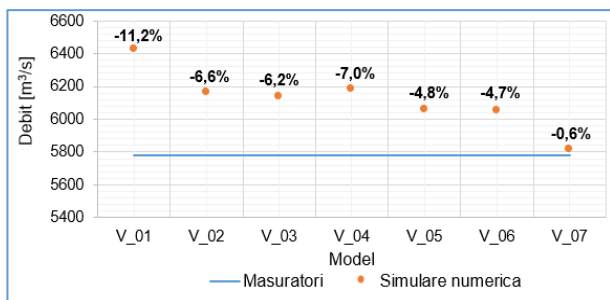
5.3.1. Calibrarea modelului hidrodinamic

Modelul hidrodinamic test a fost calibrat în funcție de nivel, debit și vitezele de curgere a apei. Procesul de calibrare s-a realizat treptat, prin schimbarea valorii parametrilor de rugozitate și viscozitate. În funcție de rezultatul primului model creat au fost modificate valorile parametrilor de calibrare pentru cel de-al doilea model, urmărindu-se ca la final, valorile parametrilor hidrodinamici (debit, nivel al apei, viteze de curgere) să fie similare cu cele rezultate în urma măsurătorilor. Așadar, s-a impus ca modelele create să se verifice cu datele măsurate. Comparațiile au fost efectuate atât la limitele amonte și aval, cât și în secțiunile de control. Luându-se în considerare aceste aspecte au fost realizate modele în care s-au variat pasul de timp și formulele și valorile rugozității. În cazul rugozității s-a folosit formula elaborată de Manning.

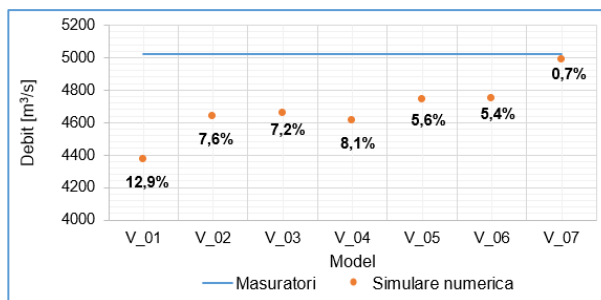
În etapa de calibrare au fost analizate 7 modele. Rezultatele obținute în urma procesului de rulare a acestor modele au fost comparate cu cele obținute în urma măsurătorilor din teren. În urma acestor comparații, în toate variantele, valorile nivelului apei furnizate de model au fost egale cu cele obținute din măsurători. În schimb, în cazul debitelor, nu se menține aceeași echivalență, astfel, la limita aval a zonei studiate, a fost calculată eroarea relativă procentuală:

$$A = \frac{P - P_s}{P} \times 100, [\%] \quad (2)$$

În care: A - eroarea relativă procentuală; P – parametru rezultat din măsurători – Qr, Hr; Ps - parametru rezultat din simulări numerice – Qs, Hs.



Figură 39 Etapa de calibrare - Comparația valorilor de debit -, braț Bala



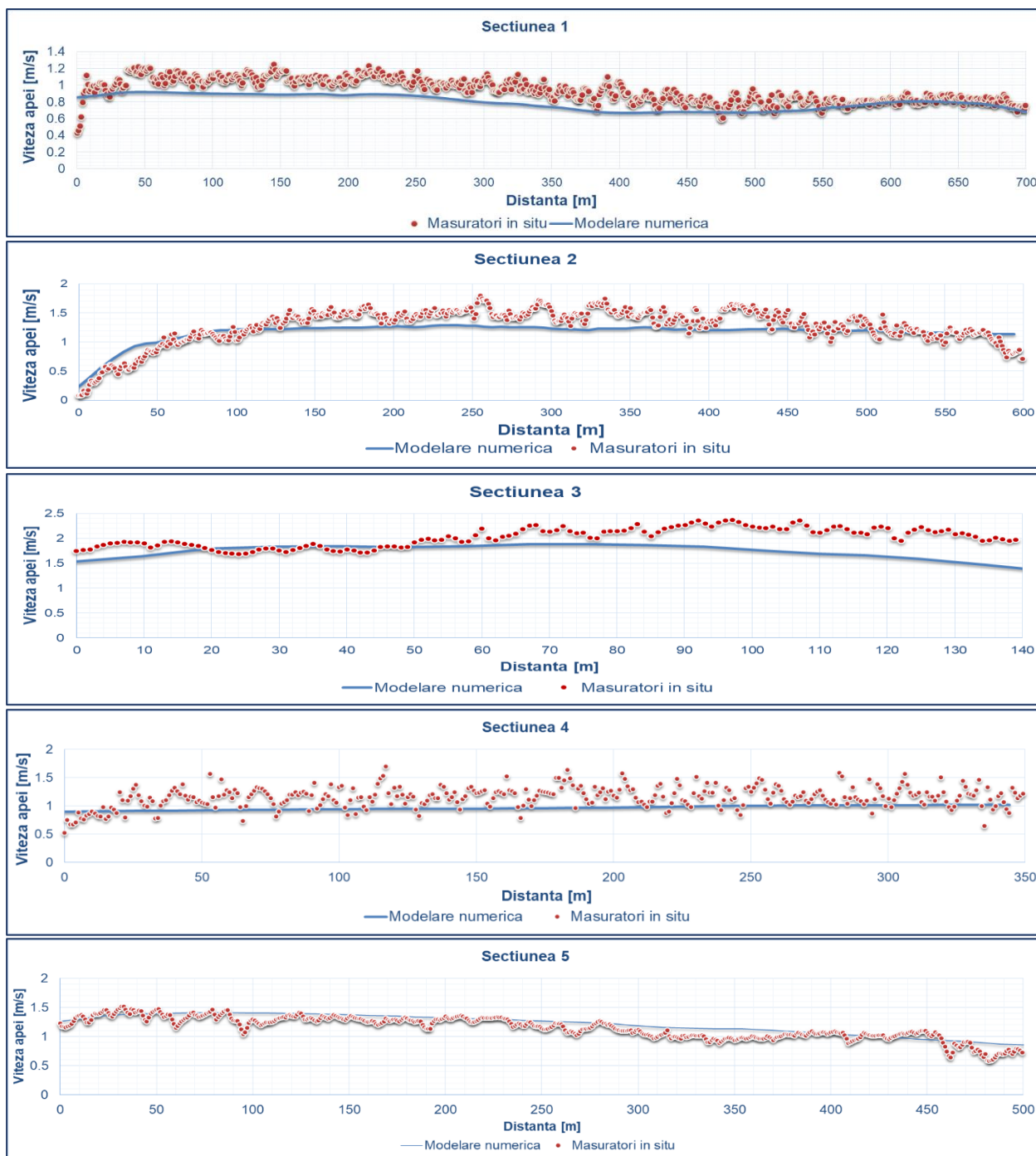
Figură 40 Etapa de calibrare - Comparația valorilor de debit -, Dunărea Veche

În urma acestor comparații (figurile 39 și 40) **modelul V_07** a furnizat rezultate apropiate de cele obținute în urma măsurătorilor din teren (la limita aval abateri de cca. 0,6% pe brațul Bala și de cca. 0,7% pe Dunărea Veche). Pentru realizarea modelului V_07 s-a atribuit valoarea de 0,0001 m²/s viscozității aparente pe verticală și a fost utilizat un fișierul *.rgh în care au fost repartizate valori diferite pe sectorul de fluviu analizat (0,03 s/m^{1/3} pe brațul Bala și 0,025 s/m^{1/3} pe Dunăre).



Figură 41 Secțiuni transversale analizate pentru realizarea comparației vitezelor

De asemenea, în etapa de calibrare, s-au comparat vitezele curentului de apă furnizate de modelul V_07 cu vitezele apei măsurate prin ADCP, în secțiunile analizate din teren (figura 41). În general, în secțiunile analizate se menține o tendință asemănătoare între valorile mediate pe verticală ale vitezelor curentului de apă obținute în urma măsurărilor și cele rezultate în urma modelării numerice, confirmând astfel faptul că modelul poate furniza rezultate asemănătoare cu situația din teren.



Figură 42 Diferențele dintre valorile mediate pe verticală ale vitezelor curentului de apă obținute în urma măsurărilor in situ și cele rezultate în urma modelării numerice

În vederea reducerii timpului de procesare s-a realizat un model prin care calculele privind medierea vitezelor curentului de apă pe verticală s-au automatizat cu ajutorul modulului de dezvoltare din aplicația *Microsoft Excel* prin intermediul limbajului de programare *Visual Basic* (VBA).

5.3.2. Validarea modelului hidrodinamic

În vederea verificării acurateții și preciziei calculelor matematice a fost necesară parcurgerea etapei de validare ce presupune utilizarea în modelarea numerică a unor seturi de date hidrologice diferite față de cele utilizate în etapa de calibrare.

Validarea modelului s-a realizat în funcție de valorile debitului și nivelului de apă. În acest sens, au fost aplicate, ca limite amonte, două valori ale debitului diferite față de cel utilizat în etapa de calibrare, un debit de 3000 m³/s și 11200 m³/s. Ambele valori ale debitului de apă au fost înregistrate la limita amonte a modelului, în luna octombrie a anului V de analiză și, respectiv, iunie – anul IV de analiză. În *tabelul 5* sunt reprezentate datele de intrare utilizate în modelarea numerică realizată pentru validarea modelului hidrodinamic. La finalul calculelor s-au verificat parametrii referitori la distribuția debitelor pe brațul Bala și Dunărea Veche și la nivelurile apei la capătul aval al sectorului studiat.

Tabel 5 Date hidrologice utilizate în etapa de validare

LIMITA AMONTE		LIMITA AVAL			
Dunăre		Braț Bala		Dunărea Veche	
Q, [m ³ /s]	H, [m]*	Q, [m ³ /s]	H, [m]*	Q, [m ³ /s]	H, [m]*
3000	6,5	2315	5,94	685	6,03
11200	13,1	5943	12,70	5225	12,79

* raportată la cota MNS – Marea Neagră Sulina

Pentru debitul de 3000 m³/s înregistrat la limita amonte, distribuția debitelor pe cele două brațe, obținută din simulări, este în concordanță cu cea determinată prin măsurători, diferența dintre acestea fiind reprezentată de o abatere de 0,5% la limita aval de pe brațul Bala și de 1,7% la limita aval de pe Dunărea Veche. În cazul debitului de 11200 m³/s, diferența între valorile simulate și cele determinate prin măsurători este de 0,9% pe brațul Bala și de 0,8% pe Dunărea Veche. În ceea ce privește nivelul apei, valorile obținute în urma modelării numerice sunt echivalente cu cele rezultate din măsurători.

Rezultatele obținute în etapele de calibrare și de validare confirmă faptul că modelul numeric construit poate furniza date cu un înalt grad de încredere.

5.4. Configurarea modelului morfodinamic

Având la bază datele obținute în urma prelucrării măsurătorilor și modelul hidrodinamic quasi-3D prezentat anterior, utilizând modulul *FLOW* al programului *Delft3D*, a fost accesat constituentul „*Sediments*” de la rubrica „*Process*”, astfel fiind permisă analiza parametrilor ce definesc procesul de transport de sedimente. Programul *Delft3D* permite efectuarea analizelor privind transportul de sedimente atât pentru sedimente în suspensie, cât și pentru cele târâte, pentru cele coezive, dar și pentru cele necoezive (Deltares 2011). În cazul acestei cercetări a fost utilizată formula de advecție-difuzie.

Raportat la analizele efectuate privind dimensiunea diametrului median al sedimentelor, în program s-a utilizat o valoare constantă D50 egală cu 0,25 mm, pe tot sectorul analizat.

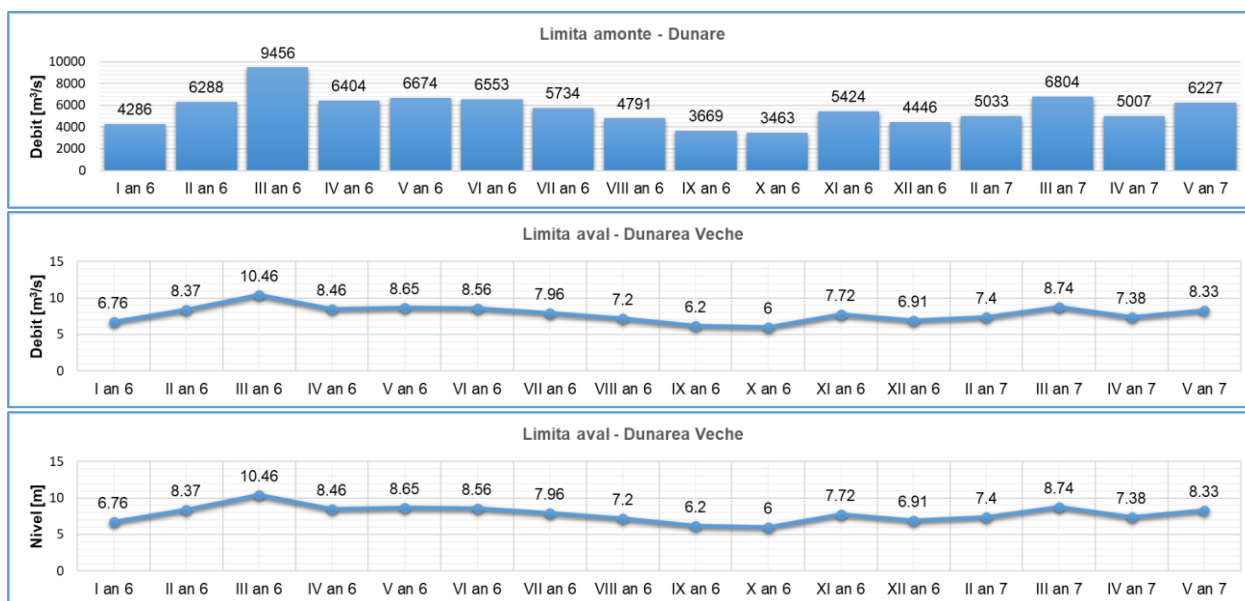
Având în vedere datele din literatura de specialitate și rezultatele obținute în urma analizelor, a fost aplicată valoarea de 0,07 kg/m³ concentrației de sedimente.

5.4.1. Caracteristicile hidrodinamice ale modelului morfodinamic

În vederea realizării unui model care să furnizeze informații clare, cu un înalt grad de încredere, a fost necesar ca modelul morfodinamic să fie calibrat. În acest sens s-a urmărit ca rezultatele obținute prin modelarea numerică să fie asemănătoare cu cele rezultate din măsurătorile din teren.

Modelul morfodinamic a fost realizat cu scopul de a urmări modificările morfologice ce au loc în sectorul analizat, pe o perioadă de 16 luni. Astfel, rezultatele ce urmau a fi obținute în urma rulării modelului creat pe baza măsurătorilor din anul VI de analiză, trebuiau să furnizeze o imagine a reliefului albiei asemănătoare cu cea rezultată în urma măsurătorilor *multibeam* din primăvara anului VII de analiză. În consecință, pe baza rezultatelor obținute în urma campaniilor de teren desfășurate pe parcursul a 16 luni, s-a realizat un hidrograf ce a fost utilizat ca limită

amonte a modelului (figura 43). În secțiunile din aval, pentru condițiile la limită, au fost atribuite valorile de nivel a apei corespunzătoare hidrografului menționat.



Figură 43 Parametri hidrodinamici utilizați ca date de intrare pentru realizarea modelului morfohidrodinamic

Unul din avantajele utilizării programului de modelare numerică *Delft3D* este acela că relieful patului albiei este actualizat la fiecare pas de calcul (Deltares 2011).

5.4.2. Rezultate obținute în urma procesului de calibrare a modelului morfohidrodinamic

În general, calibrarea unui model morfohidrodinamic se realizează în două etape. Prima etapă are scopul de a reproduce, la scară mare și pe termen lung, caracteristicile morfodinamice ale cursului de apă. A doua etapă cuprinde analiza detaliată a unui sector al cursului de apă, pe o perioadă scurtă de timp (Yossef M. și Becker A. 2015). În prezent, informațiile privind relieful patului albiei în sectorul analizat nu sunt suficiente pentru a efectua o comparație, la scară mare și pe termen lung, a rezultatelor obținute din modelarea numerică cu cele rezultate din măsurători.

Utilizând ca date de intrare parametrii ce definesc procesele hidrodinamice și de transport de sedimente ale căror valori au fost obținute în urma monitorizării efectuate pe parcursul intervalului ianuarie (anul VI) – mai (anul VII), s-a urmărit ca modelul rezultat să furnizeze o imagine a reliefului albiei asemănătoare cu cea obținută din măsurătorile *multibeam* efectuate în primăvara anului VII de analiză.



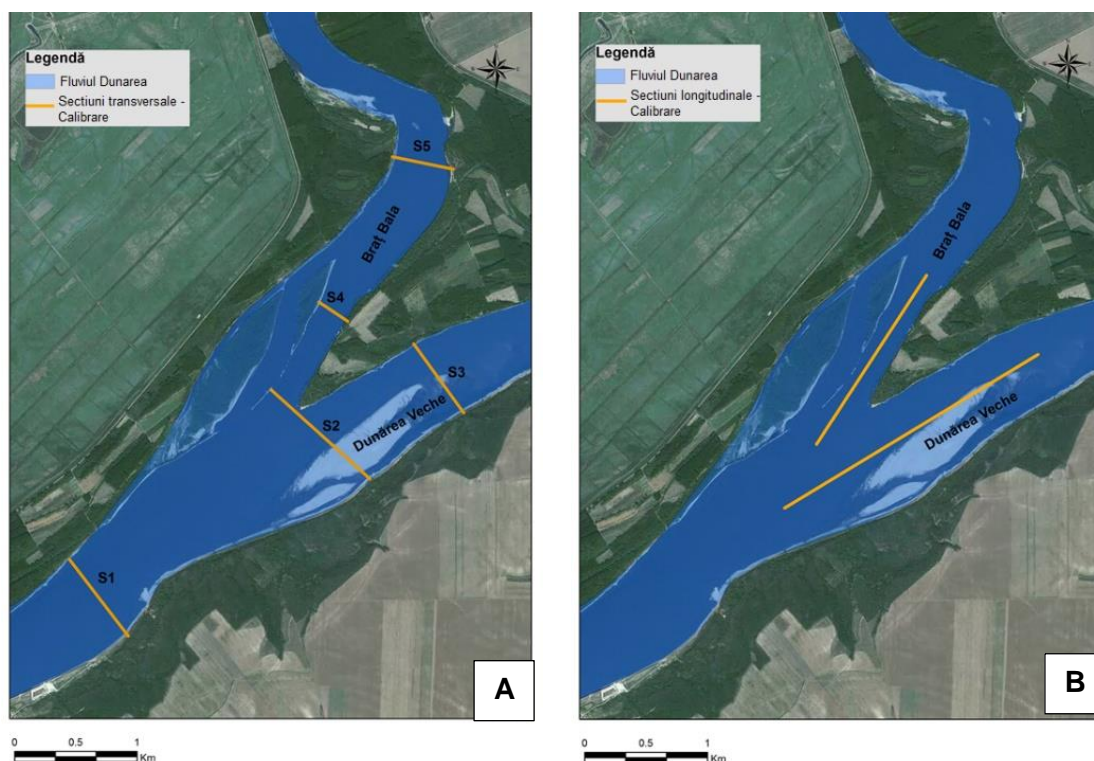
Figură 44 Relieful patului albiei rezultat în urma măsurătorilor batimetrice *multibeam* efectuate în anul VII de analiză. Detaliu zona de bifurcație



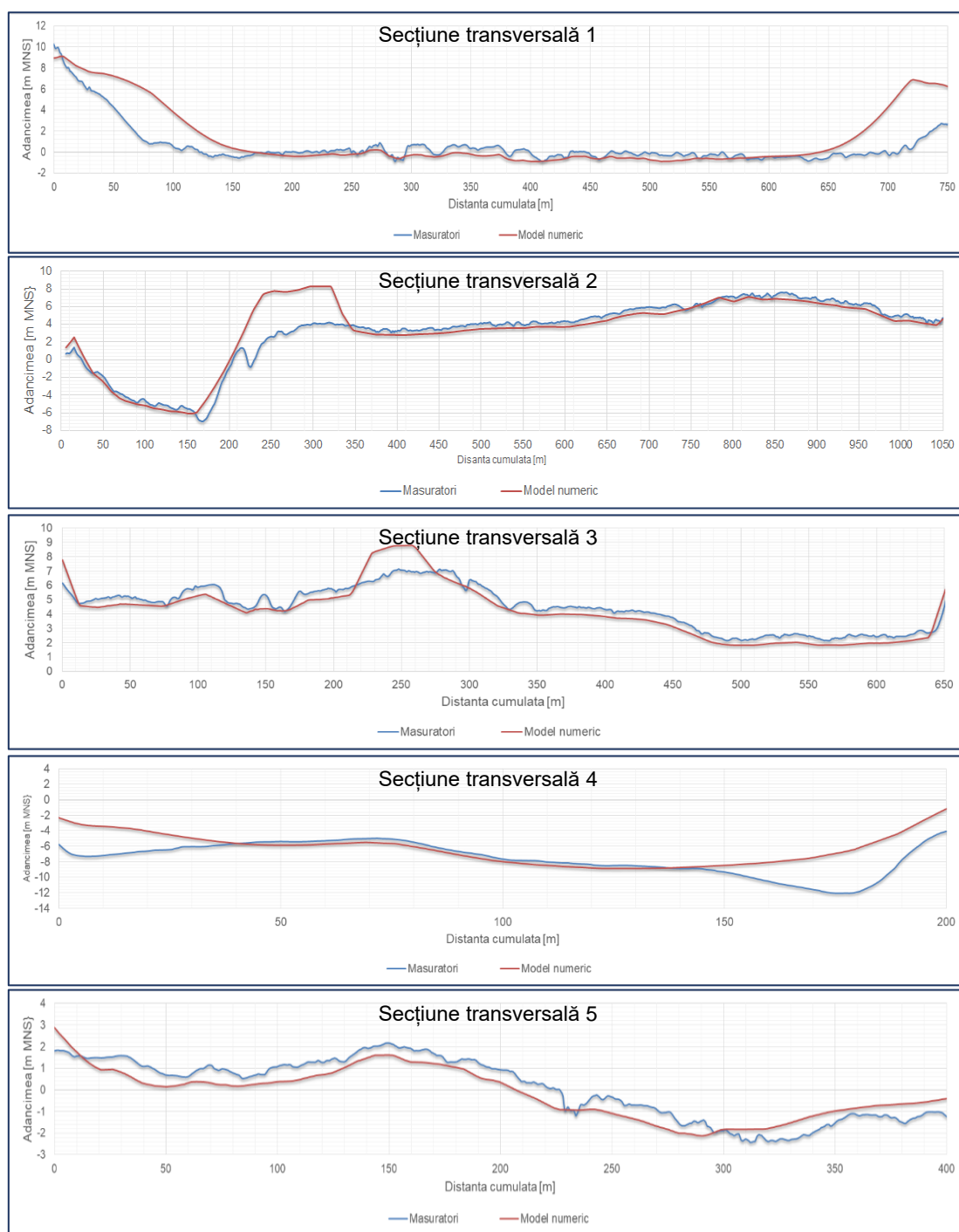
Figură 45 Relieful patului albiei rezultat din modelul morfohidrodynamic – etapa calibrare. Detaliu zona de bifurcație

În figurile 44 și 45 sunt reprezentate imaginile privind relieful patului albiei rezultat în urma măsurătorilor în comparație cu cel obținut în urma modelării numerice, fiind conturate detaliile tridimensionale din zona de bifurcație. Din aceste imagini se pot observa asemănările între modelul batimetric al terenului și relieful patului albiei rezultat din modelarea numerică.

Pe lângă acestea, în vederea calibrării modelului morfohidrodynamic, au fost selectate, atât pe direcție transversală, cât și longitudinală, secțiuni de analiză (figura 46), în care au fost comparate profilele batimetrice ale albiei rezultate din modelarea numerică cu cele obținute din măsurătorile *multibeam* realizate după 16 luni (figurile 47 și 48).



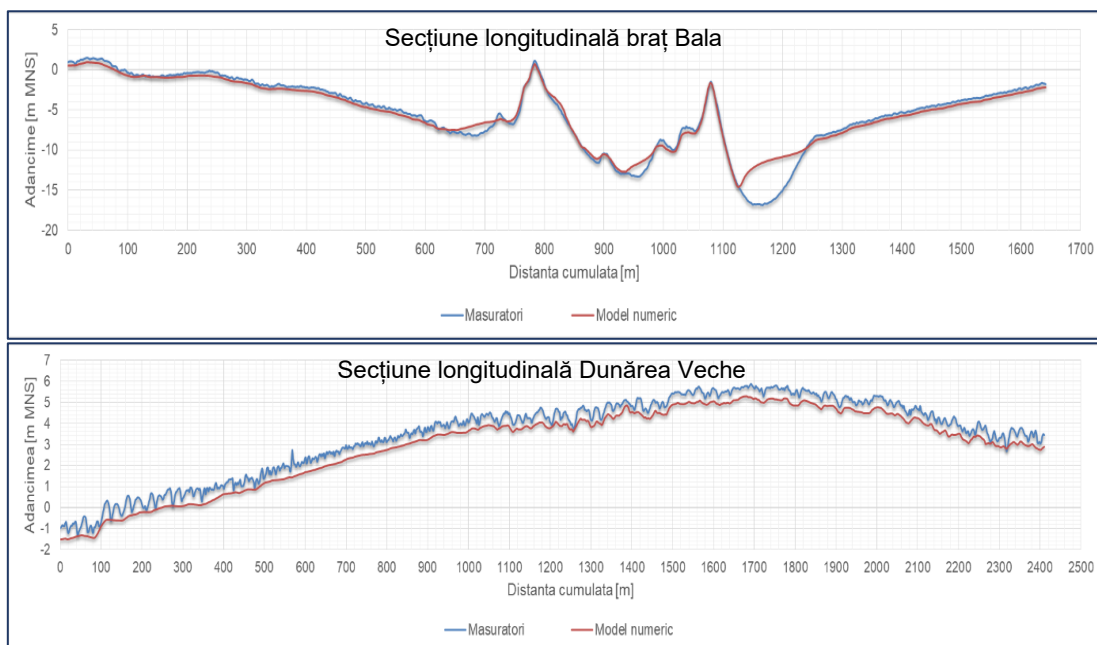
Figură 46 Calibrarea modelului morfohidrodynamic - Secțiuni de analiză transversale (A) și longitudinale (B)



Figură 47 Secțiuni transversale reprezentând albia Dunării – rezultate obținute în urma măsurătorilor in situ și cele rezultate în urma modelării numerice

În cazul secțiunilor transversale se menține aceeași tendință, între rezultatele obținute în urma modelării numerice și datele rezultate din măsurătorile din teren (figura 47).

În figura 48 este reprezentat patul albiei în secțiunile longitudinale corespunzătoare brațului Bala și Dunării Vechi. În cazul ambelor secțiuni nu sunt înregistrate diferențe semnificative între modelul numeric și situația din teren.



Figură 48 Secțiuni longitudinale reprezentând albia Dunării - rezultate obținute în urma măsurătorilor in situ și cele rezultate în urma modelării numerice

Din aceste reprezentări se poate observa că geometria patului albiei rezultată în urma modelării numerice este asemănătoare cu cea obținută în urma prelucrării măsurătorilor batimetrice. Diferențele ce apar în cazul secțiunilor transversale de control se datorează în primul rând dimensiunilor celulelor de calcul. În evaluarea scenariilor trebuie să se țină cont de rezultatele obținute în etapa de calibrare, în sensul că aceste abateri se pot propaga și în contextul analizei pe termen mediu și lung.

Configurarea unui model numeric prin intermediul căruia să fie analizate la scară mică și medie de timp procesele morfohidrodinamice ale cursului de apă și corelarea acestor date cu elementele biotice ale ecosistemelor acvatice, reprezintă obiectivul principal al tezei de doctorat. Elementul de noutate al acestei lucrări rezultă din tehnica abordată în vederea realizării unui model numeric tridimensional care să furnizeze rezultate clare, cu un înalt grad de încredere. Utilizând programul de modelare numerică *Delft3D*, pe baza volumului imens de date obținute în urma campaniilor de teren, a fost posibilă realizarea unui model numeric care să permită abordarea detaliată, a tendinței de evoluție morfohidrodinamică a sectorului analizat.

Capitolul 6. SIMULĂRI NUMERICE PRIVIND MODIFICĂRILE MORFOLOGICE ALE PATULUI ALBIEI

Cu scopul de a analiza pe termen scurt și mediu tendințele de modificare morfologică a albiei sectorului de fluviu analizat, au fost propuse o serie de scenarii care au fost realizate prin intermediul simulării numerice. Un element esențial în evaluarea modificărilor morfodinamice ale unui curs de apă este reprezentat de includerea în analiză a unor variații sezoniere suficiente (Yossef M. și Becker A. 2015). Ținând cont de aceasta și, totodată, de efectele schimbărilor climatice, investigațiile morfohidrodinamice au fost realizate utilizând scenarii pentru perioade scurte și medii de timp. Acest lucru s-a datorat faptului că, într-un cadru general, pentru șiruri lungi de date, simularea numerică este limitată în ceea ce privește utilizarea datelor referitoare la fenomenele meteorologice extreme, precum: inundațiile și seceta, un scenariu pe termen lung de timp fiind, în acest caz, neplauzibil.

Pentru realizarea scenariilor pe termen scurt și mediu, s-a utilizat un hidrograf variabil la limita din amonte, construit astfel încât să reprezinte variația integrală a debitului într-o manieră schematizată. Hidrograful schematic este alcătuit din mai multe perioade, fiecare având un debit constant, ordonat corect pentru a reprezenta un an tipic. Anul tipic a fost dedus din analiza

înregistrărilor istorice ale debitului. Astfel, s-a utilizat un hidrograf treptat, care se bazează pe măsurători și este reprezentativ pentru ciclul hidrologic complet.

Datele de intrare utilizate pentru stabilirea condițiilor la limită, necesare pentru efectuarea simulărilor numerice, sunt reprezentate de valoarea debitului în secțiunea amonte și valoarea nivelului apei în secțiunile din aval (*tabel 6*)

Tabel 6. Date de intrare utilizate în simulările numerice

Luna			I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII	IX	X	XI	XII
Limita amonte	Dunăre	Q [m ³ /s]	3908	3908	7234	10800	9523	7234	5649	3908	3908	3908	3908	3908
	Braț Bala	H [m]*	6,98	6,98	10,03	12,5	11,82	10,03	8,63	6,98	6,98	6,98	6,98	6,98
Limita Aval	Dunărea Veche	H [m]*	7,01	7,01	10,06	12,51	11,85	10,06	8,66	7,01	7,01	7,01	7,01	7,01

* raportată la cota MNS – Marea Neagră Sulina

Pornind de la modelul actualizat cu parametrii hidrodinamici menționați anterior, au fost realizate scenarii în care a fost analizat caracterul morfohidrodinamic al sectorului de interes la interval de 3 ani și 5 ani. Rezultatele obținute au fost raportate la situația de referință, și anume, modelul calibrat.

6.1. Scenariul 1 - Scenariul de referință

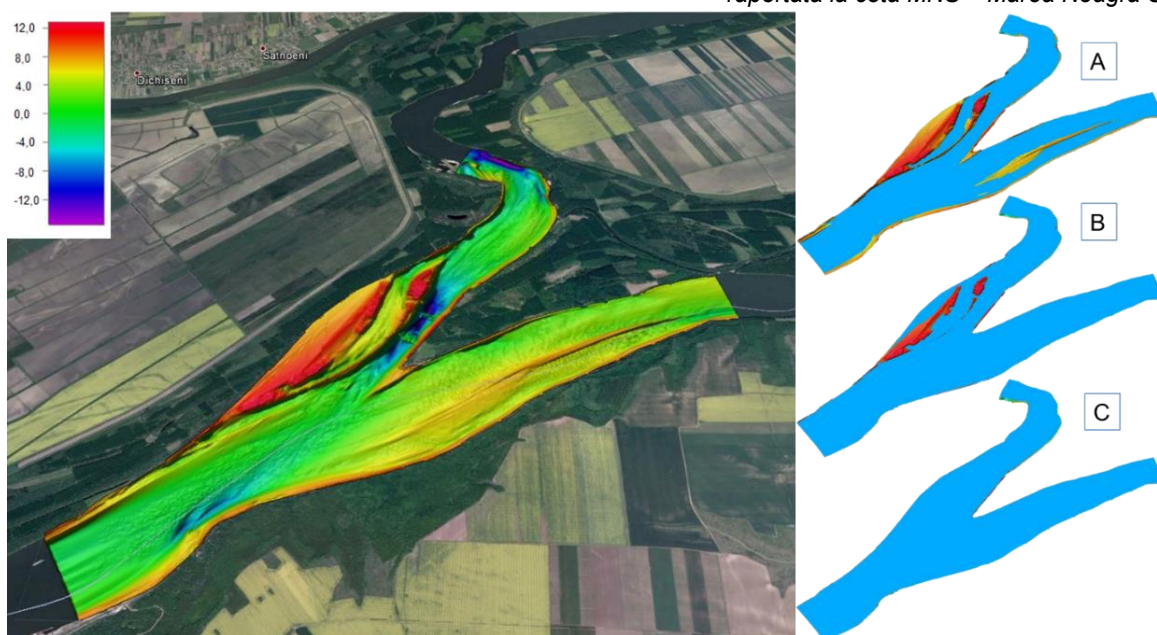
Scenariul 1 este reprezentat de modelul morfohidrodinamic calibrat. Rezultatele furnizate de acest model sunt utilizate ca referințe în analiza morfologică a patului albiei sectorului de fluviu analizat după 3 ani și 5 ani. În această situație, patul albiei prezintă aceeași tendință cu cea a reliefului batimetric conturat pe baza măsurătorilor *multibeam* (*figurile 44 și 45*). Pentru a evalua interacțiunea dintre geometria albiei și curentul de apă, au fost analizate trei situații, în care s-a variat valoarea debitului (*figura 49*).

În acest sens, alături de relieful batimetric caracteristic scenariului 1, în *figura 49* sunt reprezentate și detaliile privind sectorul analizat în situația în care, la limita amonte este aplicat un debit cu valori minime, medii și maxime, expuse în *tabelul 7*.

Tabel 7. Date utilizate la limita amonte a sectorului studiat

Situații	Debit [m ³ /s]	Nivel [m]*
Situație debit minim	3000	6,5
Situație debit mediu	7200	9,9
Situație debit maxim	11400	13,1

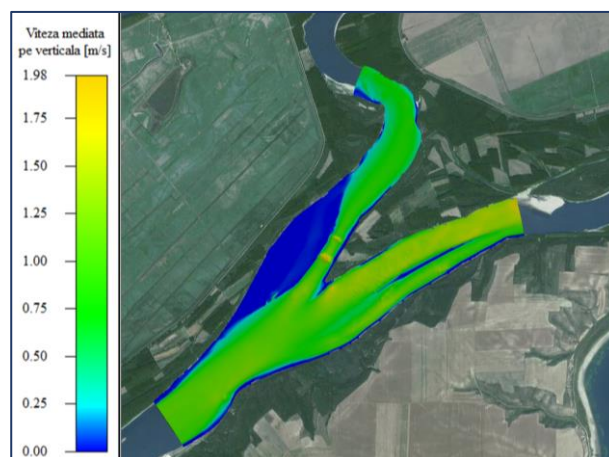
* raportată la cota MNS – Marea Neagră Sulina



Figură 49 Scenariul 1 – Relieful patului albiei în sectorul analizat. Detalii privind interacțiunea dintre relieful batimetric și curentul de apă în cazul valorilor de debit (A) $Q_{min}=3000$ m³/s, (B) $Q_{med}=7200$ m³/s, (C) $Q_{max}=11400$ m³/s

În contextul unui debit minim, sunt evidențiate suprafețele de uscat în zonele reprezentate de digul de dirijare, apărarea de mal, bifurcația braț Bala - Dunărea Veche, o parte din bancul de nisip Caragheorghe și ostrovul localizat la vest de brațul Bala. În cazul debitului mediu sunt vizibile suprafețe de uscat în ostrov și apărarea de mal ce corespunde brațului Bala, iar în cazul debitului maxim întregul sector este acoperit cu apă.

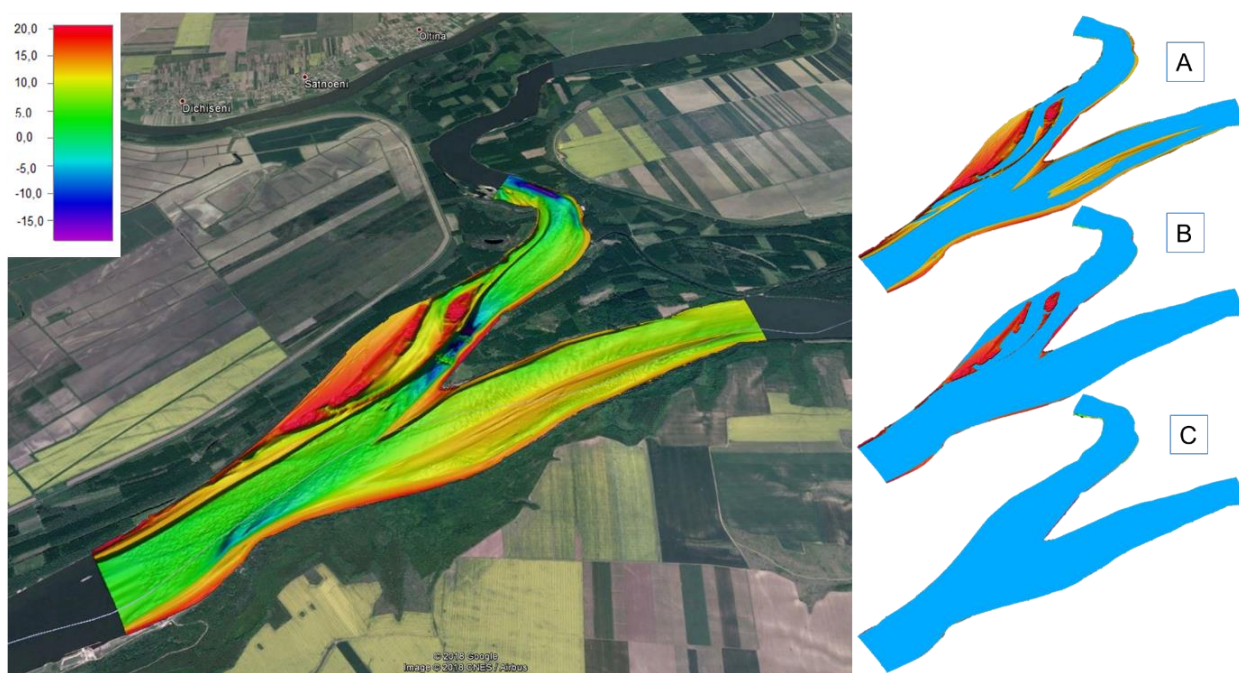
Întrucât viteza curentului de apă reprezintă un parametru important în ceea ce privește evaluarea componentelor ecosistemelor acvatice, în principal în analiza traseului de migrație a sturionilor, în *figura 50* au fost reprezentate grafic valorile mediate pe verticală ale vitezelor curentului de apă, în cazul unui debit de $3908 \text{ m}^3/\text{s}$. În zona celor două praguri de fund au rezultat valorile maxime ale acestui parametru, acestea fiind sub $2,0 \text{ m/s}$. Acest debit reprezintă valoarea minimă utilizată în simulările numerice pentru a reprezenta un an tipic. Anul tipic a fost dedus din analiza înregistrărilor istorice ale debitului.



Figură 50 Scenariul 1 – Distribuția valorilor mediate pe verticală ale vitezelor curentului de apă

6.2. Scenariul 2 – Patul albiei după 3 ani. Simulare morfohidrodinamică

Scenariul 2 este reprezentat de modelul rezultat după simularea proceselor morfohidrodinamice pe o perioadă de 3 ani. Din punct de vedere morfologic, modelul a furnizat informații care au evidențiat tendința de eroziune în zona pragurilor de fund și de acreție laterală, în zona malurilor (*figura 51*).



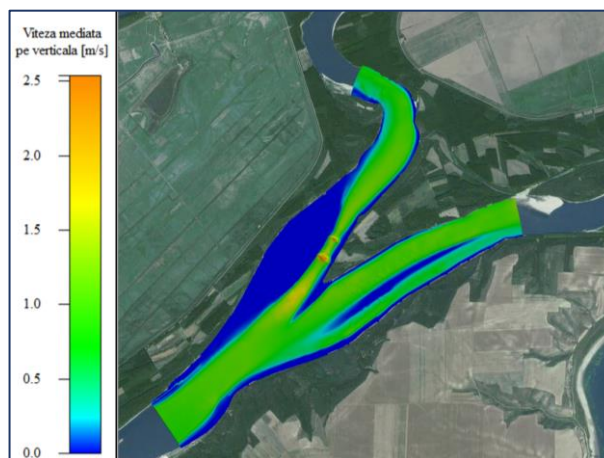
Figură 51 Scenariul 2 – Relieful patului albiei în sectorul analizat. Detalii privind interacțiunea dintre relieful batimetric și curentul de apă în cazul valorilor de debit (A) $Q_{\min}=3000 \text{ m}^3/\text{s}$, (B) $Q_{\text{med}}=7200 \text{ m}^3/\text{s}$, (C) $Q_{\max}=11400 \text{ m}^3/\text{s}$

În vederea investigării arealului de interes din punct de vedere hidrodinamic, au fost analizate trei situații, în care s-a variat valoarea debitului, prin aplicarea la limita amonte a modelului a unui debit minim, mediu și mare (*tabelul 7*). În situația unui debit minim, nivelul apei, care este de $6,5 \text{ m MNS}$, acoperă sectorul analizat, mai puțin o parte din digul de dirijare, apărarea de mal, zona cu depunerile de la bifurcația braț Bala - Dunărea Veche, o parte din bancul de nisip

Caragheorghe și arii însemnate ale ostrovului localizat la vest de brațul Bala. Totodată, spre deosebire de scenariul de referință, în cazul unui debit redus este evidențiată acreția laterală de pe malul drept al Dunării Vechi. În contextul unui debit mediu este conturată suprafața de uscat din ostrovul localizat la vest de brațul Bala, o arie redusă cu depuneri din zona de bifurcație și apărarea de mal corespunzătoare brațului Bala. În cazul debitului maxim întregul sector este acoperit cu apă.

În ceea ce privește analiza distribuției vitezelor curentului de apă, în *figura 52* sunt evidențiate valorile mediate pe verticală, pe toată suprafața sectorului de interes. În cazul acestui scenariu, pentru un debit de $3908 \text{ m}^3/\text{s}$, valorile maxime depășesc $2,5 \text{ m/s}$ în zona pragurilor de fund.

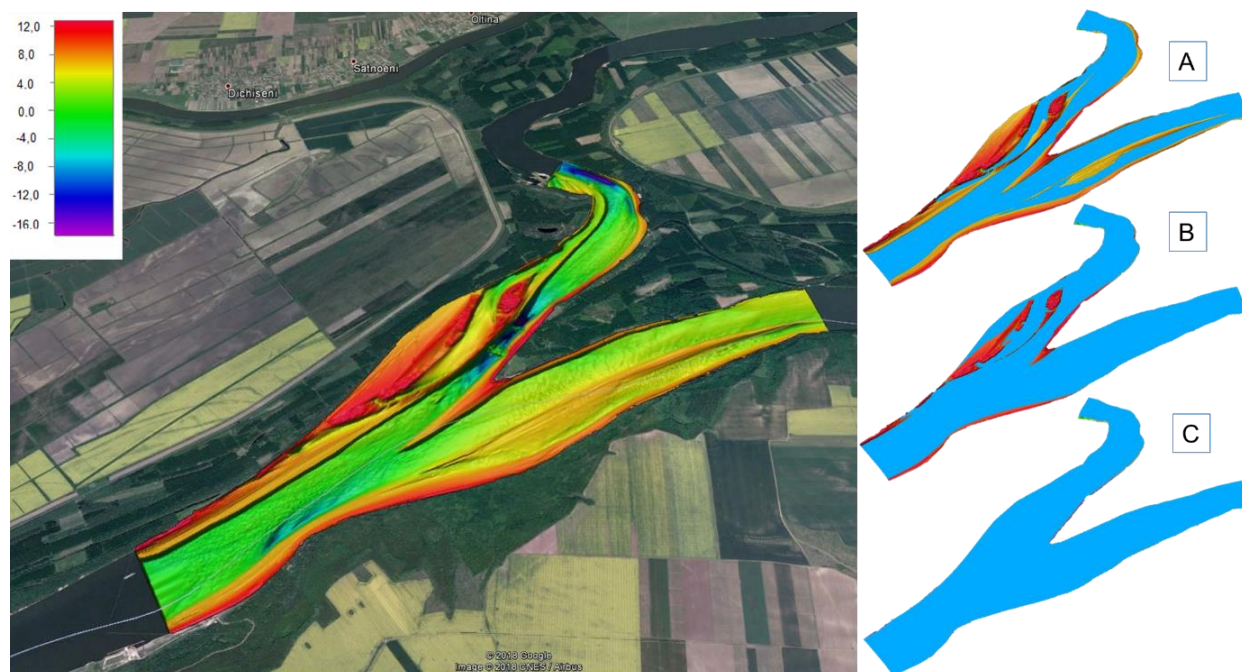
În comparație cu scenariul de referință, ca urmare a depunerilor de pe Dunărea Veche, în zona bancului de nisip Caragheorghe, valorile mediate pe verticală ale vitezei curentului de apă sunt aproape nule.



Figură 52 Scenariul 2 – Distribuția valorilor mediate pe verticală ale vitezelor curentului de apă

6.3. Scenariul 3 – Patul albiei după 5 ani. Simulare morfodinamică

Scenariul 3 se referă la modelul rezultat în urma simulării proceselor morfodinamice pe o perioadă de 5 ani (*figura 53*). În această situație au fost obținute informații privind procesele de eroziune ce au avut loc în special în zona pragurilor de fund și pe aria dintre bancul de nisip Caragheorghe și malul drept al Dunării Vechi. Totodată, în urma analizei datelor furnizate de model, s-a observat tendința de acreție laterală, atât pe malul drept, cât și pe cel stâng, în special pe tronsonul amonte de bifurcația braț Bala – Dunărea Veche.



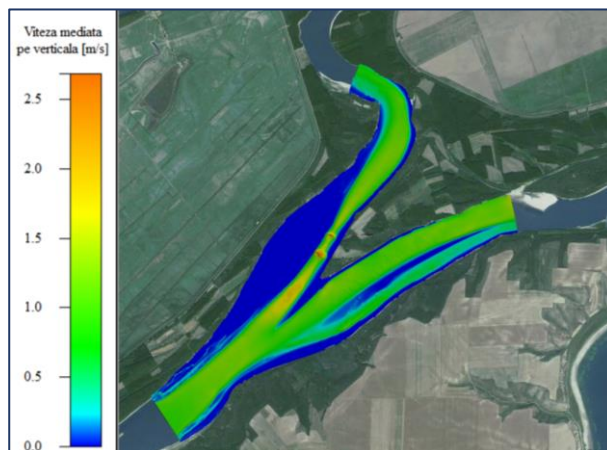
Figură 53 Scenariul 3 – Relieful patului albiei în sectorul analizat. Detalii privind interacțiunea dintre relieful batimetric și curentul de apă în cazul valorilor de debit (A) $Q_{\min}=3000 \text{ m}^3/\text{s}$, (B) $Q_{\text{med}}=7200 \text{ m}^3/\text{s}$, (C) $Q_{\max}=11400 \text{ m}^3/\text{s}$

În situația în care la limita amonte a modelului aferent scenariului 3 se aplică debitul minim de $3000 \text{ m}^3/\text{s}$ (*tabel 7*) se poate observa că zonele de uscat ocupă suprafețe mult mai mari în

comparație cu scenariile prezentate anterior. Aceste arii sunt conturate de digul de dirijare, apărarea de mal, acumularea de sedimente din zona de bifurcație, o zonă longitudinală a bancului de nisip Caragheorghe și depunerile din zona malurilor.

În cazul unui debit mediu de 7200 m³/s, situație în care nivelul apei la limita amonte este de 9,9 m MNS, este evidențiată în special zona de acreție laterală aferentă malului drept al Dunării/Dunării Vechi. Similar scenariilor anterioare, în cazul unui debit de peste 11400 m³/s, întregul sector este acoperit cu apă

Din punct de vedere al distribuției vitezelor curentului de apă pe sectorul studiat, în cazul unui debit de 3908 m³/s, au rezultat valori maxime de cca. 2,7 m/s în zona pragurilor de fund (*figura 54*). Creșterea valorilor mediate ale vitezei curentului de apă se poate datora îngustării secțiunii de curgere, ca urmare a acreției laterale.



Figură 54 Scenariul 3 – Distribuția valorilor mediate pe verticală ale vitezelor curentului de apă

Capitolul 7. EVALUAREA MODIFICĂRILOR MORFOLOGICE ALE PATULUI ALBIEI

În vederea evaluării impactului produs de intervențiile antropice asupra componentelor ecosistemelor acvatice, au fost efectuate analize comparative privind modificările morfologice ce au avut loc la nivelul patului albiei, pe intervalele de timp analizate (3 și 5 ani) prin intermediul simulărilor numerice.

Rezultatele simulărilor numerice au fost raportate la situația de referință – scenariul 1. Cu scopul de a realiza analiza modificărilor morfologice, au fost luate în considerare o serie de secțiuni transversale și longitudinale de analiză (*figura 47*), care au evidențiat profilul batimetric în perioadele investigate.

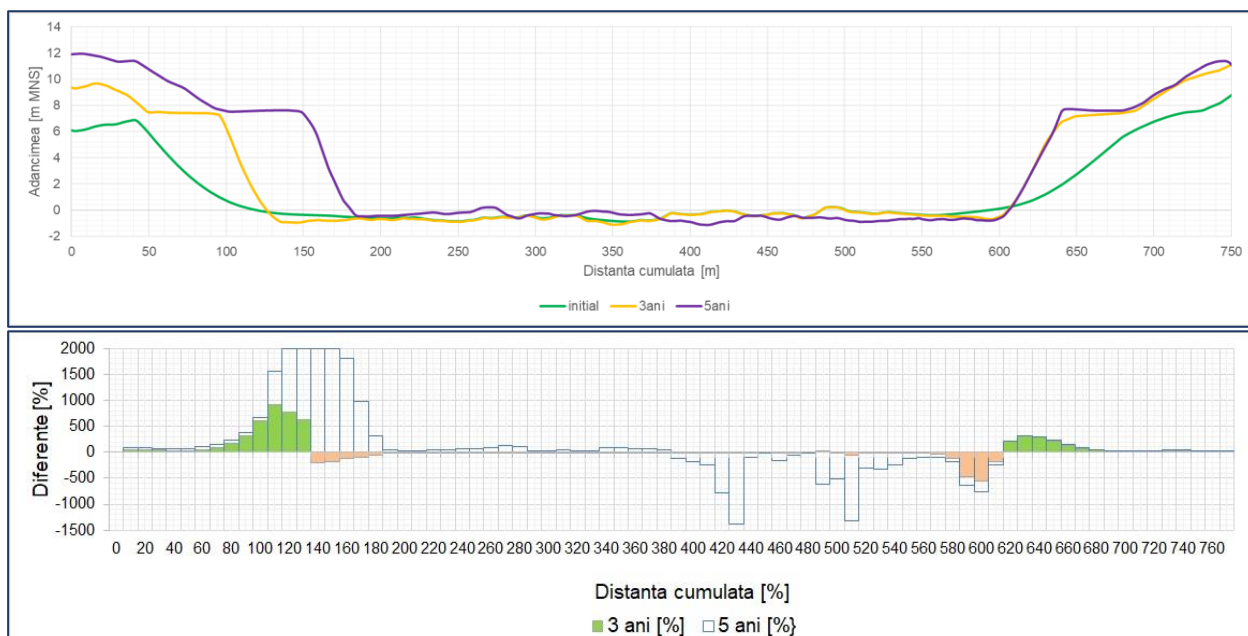
De asemenea, pe baza rezultatelor furnizate de către modelele de simulare, au fost conturate 4 tronsoane în care au fost analizate suprafețele zonelor cu eroziuni/depuneri.

Având în vedere faptul că simulările numerice furnizează rezultate aproximative privind identificarea modificărilor morfologice ale patului albiei, la scară mică și medie de timp, această analiză comparativă are caracter calitativ.

7.1. Secțiunea transversală 1 – Analiza comparativă a scenariilor

Secțiunea transversală 1 este localizată pe Dunărea principală, în amonte de zona de bifurcație braț Bala-Dunărea Veche. Ca urmare a simulării proceselor morfohidrodinamice, la scară mică și medie de timp, în secțiunea transversală 1 sunt evidențiate, în principal, depuneri de sedimente în zona laterală a canalului de curgere (acreție laterală) (*figura 55*).

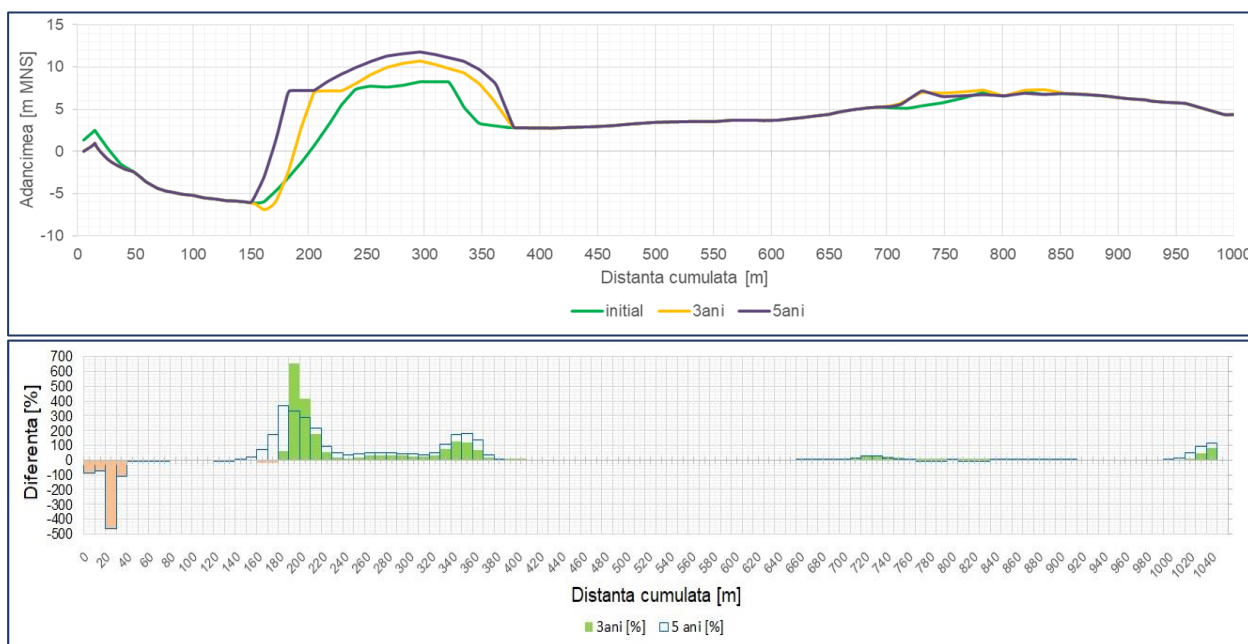
În cazul scenariului în care au fost simulate procesele morfohidrodinamice pentru o perioadă de 3 ani, rezultă depuneri pe malul stâng, urmate imediat de porțiuni de eroziune. După simularea proceselor morfohidrodinamice pentru o perioadă de 5 ani sunt evidențiate, în principal, procese de eroziune (*figura 55*).



Figură 55 Secțiunea transversală 1 reprezentând patul albiei în perioada de referință, după 3 și 5 ani de simulare a proceselor morfohidrodinamice

7.2. Secțiunea transversală 2 – Analiza comparativă a scenariilor

Secțiunea transversală 2 este localizată în dreptul bifurcației braț Bala - Dunărea Veche. În urma simulării proceselor morfohidrodinamice sunt evidențiate depuneri de sedimente pe malul drept. De asemenea, în figura 56 se poate observa tendința de dezvoltare laterală a bancului de nisip. După simularea proceselor morfohidrodinamice pentru o perioadă de 3 ani a fost evidențiat un areal de eroziune în dreptul malului stâng, iar în zona de bifurcație, aproape de apărarea de mal, s-a dezvoltat un areal cu depuneri. Aceeași tendință este păstrată și în cazul scenariului în care au fost simulate procesele morfohidrodinamice pentru o perioadă de 5 ani. În plus, în acest caz, în apropierea malului drept este observată o zonă redusă cu depuneri (figura 56).

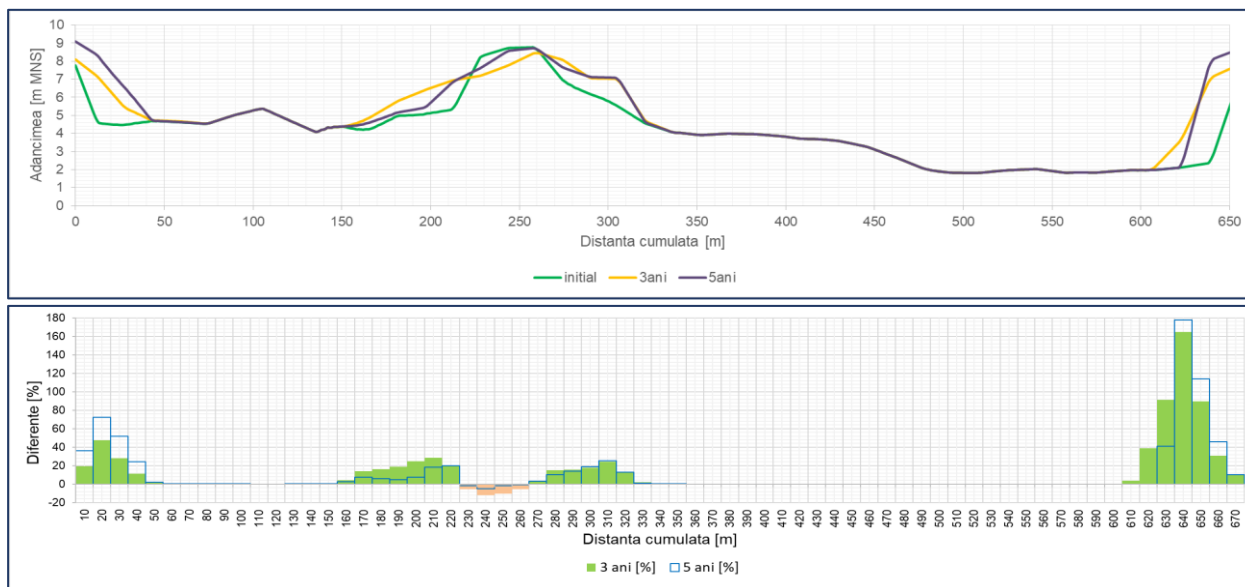


Figură 56 Secțiunea transversală 2 reprezentând patul albiei în perioada de referință, după 3 și 5 ani de simulare a proceselor morfohidrodinamice

7.3. Secțiunea transversală 3 – Analiza comparativă a scenariilor

Această secțiune este localizată pe Dunărea Veche, în aval de bifurcație. Rezultatele obținute în urma simulării proceselor morfohidrodinamice au evidențiat tendința de acumulare a sedimentelor înspre malul stâng și de modificare a geometriei bancului de nisip, prin eroziune (figura 57).

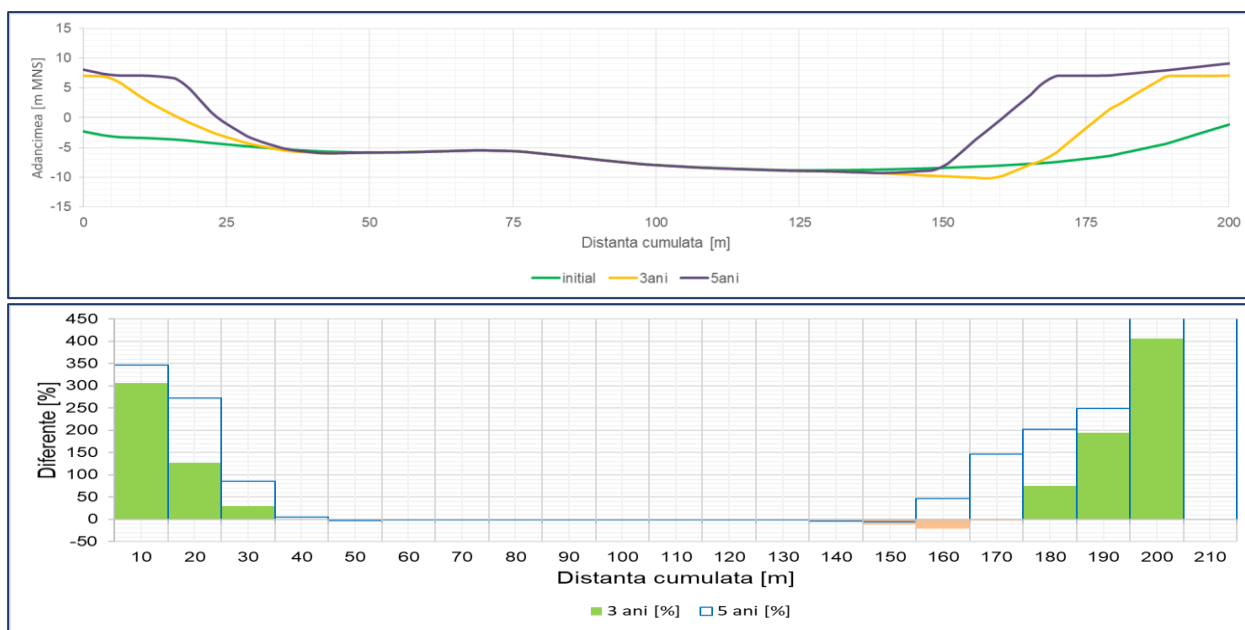
Modelul construit pentru simularea morfohidrodinamică pentru 3 ani, indică, în principal, tendința de sedimentare în dreptul celor două maluri, tendință menținută și în cazul scenariului efectuat pentru analiza pe 5 ani (figura 57).



Figură 57 Secțiunea transversală 3 reprezentând patul albiei în perioada de referință, după 3 și 5 ani de simulare a proceselor morfohidrodinamice

7.4. Secțiunea transversală 4 – Analiza comparativă a scenariilor

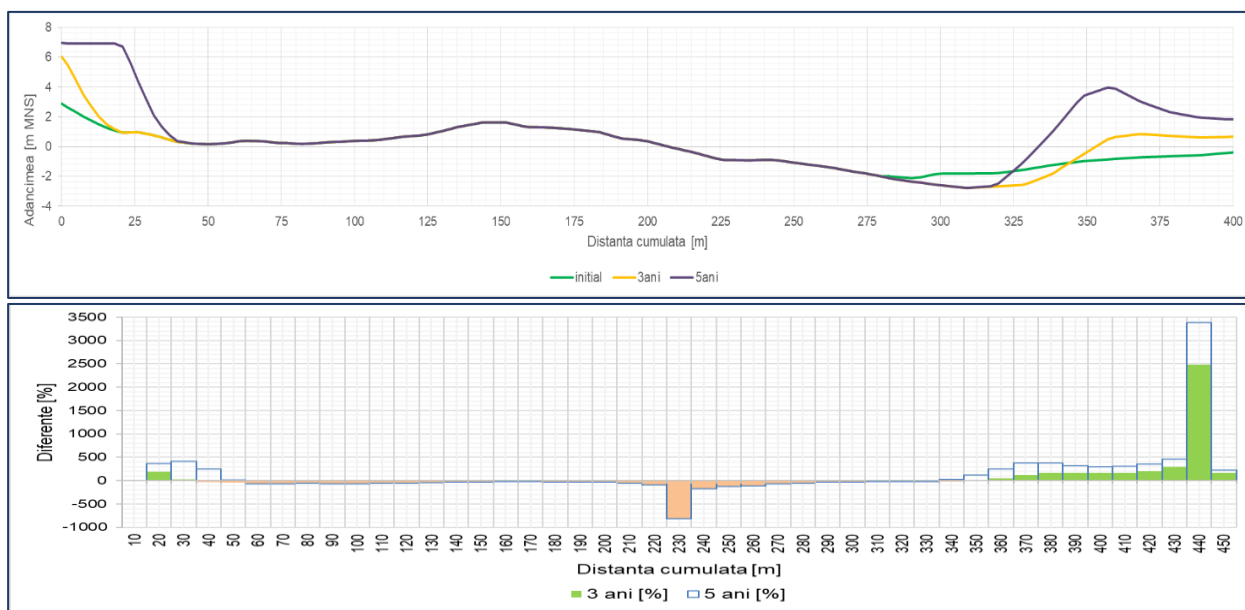
În cazul secțiunii transversale 4, situată în zona construcțiilor hidrotehnice, este evidențiat procesul de acreție laterală (figura 58). Din diferențele procentuale între relieful patului albiei obținut în urma simulării morfohidrodinamice pentru 3 ani/5 ani și situația de referință, rezultă depuneri laterale, în dreptul malurilor și o arie de eroziune în apropierea zonei de sedimentare dinspre malul drept.



Figură 58 Secțiunea transversală 4 reprezentând patul albiei în perioada de referință, după 3 și 5 ani de simulare a proceselor morfohidrodinamice

7.5. Secțiunea transversală 5 – Analiza comparativă a scenariilor

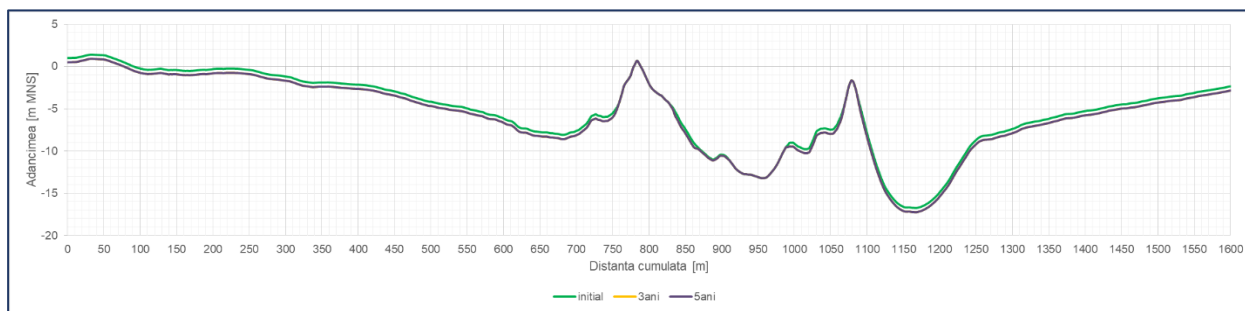
Secțiunea transversală 5 este localizată pe brațul Bala, aval de lucrările hidrotehnice. Rezultatele obținute în urma simulărilor morfohidrodinamice pentru 3 și 5 ani indică tendința de acumulare a sedimentelor pe malul stâng și în apropierea malului drept (figura 59).



Figură 59 Secțiunea transversală 5 reprezentând patul albiei în perioada de referință, după 3 și 5 ani de simulare a proceselor morfohidrodinamice

7.6. Secțiunea longitudinală 1 - Analiza comparativă a scenariilor

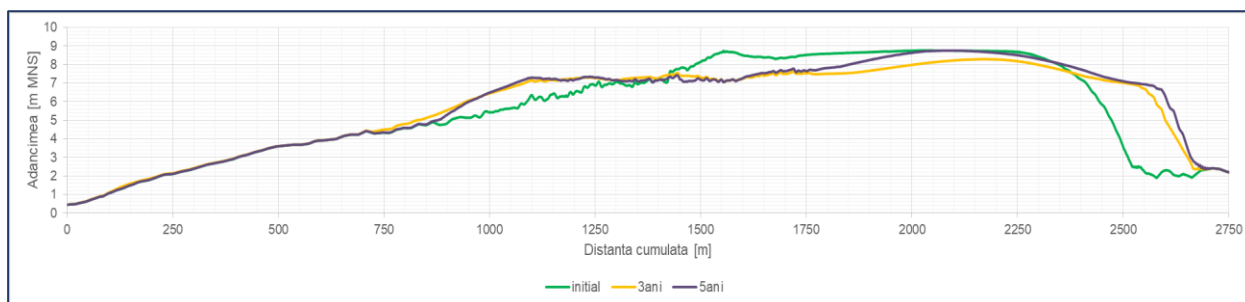
Ca urmare a simulării proceselor morfohidrodinamice, la scară mică și medie de timp, se poate observa, în figura 60, că principalele modificări ale geometriei patului albiei au avut loc în zona celor două praguri de fund. Rezultatele obținute în urma simulării morfohidrodinamice pentru o perioadă de 5 ani, evidențiază tendința de eroziune imediat în aval cele două praguri de fund.



Figură 60 Secțiunea longitudinală 1 reprezentând patul albiei în perioada de referință, după 3 și 5 ani de simulare a proceselor morfohidrodinamice

7.7. Secțiunea longitudinală 2 - Analiza comparativă a scenariilor

În cazul secțiunii longitudinale 2, situate pe Dunărea Veche, în urma simulărilor morfohidrodinamice a rezultat o imagine uniformă a patului albiei (figura 61). Profilele batimetrice obținute din simulările realizate pentru 3 și 5 ani indică tendința de uniformizare a geometriei patului albiei, prin depunere în zonele joase și de erodare în zonele înalte.

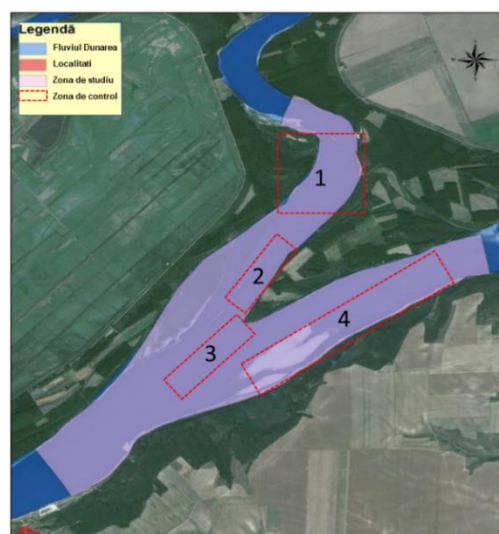


Figură 61 Secțiunea longitudinală 2 reprezentând patul albiei în perioada de referință, după 3 și 5 ani de simulare a proceselor morfohidrodinamice

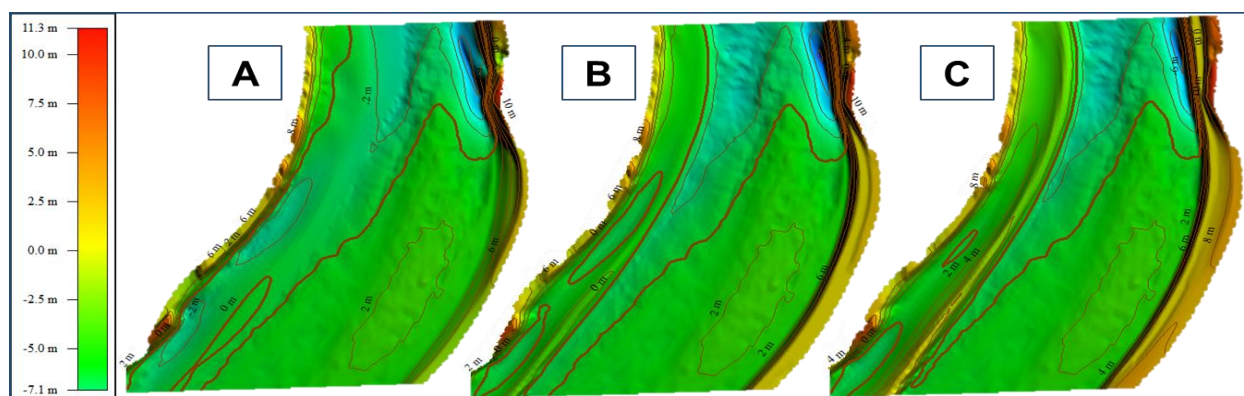
7.8. Analiza zonelor de control

Pentru analiza detaliată a rezultatelor obținute, au fost conturate 4 zone de control (figura 61), în care au fost investigate modificările batimetrice ale patului albiei prin evaluarea ariilor de eroziune/sedimentare. Această analiză a fost efectuată prin comparația datelor de referință, rezultate din modelul calibrat cu cele obținute în urma simulărilor morfohidrodinamice pe intervalele de timp de 3 și 5 ani.

În figurile 62 – 65 sunt prezentate, în detaliu comparativ, geometriile patului albiei rezultate în urma simulărilor numerice, în cele 4 zone de control. În aceste detalii sunt conturate izobatele, astfel încât să fie posibilă evaluarea suprafețelor de eroziune/depunere formate după efectuarea simulărilor numerice, la scară de timp mică și medie

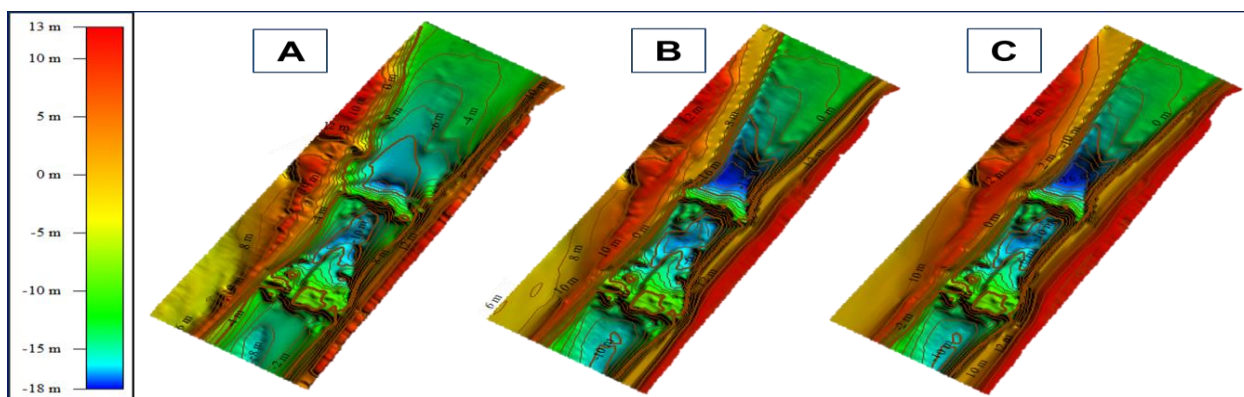


Figură 61 Localizarea zonelor de control



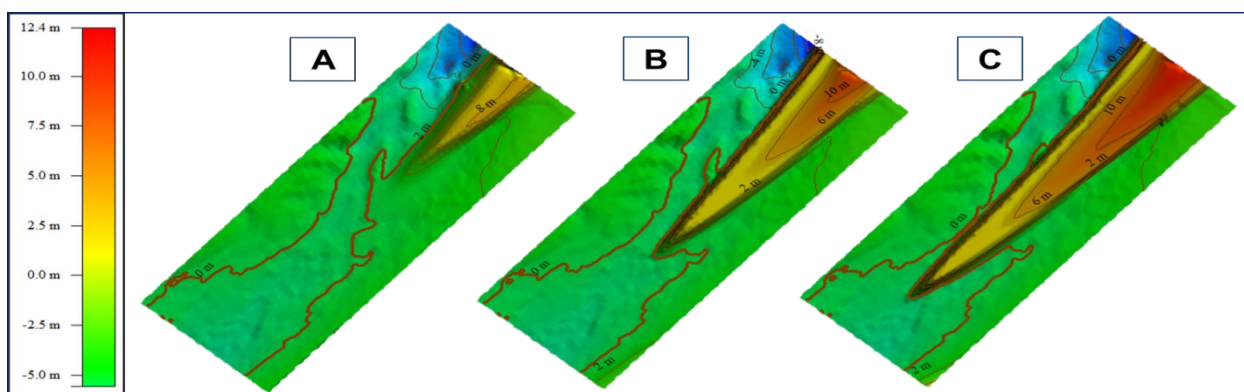
Figură 62 Analiza comparativă a zonei 1 de control: (A) Scenariul 1 - Referință; (B) Scenariul 2 – Patul albiei după 3 ani de simulare; (C) Scenariul 3 – Patul albiei după 5 ani de simulare

În zona de control 1 (figura 62), situată pe brațul Bala, în aval de lucrările hidrotehnice, a fost evidențiat un areal de eroziune în proximitatea malului drept, ce are tendința de a se dezvolta spre baza malului drept, fapt ce coincide cu observațiile din teren. Zona din apropierea malului stâng este caracterizată de procese de sedimentare.



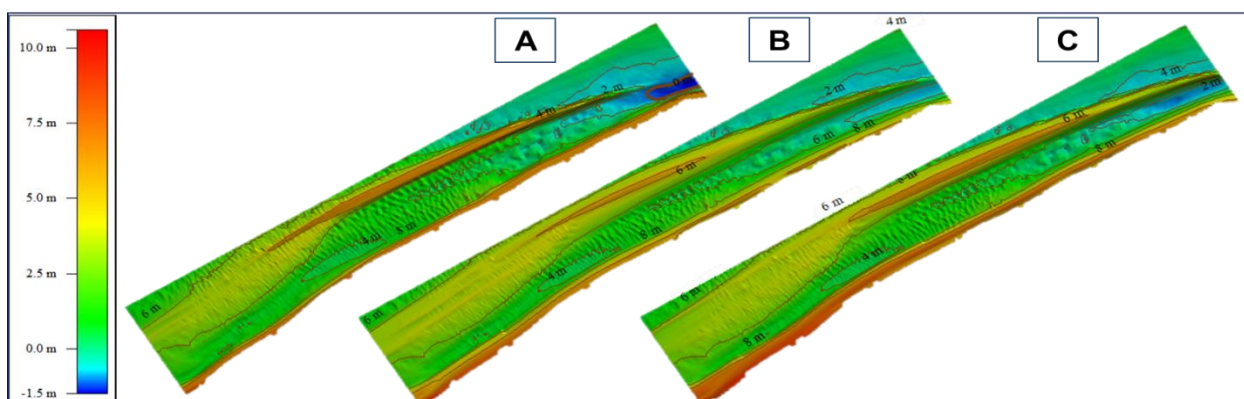
Figură 63 Analiza comparativă a zonei 2 de control: (A) Scenariul 1 - Referința; (B) Scenariul 2 – Patul albiei după 3 ani de simulare; (C) Scenariul 3 – Patul albiei după 5 ani de simulare

Zona de control 2 (figura 63) este localizată în sectorul în care au fost efectuate lucrările hidrotehnice. Se remarcă tendința de acreeție laterală dezvoltată încă din scenariul în care au fost simulate procesele morfodinamice pentru 3 ani. Imediat în amonte de pragul de fund, în scenariile 2 și 3, este evidențiată tendința de eroziune a patului albiei. Groapa de eroziune formată în aval de pragul de fund și-a schimbat geometria, dezvoltându-se spre baza pragului de fund construit în anii '90. Depunerile laterale au adus modificări asupra formei pragului de fund construit în anii '90 și asupra gropii de eroziune formate în aval de acesta.



Figură 64 Analiza comparativă a zonei 3 de control: (A) Scenariul 1 - Referința; (B) Scenariul 2 – Patul albiei după 3 ani de simulare; (C) Scenariul 3 – Patul albiei după 5 ani de simulare

În cazul zonei de control 3 (figura 64), localizată la bifurcația braț Bala-Dunărea Veche, a fost evidențiat fenomenul de sedimentare, în dreptul apărării de mal. Arealul cu depuneri de material sedimentar s-a dezvoltat în timp, înspre amonte. Lângă zona de sedimentare, la gura de intrare pe brațul Bala, s-a dezvoltat o groapă de eroziune, a cărei geometrie nu s-a modificat în perioada de analiză.



Figură 65 Analiza comparativă a zonei 4 de control: (A) Scenariul 1 - Referința; (B) Scenariul 2 – Patul albiei după 3 ani de simulare; (C) Scenariul 3 – Patul albiei după 5 ani de simulare

În cazul zonei de control 4 (figura 65) este analizată evoluția bancului de nisip Caragheorghe. În timp, tendința acestuia este de a se dezvolta înspre aval, sub forma unei fâșii paralele cu malul drept.

Rezultatele obținute în urma evaluării modificărilor morfologice ale patului albiei, reprezintă punctul de început în analiza influenței pe care aceste procese le pot avea, în timp, asupra componentelor ecosistemului acvatic. Investigațiile efectuate au evidențiat, în general, procese de eroziune pe brațul Bala și de sedimentare pe Dunărea Veche.

Capitolul 8. INTERACȚIUNEA DINTRE ELEMENTELE ABIOTICE ȘI COMPONENTELE ECOSISTEMULUI ACVATIC

În general, lucrările executate pentru îmbunătățirea condițiilor de navigație, pot avea impact asupra ecosistemelor acvatice atât în perioada de construcție, cât și în perioada ulterioară.

Activitățile de construcție pot implica apariția proceselor de eroziune/sedimentare, ceea ce afectează organismele din amplasament și din aval de acesta. Indirect, aceste procese pot conduce la distrugerea microhabitatelor necesare pentru hrană, adăpost, migrație, reproducere, putând fi astfel afectate comunitățile de nevertebrate și pești.

8.1. Natura materialului din corpul structurilor hidrotehnice

Pornind de la caracterizarea geologică a zonei, este necesar să se investigheze, din punct de vedere chimic, interacțiunea apei cu rocile, utilizate ca materie primă în structurile hidrotehnice.

Pe lângă modificarea peisagistică a sectorului de fluviu, anrocamentele fiind vizibile în structurile ce reprezintă apărarea de mal și digul de dirijare, a existat un semn de întrebare în ceea ce privește gradul de solubilizare ai unor compuși chimici care intră în alcătuirea rocilor.



Figură 66 Mostre de piatră

În consecință, au fost prelevate mai multe mostre de piatră (figura 66) care urmau să se folosească pentru construcția structurilor și au fost supuse unor încercări fizice și chimice de laborator.

Din analiza compoziției mineralogice a rocii a rezultat că feldspații și piroxenii ocupă cel mai mare procentaj. Din punct de vedere chimic, analizele au evidențiat că SiO_2 , Al_2O_3 și CaO se regăsesc în procentaj ridicat în compoziția rocilor (tabel 8).

Tabel 8. Compoziția chimică a rocilor din structurile hidrotehnice

	SiO_2	FeO	Na_2O	Al_2O_3	MnO	K_2O	Fe_2O_3	MgO	TiO_2	S	P_2O_5	H_2O	CO_2	CaO
[%]	42,8	4,24	3,10	15,95	0,17	1,65	3,39	6,59	1,92	0,063	0,35	2,71	4,06	12,15

Procedeele prin care sunt puse în operă anrocamentele, precum și condițiile de mediu din timpul exploatarei au fost modelate în laborator. Astfel, probele au fost concasate și supuse unui test de solubilizare, în dispozitivul de centrifugare. Raportul rocă/apă distilată a fost de 1/2. Levigatul rezultat în urma acestor teste a fost analizat din punct de vedere al conținutului în metale grele, rezultatele fiind prezentate în tabelul 9.

Tabel 9. Măsurători analitice - metale grele din levigat

Nr. crt.	Indicator de calitate	UM	Metal total*	Metal dizolvat**
1	Plumb	$\mu\text{g/L}$	8,300	2,700
2	Cadmium	$\mu\text{g/L}$	0,400	0,200
3	Cobalt	$\mu\text{g/L}$	5,002	0,495
4	Nichel	$\mu\text{g/L}$	16,300	8,900
5	Zinc	$\mu\text{g/L}$	18,600	0,600
6	Cupru	$\mu\text{g/L}$	5,300	4,200

*Concentrația totală de metal existentă în probă, adică metalul din apă și din suspensia solidă.

**Concentrația de metal existentă doar în apă (forma ionică).

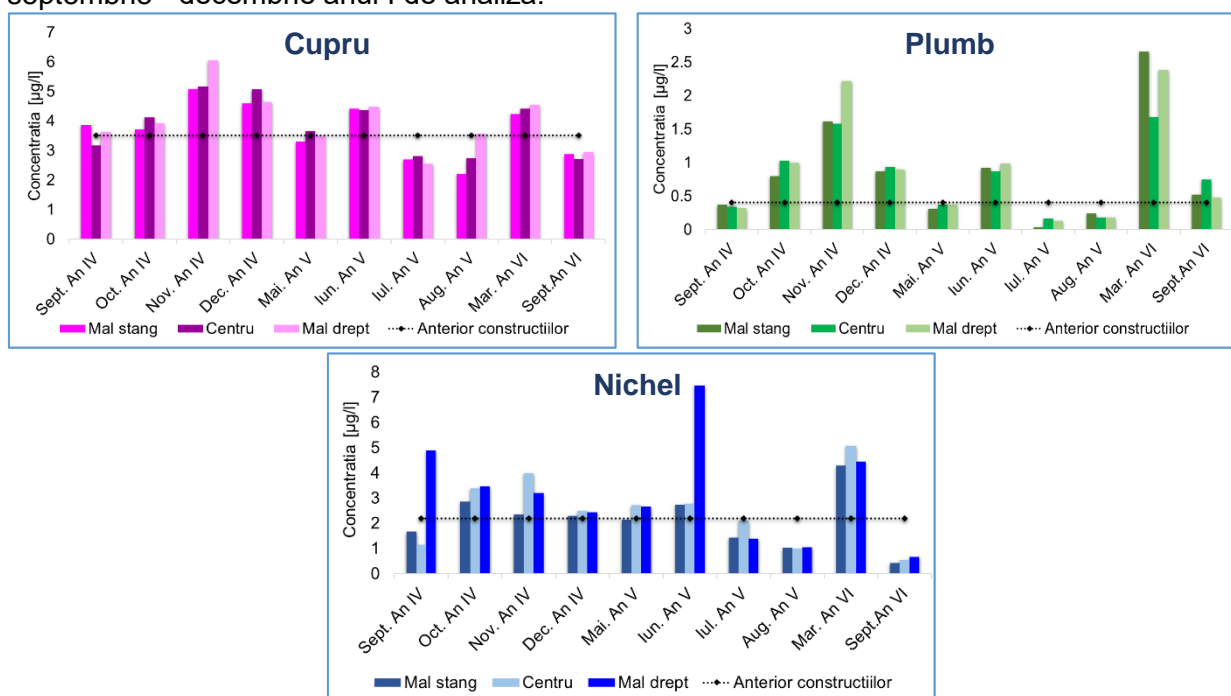
8.1.1. Interacțiunea apei cu anrocamentele

Anrocamentele din lucrările executate în albia Dunării sunt spălate permanent de apele fluviului. Totodată, apele moi din precipitații (ploi și zăpezi) au o capacitate mare de dizolvare a unor compuși chimici din roci. Având în vedere cele două aspecte și rezultatele obținute în urma analizelor, în secțiunile localizate în aval de structurile hidrotehnice, există posibilitatea ca elementele care sunt solubilizate din roci să poată modifica chimismul apei Dunării.

În consecință, se poate ca valorile concentrației de metal dizolvat din roci în levigat (*tabel 9*), să conducă la contaminarea apei. Pe baza acestor considerente, a fost analizată variația concentrației de metale grele din apă, în perioada de construcție și după finalizarea lucrărilor hidrotehnice, raportată la valorile mediate analizate în intervalul de monitorizare de dinainte de începerea construcției (referință). În această investigație a fost luată în considerare secțiunea 2, ce este localizată în aval de lucrările hidrotehnice, de pe brațul Bala.

Din indicatorii analizați, s-a observat că pentru cupru, plumb și nichel, sunt depășite valorile mediate ale concentrației inițiale, în comparație cu valorile din perioada de execuție a lucrărilor hidrotehnice. Pentru ceilalți indicatori (zinc, cobalt, cadmiu), valorile rezultate în urma analizei probelor de apă prelevate în timpul și după finalizarea construcțiilor au fost cu mult mai mici decât cele din perioada de referință.

Pentru a evidenția diferențele înregistrate, au fost reprezentate grafic rezultatele obținute în urma analizelor probelor de apă prelevate din centru și din apropierea malului stâng și malului drept pentru cupru, plumb și nichel (*figura 67*). Intervalul de timp expus în grafice reprezintă o parte din perioada de construcție (septembrie – decembrie anul IV de analiză) și după finalizarea construcțiilor (mai anul V – septembrie anul VI de analiză). Valorile ce corespund perioadei de referință reprezintă medierea concentrațiilor rezultate în urma monitorizării din perioada septembrie - decembrie anul I de analiză.



Figură 67 Variația concentrației de metale grele în apă

În urma analizelor probelor de apă prelevate în perioada de monitorizare, a rezultat faptul că valorile concentrației de cupru au depășit concentrația medie inițială, din perioada de referință, excepție făcând lunile iulie - anul V și septembrie anul – anul VI de analiză. În comparație cu valoarea medie de referință, concentrațiile de plumb din apă au prezentat în general valori mai mari, în intervalul de timp analizat, mai puțin în lunile mai, iulie și august din anul V de analiză, din perioada de după finalizarea construcțiilor. De asemenea, din analizele probelor de apă prelevate în timpul și după finalizarea construcțiilor, au rezultat valori mai mari ale concentrației de nichel, în comparație cu intervalul de referință, excepție făcând lunile iulie, august din anul V și septembrie din anul VI de analiză (*figura 67*).

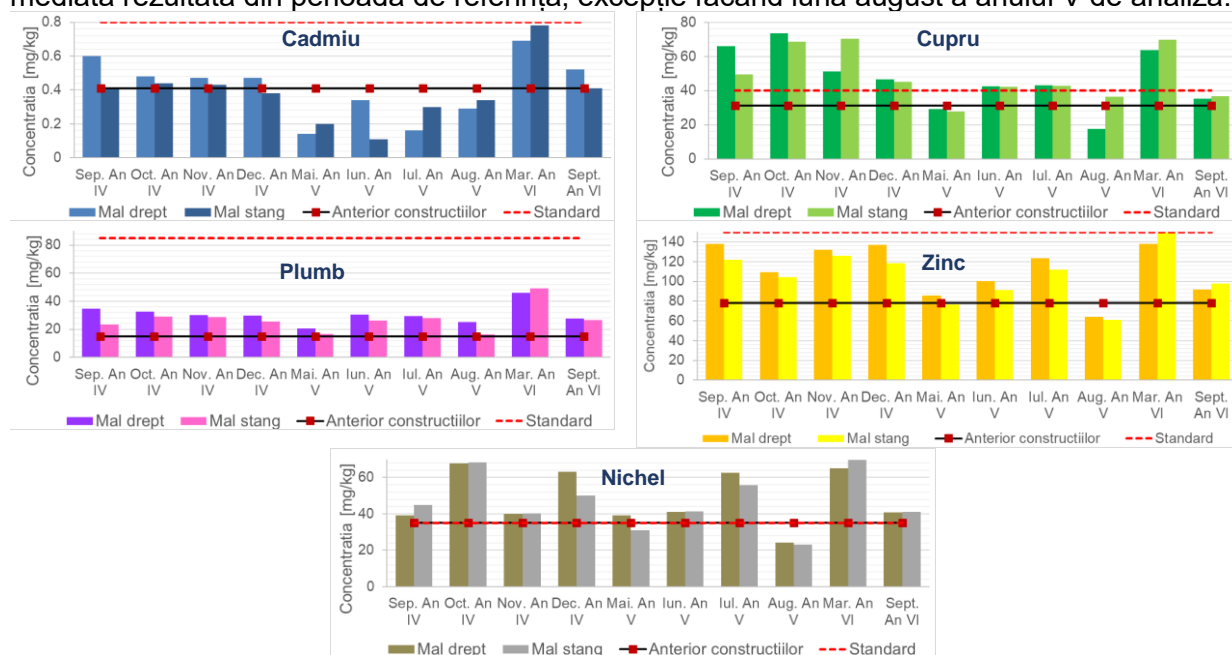
8.1.2. Modificarea concentrației metalelor grele din sedimente

În urma procesului de construcție a structurilor hidrotehnice pe brațul Bala, materialul patului albiei s-a modificat cu aport însemnat de componente fine rezultate din anrocamente.

Ca urmare a compoziției chimice a rocilor utilizate pentru construcția lucrărilor hidrotehnice, a fost necesară efectuarea unor investigații a sedimentelor pentru a observa variația concentrației în perioada din timpul și după finalizarea construcțiilor. Această cercetare a fost realizată raportat la valoarea medie a concentrațiilor rezultate în urma analizei probelor de sedimente prelevate dinainte de începerea construcției structurilor hidrotehnice.

Pe baza rezultatelor obținute din perioada de monitorizare, au fost realizate reprezentări grafice în care au fost comparate valorile concentrațiilor de metale grele (cadmiu, cupru, plumb, zinc, nichel) din sedimente în secțiunea de control corespunzătoare brațului Bala (figura 68). În această investigație, perioada de construcție este reprezentată de intervalul septembrie – decembrie, anul IV, iar cea de după finalizarea construcțiilor, mai, anul V – septembrie, anul VI (lucrările au fost finalizate în luna martie a anului V de analiză).

În general, pe parcursul perioadei analizate, variația concentrației de cadmiu în sedimente depășește valoarea mediată rezultată din perioada de referință, excepție făcând intervalul mai-august, anul V de analiză. Concentrația de cupru din probele de sedimente analizate în perioada din timpul și după finalizarea construcțiilor, depășește valoarea mediată rezultată din analizele efectuate în perioada de referință, mai puțin în luna mai a anului V de analiză. Pe intervalul analizat, concentrația de plumb din probele de sedimente prelevate a depășit valoarea de referință. În ceea ce privește zincul și nichelul din probele de sedimente, este depășită valoarea mediată rezultată din perioada de referință, excepție făcând luna august a anului V de analiză.



Figură 68 Variația concentrației metalelor grele în sedimente

La o primă observație, este evident faptul că, atât în cazul apei, cât și al sedimentelor, valorile concentrațiilor de metale grele au crescut în timpul și după execuția lucrărilor hidrotehnice și că o posibilă cauză este reprezentată de compoziția rocilor utilizate în construcția structurilor hidrotehnice.

Totuși, este greu de cuantificat teoria referitoare la faptul că aportul de metale grele în compoziția apei și a sedimentelor se datorează anrocamentelor, întrucât în același timp cu solubilizarea metalelor grele din anrocamente are loc și diluția dată de debitul fluviului și levigarea acestora. Efectuarea unor analize punctiforme nu este îndeajuns pentru stabilirea influenței anrocamentelor asupra parametrilor de calitate a apei. În același timp, solubilizarea metalelor grele din rocile utilizate pentru construcția structurilor hidrotehnice crește proporțional cu temperatura și debitul apei, dar este dificil de găsit o relație între acești parametri, întrucât în analiză este necesar să se țină cont și de intervențiile antropice din amonte, de transportul naval etc.

8.2. Corelarea componentelor biotice cu rezultatele obținute din simulările morfohidrodinamice

În vederea evaluării influenței pe care efectele construcțiilor hidrotehnice le pot avea asupra florei și faunei acvatice, s-au corelat rezultatele obținute din perioada de monitorizare cu cele furnizate în urma simulării proceselor morfohidrodinamice pe termen scurt și mediu.

Substratul reprezintă un biotop important al cursului de apă, caracteristicile acestuia influențând proprietățile apei, sedimentele constituindu-se ca un rezervor și furnizor de elemente nutritive pentru apă. Totodată, substratul constituie baza pentru dezvoltarea florei și faunei bentonice, structura fizică și chimică a substratului determinând tipul biocenozelor bentonice (UGAL, 2018).

În ceea ce privește flora și fauna acvatică, acestea sunt componente ce pot deveni de interes în măsura în care constituie surse de hrană pentru speciile de pești care aparțin uneia din categoriile rare, vulnerabile, periclitate, endemice (Chiriac G. 2010). În consecință, este necesar să se investigheze aceste componente, întrucât în Dunărea Inferioară, inclusiv în sectorul studiat, se regăsesc 4 specii de sturioni (INCDPM, 2011), dintre care nisetru, morunul și păstruga aparțin „Listei roșie a speciilor amenințate”, în conformitate cu Uniunea Internațională pentru Conservarea Naturii (IUCN), iar cega este considerată specie vulnerabilă (Dănălache T., et al. 2017).

În general, atât în perioada de construcție, cât și după finalizarea lucrărilor, nu au fost evidențiate modificări majore în compoziția fitoplanctonului, în comparație cu perioada de dinainte de începerea construcțiilor. Cele mai mari diferențe au fost remarcate în cazul numărului de taxoni: în etapa de construcție, pe secțiunea corespunzătoare Dunării Vechi, numărul de taxoni a crescut cu cca. 41,67% față de etapa anterioară execuției lucrărilor hidrotehnice. În perioada de după finalizarea construcțiilor, în ceea ce privește indicele saprob, au fost observate scăderi de 9,71% pe brațul Bala, respectiv de 11,56% pe Dunărea Veche. În aceeași perioadă, valorile celorlalți indici analizați au crescut.

Conform analizelor efectuate de către experții INCDPM, în cadrul departamentului „Laboratoare”, pe tot parcursul monitorizării, *starea ecologică* a apei Dunării, în zona de studiu, a fost *bună și foarte bună*.

Macrofitobentosul reprezintă o componentă permanentă, dar nu exclusivă a zonei de mal a apelor, fixată pe substrat prin rădăcini sau rizomi puternici care străbat, în majoritatea cazurilor, coloana de apă venind în contact cu atmosfera (INCDPM, 2011).

Analizând informațiile obținute în urma simulărilor morfohidrodinamice, se poate remarca faptul că în zonele din proximitatea malurilor au rezultat depuneri de sedimente. În aceste zone vitezele curentului de apă sunt reduse. Totodată, în urma analizei scenariilor în care a fost variat debitul în secțiunea amonte s-a observat că, în cazul unor debite mici și medii pe suprafețe importante din vecinătatea malurilor sunt înregistrate valori reduse ale nivelului apei. Teoretic, aceste rezultate ar putea favoriza dezvoltarea macrofitelor.

8.3. Analiza parametrilor morfohidrodinamici în funcție de comportamentul migrațional al sturionilor

În ultimele decenii, populațiile de sturioni au scăzut din cauza mai multor factori, printre care pescuitul irațional și excesiv și braconajul (Deak Gy., et al. 2014). Având în vedere faptul că speciile de sturioni nisetru, morun și păstrugă aparțin „Listei roșie a speciilor amenințate”, conform IUCN, iar cega este considerată specie vulnerabilă, interesul față de comportamentul acestora a crescut datorită necesității înalte de elaborare a planurilor de acțiune pentru conservarea lor (Dănălache T., et al. 2017).

Rezultatele obținute în urma simulării proceselor morfohidrodinamice, pot reprezenta punctul inițial în analiza pe termen scurt și mediu a influenței efectelor lucrărilor hidrotehnice asupra speciilor de sturioni. Totuși, dat fiind faptul că în prezent, informațiile disponibile privind comportamentul sturionilor și rutele lor de migrație și de iernat pe Dunărea Inferioară nu sunt pe deplin cunoscute (Deak Gy., et al. 2014), este dificil de evaluat impactul lucrărilor hidrotehnice asupra traseului de migrație al sturionilor.

Experții INCDPM au investigat aspectele legate de comportamentul sturionilor, în urma analizelor rezultând o bază de date unică la nivel european. Au fost efectuate cercetări ce au avut

ca obiectiv principal asocierea componentelor abiotice ale ecosistemului cu traseul de migrație al exemplarelor de sturioni marcați ultrasonic (*tabel 10*).

Tabel 10 Numărul exemplarelor de sturioni capturați într-o perioadă de 6 ani (INCDPM, 2017)

An	Specii			
	Morun	Nisetru	Păstrugă	Cegă
An I	25	1	17	52
An II	13	0	36	7
An III	13	1	30	6
An IV	4	1	44	3
An VI	13	1	4	0
Total	98	5	178	68

Conform rezultatelor obținute în urma monitorizării, brațul Bala a fost tranzitat de sturioni atât în perioada de dinainte de începerea lucrărilor hidrotehnice, cât și în perioadele din timpul și după finalizarea lucrărilor (INCDPM, 2017).

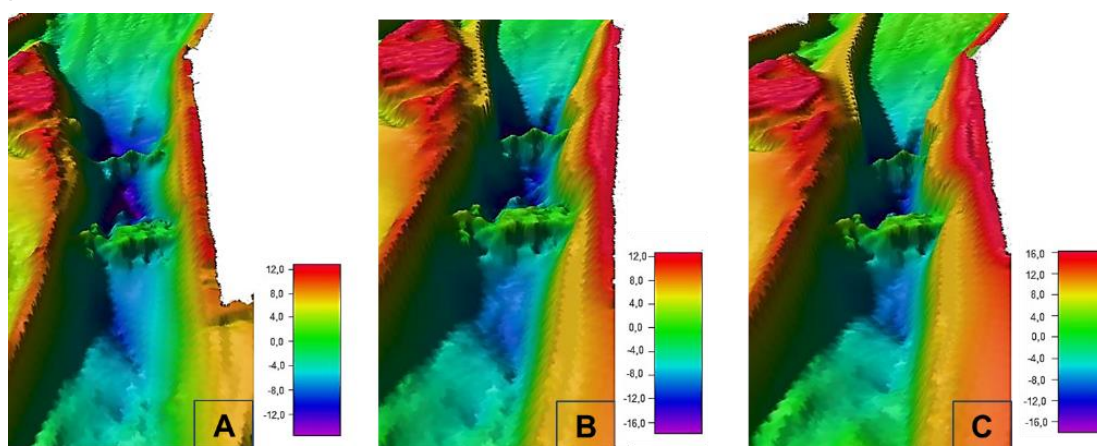
Totodată, datorită geometriei patului albiei, brațul Bala reprezintă un amplasament favorabil pentru iernarea speciilor de sturioni, pe parcursul perioadei de monitorizare, în această zonă, fiind înregistrate, în mai multe zile succesive, exemplare de sturioni (INCDPM, 2011-2018).

8.3.1. Influența modificărilor morfologice ale patului albiei asupra comportamentului sturionilor

Informațiile existente în literatura de specialitate indică faptul că morfologia albiei cursului de apă constituie un factor important în ceea ce privește comportamentul sturionilor.

Speciile de sturioni specifici Dunării Inferioare preferă gropile și zonele adânci ale fluviului pentru hibernare, fapt confirmat și de rezultatele obținute de către experții INCDPM în urma monitorizării exemplarelor de sturioni sălbatici, marcați ultrasonic.

Totodată, studiile indică, că zonele de reproducere a sturionilor se caracterizează prin substraturi dure aflate la adâncimi mari (de până la 26 m), a căror granulometrie variază de la pietriș la anrocamente, prevăzute cu rețele de fisuri în care viteza apei este de obicei scăzută. Importanța reliefului patului albiei este dată și de faptul că zonele de reproducere sunt frecventate de speciile de sturioni în fiecare an.



Figură 69 Analiza comparativă a zonei corespunzătoare pragurilor de fund: (A) Scenariul 1 – Scenariul de referință; (B) Scenariul 2 – Patul albiei după 3 ani de simulare; (C) Scenariul 3 – Patul albiei după 5 ani de simulare

Modificarea reliefului albiei poate avea un impact imediat asupra obiceiurilor legate de reproducere, iernare, hrănire și, în ultimă instanță, pot duce la dispariția habitatelor.

După cum a fost menționat anterior, pe parcursul activităților de monitorizare s-a observat că brațul Bala reprezintă un amplasament favorabil pentru iernarea speciilor de sturioni, datorită prezentei gropilor de eroziune în aval de cele două praguri de fund (INCDPM, 2011-2018). În acest sens, a fost investigată zona corespunzătoare celor două praguri de fund, în vederea

analizei reliefului patului albiei rezultat în urma simulărilor proceselor morfohidrodinamice (figura 69). Rezultatele obținute indică tendința de modificare a reliefului patului albiei.

S-a putut observa faptul că în cazul simulărilor efectuate pentru o perioadă de 3 și 5 ani au rezultat adâncimi mai mari ale gropilor de eroziune. În comparație cu datele obținute în urma activităților de monitorizare, din punct de vedere al reliefului patului albiei, nu sunt aduse modificări semnificative astfel încât să afecteze habitatele de iernat și reproducere a sturionilor.

8.3.2. Influența parametrilor hidrodinamici rezultați din simulările numerice asupra comportamentului sturionilor

Comportamentul migrațional al sturionilor este influențat de variația parametrilor hidrodinamici. Reproducerea speciilor de sturioni depinde de condițiile hidrodinamice, debitele mari conducând la creșterea vitezelor curentului de apă la nivelul patului albiei, fapt ce reduce în mod semnificativ succesul reproducerii.

Conform literaturii de specialitate, în ariile de reproducere, viteza mediată pe verticală a curentului de apă se încadrează în intervalul 0,5 - 2,2 m/s, permițând dispersia icrelor fertilizate.

Referitor la capacitatea de înot a sturionilor, în literatura de specialitate există o serie de informații cu privire la acest aspect, însă niciuna nu se referă la condițiile *in situ*. Pe parcursul perioadei de monitorizare, în urma corelării datelor furnizate de stațiile de monitorizare DKTB și DKMR-01T cu măsurătorile de viteză a curentului de apă, a rezultat faptul că au existat exemplare de sturioni marcați ultrasonic ce au tranzitat înspre amonte pragul de fund, în situația unor viteze medii cuprinse între **0,83 – 2,64 m/s** (INCDPM, 2017).

Cu scopul de a investiga influența pe care distribuțiile vitezelor curentului de apă le pot avea asupra comportamentului migrațional al sturionilor, au fost asociate rezultatele obținute din simulările proceselor morfohidrodinamice cu informațiile rezultate din monitorizarea sturionilor.

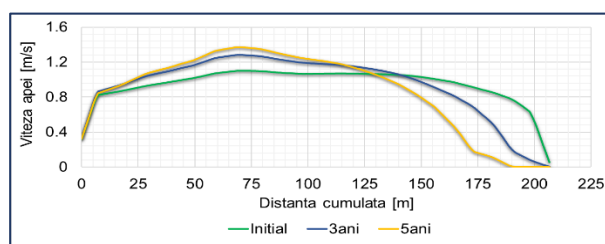
Debitul la care au fost realizate aceste analize a fost de 3908 m³/s, în secțiunea amonte a sectorului analizat. Acest debit reprezintă valoarea minimă utilizată în simulările numerice pentru a reprezenta un an tipic. În acest sens, în primă fază au fost selectate 5 secțiuni transversale, în care să fie reprezentate distribuțiile valorilor medii ale vitezelor curentului de apă rezultate din simulările numerice (figura 70).

În cazul secțiunii localizate în amonte de pragul nou de fund (figura 71), nu sunt diferențe semnificative în cazul scenariilor pentru 3 și 5 ani, comparativ cu situația de referință. În aceste situații, valorile maxime se încadrează între 1,05 – 1,4 m/s.

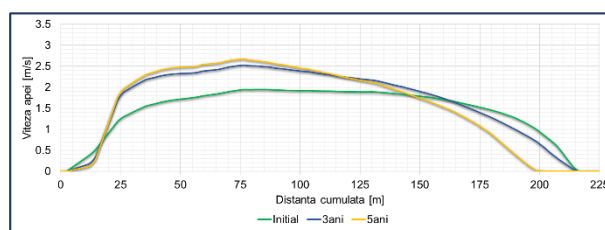
Deasupra pragului de fund (figura 72), valorile medii ale vitezelor curentului de apă sunt mai mari, comparativ cu situația de referință. Astfel, în cazul scenariilor în care au fost simulate procesele morfohidrodinamice pentru o perioadă de 3 și 5 ani au rezultat valori maxime ale vitezei apei de cca. 2,5 m/s, respectiv 2,7 m/s.



Figură 70 Localizarea secțiunilor transversale analizate

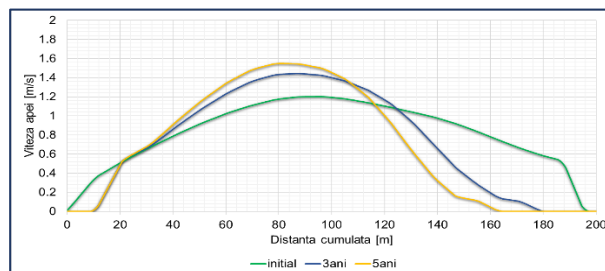


Figură 71 Distribuția vitezelor curentului de apă – Secțiunea 1



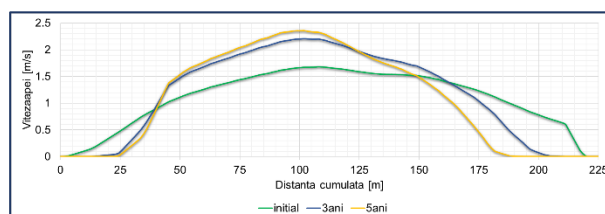
Figură 72 Distribuția vitezelor curentului de apă – Secțiunea 2

În zona din aval de pragul de fund, (figura 73), distribuția vitezelor medii ale curentului de apă prezintă o tendință asemănătoare în cazul scenariilor în care au fost simulate procesele morfohidrodinamice pentru o perioadă de 3 și 5 ani, valorile maxime fiind de cca. 1,5 m/s.



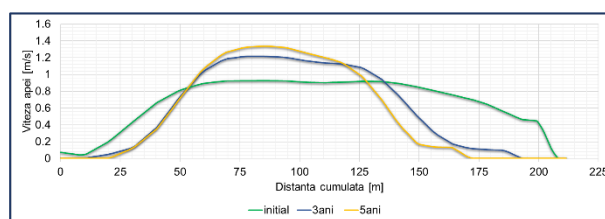
Figură 73 Distribuția vitezelor curentului de apă – Secțiunea 3

În cazul secțiunii localizate deasupra pragului de fund construit în anii '90 (figura 74), valorile medii ale vitezelor curentului de apă sunt mai mari, comparativ cu situația de referință. Astfel, în cazul scenariilor în care au fost simulate procesele morfohidrodinamice pentru o perioadă de 3 și 5 ani au rezultat valori maxime ale vitezei apei de cca. 2,2 m/s, respectiv 2,4 m/s.



Figură 74 Distribuția vitezelor curentului de apă – Secțiunea 4

În zona din aval de structurile hidrotehnice, (figura 75), distribuția vitezelor medii ale curentului de apă au o tendință asemănătoare, în cazul scenariilor în care au fost simulate procesele morfohidrodinamice pentru o perioadă de 3 și 5 ani, valorile maxime fiind de cca. 1,3 m/s.

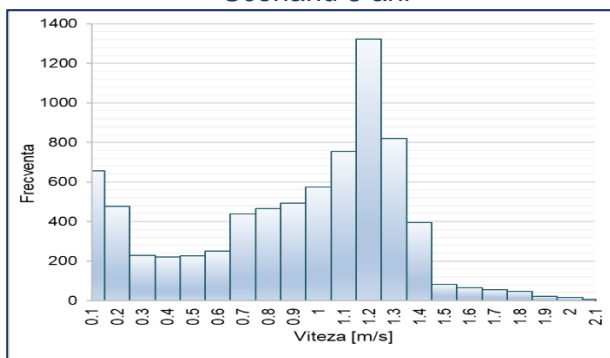


Figură 75 Distribuția vitezelor curentului de apă – Secțiunea 5

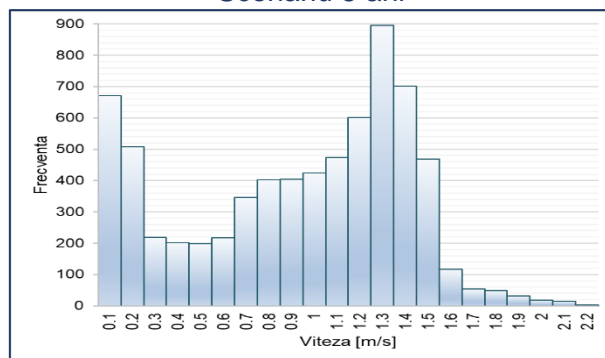
Se poate observa că, raportat la situația de referință, în cazul tuturor secțiunilor analizate, din simulările morfohidrodinamice efectuate pentru perioadele de 3 și 5 ani au rezultat valori mai mici ale vitezelor curentului de apă, în zonele din apropierea malurilor și mai mari în zona centrală a canalului.

Pentru o cercetare mai detaliată a vitezelor rezultate în urma simulărilor numerice efectuate pe termen scurt și mediu, pe brațul Bala au fost desemnate zone de analiză în care s-a calculat frecvența vitezelor. Aceste zone au fost localizate în amonte, deasupra și în aval de pragul de fund și deasupra și în aval de pragul de fund construit la începutul anilor '90.

Scenariu 3 ani

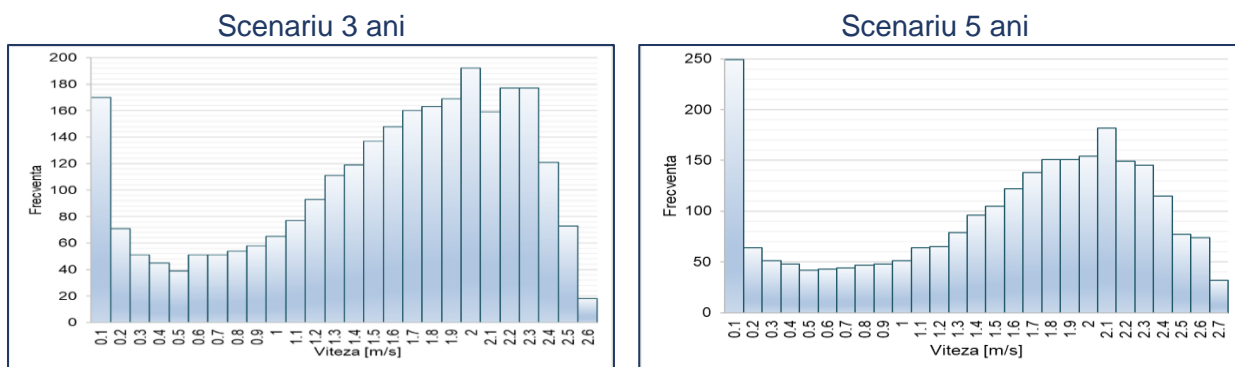


Scenariu 5 ani



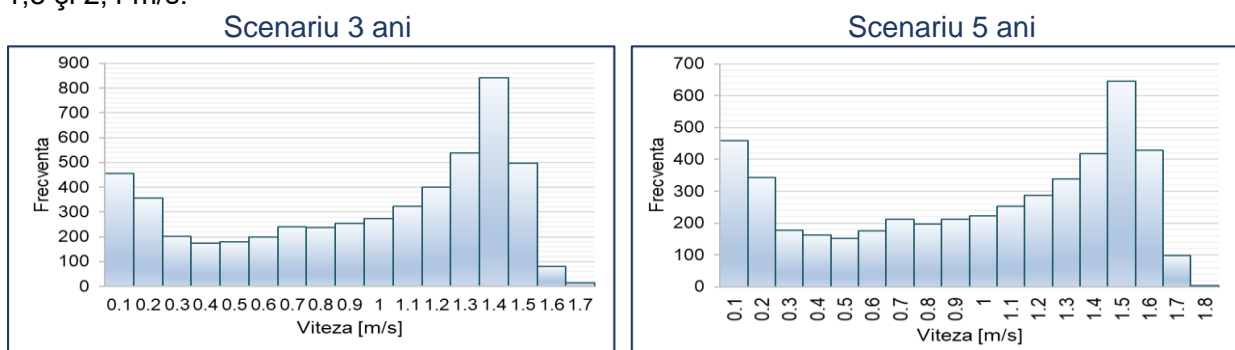
Figură 76 Histograme de viteză – în amonte de pragul de fund

În figura 76 sunt reprezentate histogramele de viteză pentru zona amonte a pragului de fund. În cazul scenariului în care au fost simulate procesele morfohidrodinamice pe o perioadă de 3 ani a fost observat faptul că vitezele ale căror valori se încadrează între 1,1 și 1,2 m/s sunt cele mai frecvente. Pentru scenariul în care au fost luate în considerare rezultatele pentru perioada de 5 ani, cele mai frecvente sunt vitezele ale căror valori se încadrează între 1,1 și 1,5 m/s.



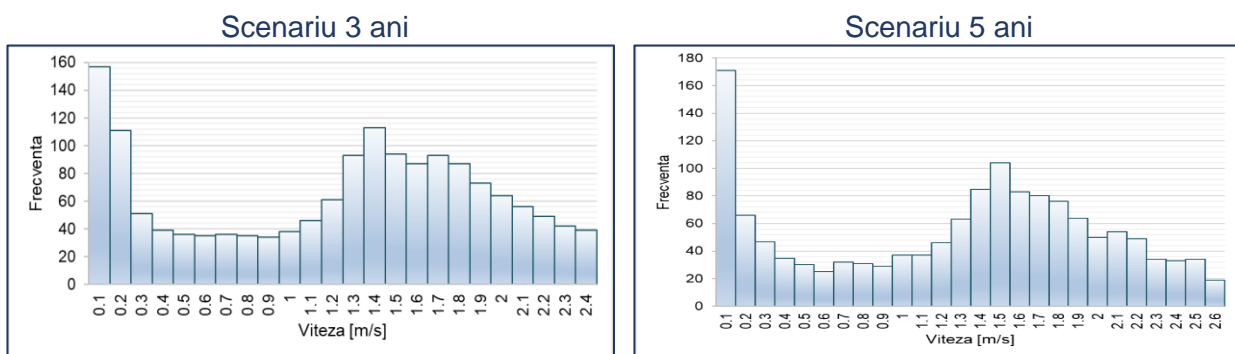
Figură 77 Histograme de viteză – deasupra pragului de fund

În cazul zonei de deasupra pragului de fund (figura 77), din histogrammele de viteză a rezultat că pentru scenariul în care au fost simulate procesele morfodinamice pe o perioadă de 3 ani, cele mai frecvente viteze ale curentului de apă au valorile medii cuprinse între 1,3 - 2,4 m/s. Totodată, valori mari ale frecvenței le au și vitezele mai mici de 0,1 m/s. Pentru scenariul în care au fost luate în considerare rezultatele pentru perioada de 5 ani, cele mai frecvente sunt vitezele ale căror valori sunt mai mici de 0,1 m/s și cele ale căror valori se încadrează în intervalul 1,5 și 2,4 m/s.



Figură 78 Histograme de viteză – în aval de pragul de fund

În zona localizată în aval de pragul de fund (figura 78), rezultatele obținute din scenariul în care a fost luată în considerare simularea efectuată pentru 3 ani, indică faptul că cele mai frecvente viteze ale curentului de apă se încadrează între 1,3 – 1,5 m/s. În cazul simulării numerice efectuate pentru analiza proceselor morfodinamice pentru 5 ani, cele mai frecvente viteze ale curentului de apă se încadrează între 1,4 – 1,6 m/s.

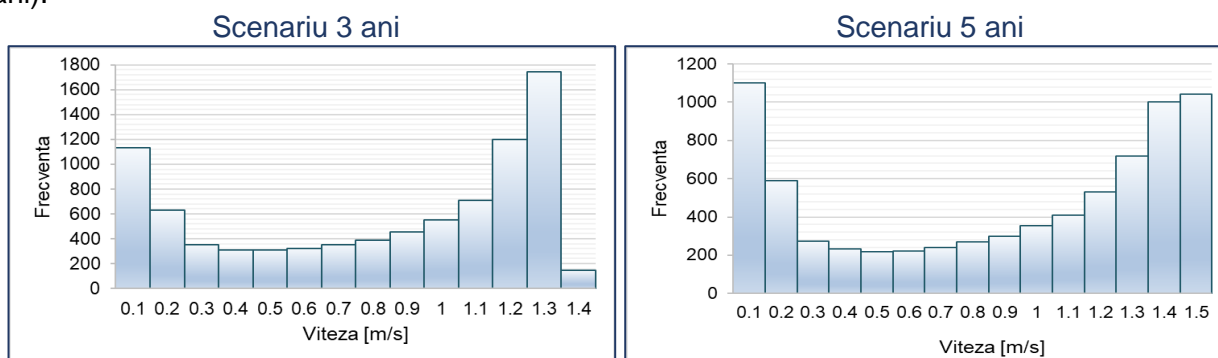


Figură 79 Histograme de viteză – deasupra pragului de fund construit în anii '90

În figura 79 sunt reprezentate histogrammele de viteză pentru zona de deasupra pragului de fund construit în anii '90. În cazul scenariilor în care au fost simulate procesele morfodinamice pe o perioadă de 3 și 5 ani, a fost observat faptul că vitezele ale căror valori se încadrează între 1,2 și 2,0 m/s sunt cele mai frecvente. Totodată, în cazul ambelor scenarii se pot observa frecvențe mari pentru valori ale vitezelor mai mici de 0,1 m/s.

În situația zonei localizată în aval de structura submersă construită în anii '90 (figura 80), histogrammele de viteză au o formă asemănătoare. În cazul scenariilor analizate, pentru această

zonă, frecvențele maxime se regăsesc atât în cazul valorilor reduse ale curentului de apă (0,1 – 0,3 m/s), cât și în cazul vitezelor mari (1,2-1,4 m/s – scenariul 3 ani; 1,4 – 1,5 m/s – scenariul 5 ani).



Figură 80 Histograme de viteză – în aval de pragul de fund construit în anii '90

În consecință, din corelarea rezultatelor obținute în urma simulărilor numerice cu cele rezultate din campaniile de monitorizare, derivă faptul că, din punct de vedere morfodinamic, realizarea structurilor hidrotehnice nu influențează negativ, pe termen scurt și mediu, comportamentul migrațional al sturionilor.

Capitolul 9. CONCLUZII, CONTRIBUȚII PERSONALE ȘI PERSPECTIVE

Necesitatea elaborării tezei de doctorat

Zona studiată, reprezentată de bifurcația braț Bala – Dunărea Veche, prezintă o importanță deosebită din punct de vedere al infrastructurii transportului de navigație. Acest sector face parte din coridorul Pan-European nr. VII, asigurând legătura între Dunărea fluvială și canalul navigabil Dunăre – Marea Neagră. Având în vedere poziția strategică a Dunării ca și coridor de transport din porturile fluviale până în portul Constanța, cu scopul de a asigura condițiile optime de navigație, pe tot parcursul anului, asupra acestei zone s-a intervenit prin realizarea unor lucrări hidrotehnice.

Totodată, această zonă face parte din ariile Natura 2000 - situl ROSCI0022 Canaralele Dunării și situl ROSPA0039 Dunăre Ostroave și reprezintă un sector important în traseul de migrație al sturionilor.

La aceste considerente se adaugă și faptul că acest tronson reprezintă o zonă cu o mare diversitate morfodinamică ca urmare a influenței construcțiilor hidrotehnice realizate în ultimii ani și a geometriei albiei, întrucât brațul Bala prezintă cote mai joase ale albiei în comparație cu Dunărea Veche.

În acest context, a existat un semn de întrebare cu privire la impactul pe care intervențiile antropice necesare îmbunătățirii condițiilor de navigație le pot avea, în timp, asupra ecosistemelor acvatice, din punct de vedere al modificărilor morfologice ale patului albiei.

Astfel, a fost dezvoltat un model numeric morfodinamic care cuprinde sectorul Dunării în zona de bifurcație braț Bala – Dunărea Veche (un tronson de 5 km pe Dunărea Veche și 2,5 km pe brațul Bala).

Prin intermediul acestui model au fost realizate scenariile numerice care au permis analiza la scară redusă și medie de timp a tendințelor de evoluție morfodinamică a Dunării.

Rezultatele acestor investigații au fost corelate cu elementele biotice, fiind astfel obținută o imagine de ansamblu a impactului pe care structurile hidrotehnice le pot avea asupra componentelor ecosistemelor acvatice specifice zonei de interes, din punct de vedere morfodinamic.

Analiza tendinței de evoluție morfologică a patului albiei prin utilizarea modelării numerice

- ✓ Analize privind dinamica albiei, pe un interval de timp de 16 ani;
- ✓ Studiul privind modificarea geometriei patului albiei ca urmare a intervențiilor antropice;
- ✓ Model numeric quasi-tridimensional la scară medie;
- ✓ Simulări numerice privind modificările morfologice ale patului albiei (3 – 5 ani);
- ✓ Procese de eroziune pe brațul Bala și de sedimentare pe Dunărea Veche;
- ✓ Rezultatele obținute în urma evaluării tendințelor de modificare a morfologiei patului albiei (eroziuni cu efect de pâlnie la intrarea pe brațul Bala, gropi de eroziune în aval de pragurile de fund, zone cu sedimentări pe Dunărea Veche) au fost asociate cu elementele biotice ale ecosistemelor acvatice.

Evaluarea impactului asupra ecosistemului acvatic

- ✓ Analiza gradului de solubilizare al unor compuși chimici care intră în alcătuirea acestor roci
- ✓ Corelarea rezultatelor obținute din perioada de monitorizare cu cele furnizate în urma simulării numerice pentru evaluarea influenței pe care efectele construcțiilor hidrotehnice le pot avea asupra florei și faunei acvatice
- ✓ În cazul simulărilor efectuate pentru o perioadă de 3 și 5 ani au rezultat adâncimi mai mari ale gropilor de eroziune
- ✓ Cele mai frecvente valori ale vitezelor curentului de apă se încadrează în intervalul 1,5 – 2,0 m/s
- ✓ Din punct de vedere morfohidrodinamic, realizarea structurilor hidrotehnice nu influențează negativ, pe termen scurt și mediu, comportamentul migrațional al sturionilor

Elemente originale și contribuțiile autorului

Pe baza rezultatelor obținute în cadrul cercetărilor întreprinse pentru realizarea tezei de doctorat, se poate sintetiza contribuția originală a autorului, după cum urmează:

- Realizarea unui studiu bibliografic cuprinzător privind stadiul actual al cercetărilor privind transportul de aluviuni, analiza ecosistemelor acvatice și analiza morfologică a cursurilor de apă prin utilizarea programelor de modelare numerică;
- Prelucrarea și interpretarea datelor referitoare la caracterizarea zonei de studiu;
- Realizarea unor analize comparative privind:
 - variația parametrilor de calitate a apei și a sedimentelor în perioadele de monitorizare;
 - relieful subacvatic în perioadele de dinaintea și după finalizarea execuției lucrărilor hidrotehnice;
 - variația nivelurilor și a vitezelor curentului de apă în diferite perioade de analiză;
 - analiza evoluției morfologice a zonei de studiu pe o perioadă de 16 ani, pe baza imaginilor satelitare *Landsat*.
- Dezvoltarea unui model numeric la scară medie, care să poată furniza rezultate cu grad înalt de încredere:
 - realizarea rețelei de calcul;
 - dezvoltarea modelului batimetric;
 - analiza mai multor variante de modele hidrodinamice;
 - optimizarea modelului hidrodinamic;
 - calibrarea și validarea modelului hidrodinamic astfel încât să poată furniza rezultate cu un înalt grad de încredere;
 - automatizarea procesului de calcul privind medierea vitezelor curentului de apă pe verticală, în etapa de calibrare, cu scopul de a reduce timpul de procesare;
 - configurarea modelului morfohidrodinamic prin accesarea constituentului privind transportul de sedimente;
 - calibrarea modelului morfohidrodinamic;
- Realizarea unor scenarii numerice în vederea analizei proceselor morfohidrodinamice, pe termen scurt și mediu de timp;
- Evaluarea modificărilor morfologice ale patului albiei:
 - Selectarea unor secțiuni și zone de control;
 - Analiza calitativă a modificărilor morfologice ce au loc în zonele selectate;

- Corelarea rezultatelor obținute în urma simulărilor morfohidrodinamice cu o parte din elementele ecosistemului acvatic:
 - Analiza interacțiunii apei cu anrocamentele utilizate pentru construcția structurilor hidrotehnice;
 - Corelarea componentelor biotice cu rezultatele obținute din simulările morfohidrodinamice, prin analiza fitoplanctonului, macrofitelor și macronevertebratelor;
 - Analiza influenței modificărilor morfologice ale patului albiei asupra comportamentului sturionilor marcați ultrasonic;
 - Investigații privind influența parametrilor hidrodinamici rezultați din simulările numerice asupra comportamentului sturionilor marcați ultrasonic, din punct de vedere al capacității de a traversa zona investigată.

Utilizarea rezultatelor în cadrul strategiilor investiționale

Unul din subiectele abordate în cadrul tezei de doctorat „*Impactul antropic asupra componentelor ecosistemelor acvatice specifice Dunării*” se referă la comportamentul migrațional al speciilor de sturioni marcați ultrasonic.

Importanța științifică și economică a acestor specii este dată atât de valoarea unică pe care o reprezintă pentru biodiversitate, cât și din punct de vedere al creșterii cererii de caviar pe piață.

În ultimele decenii, populațiile de sturioni au scăzut din cauza mai multor factori, printre care pescuitul irațional și braconajul sau a unor factori neidentificați până în prezent. În Dunărea Inferioară se regăsesc 4 specii de sturioni și anume morun (*Huso huso*), păstrugă (*Acipenser stellatus*) și nisetru (*Acipenser gueldenstaedtii*) aparțin „Listei roșie a speciilor amenințate”, conform IUCN, iar cega (*Acipenser ruthenus*) este considerată specie vulnerabilă.

Data fiind importanța economică excepțională a acestor specii, datele furnizate în urma corelării rezultatelor obținute din simulările numerice cu cele rezultate din campaniile de monitorizare, pot reprezenta premisele necesare găsirii celor mai bune măsuri pentru conservarea stocurilor de sturioni și a identificării cauzelor ce au condus la declinul acestora.

Rezultatele furnizate în urma simulărilor proceselor morfohidrodinamice, pe termen scurt și mediu, indică tendințele de modificare prin eroziune/sedimentare a albiei. Astfel, ținând cont de faptul că tronsonul studiat prezintă o importanță deosebită din punct de vedere al infrastructurii transportului de navigație, aceste date pot fi utilizate în realizarea planurilor de intervenție pentru întreținerea canalului navigabil pe Dunărea Veche.

De asemenea, rezultatele obținute în urma cercetării pot reprezenta baza de date utilă pentru elaborarea altor soluții hidrotehnice în vederea asigurării debitului necesar navigației pe Dunărea Veche.

La aceste considerente se adaugă și faptul că prin utilizarea programului *Delft3D*, se poate actualiza modelul numeric realizat în cadrul acestei cercetări, putându-se astfel elabora și studii privind analiza morfohidrodinamică pe termen lung și evaluarea parametrilor de calitate a apei.

Perspectiva dezvoltării subiectului

În prezenta lucrare sunt corelate datele obținute din campaniile de monitorizare cu rezultatele furnizate în urma simulărilor numerice. Pentru perioada următoare se pot proiecta următoarele direcții de cercetare:

- continuarea efectuării măsurătorilor de teren în vederea obținerii unei baze de date care să permită calibrarea modelului morfohidrodinamic, la scară mare de timp;
- efectuarea unor scenarii numerice prin intermediul cărora să se analizeze tendințele de evoluție morfologică a albiei, în condițiile schimbărilor climatice;
- continuarea activităților de monitorizare a speciilor de sturioni întrucât informațiile disponibile privind comportamentul sturionilor și rutele lor de migrație și de iernat pe Dunărea Inferioară nu sunt pe deplin cunoscute;
- actualizarea modelului numeric, astfel încât să fie posibilă efectuarea unor scenarii prin care să fie analizați parametrii de calitate a apei, în cazul unor poluări accidentale. Acest deziderat urmează să fie dezvoltat în cadrul Proiectului Nucleu PN 18 26 02 01/2018: „*Cercetări privind evaluarea parametrilor de calitate a apei prin utilizarea modelelor numerice în vederea simulării unde de dispersie a poluanților pe Dunăre*”.

Bibliografie selectivă

- BOKU IWHW, and IM FLUSS. *Scientific Report for Contract no 81/31.05.2011 3D numerical modelling Romanian Danube between Calarasi and Braila (River-km 375-175)*. Austria, 2015
- Chiriac G. *Studiu privind elaborarea obiectivelor de mediu și a sistemului de clasificare a stării apelor de suprafață, în conformitate cu prevederile Directivei Cadru pentru Apă*. București, România, INCDPM, București, România, 2010
- Csányi B., Szekeres J., György A.I., Szalóky Z., and Falka I. *Methodology of Macroinvertebrate Survey on Large Rivers: A Case Study on the Romanian Lower Danube*. Water Research and Management 2 (2): 25-40. 2012
- Dănălache T., Bădiliță A.M., Deak Gy., Holban E., Popescu I., Dăescu A.I., Raischi M., Ghiță G., Nicolae C., and Diaconescu St. *Assessment of Bastroe Channel possible impact on Lower Danube sturgeon migration*. AACL Bioflux 10 (5): 1011-1018, 2017
- Deak Gy., Bădiliță A.M., Popescu I., and Tudor M. *Marine ecology Research on Sturgeon Migration Behaviour Using a new Monitoring, Control and Alarming System*. Journal of Environmental Protection and Ecology 15 (3): 944–953, 2014
- Deak, Gy., A. Badilita, M. Raischi, B. Tănase, and G. Tănase. *Stație DKTB de monitorizare a ihtiofaunei și în special a sturionilor, prin teledetecție cu marcă ultrasonică, în diferite condiții hidrologice*. București, România Patent A/0073/2012.
- Deak, Gy., N. Raischi, A. Badilita, C. Raischi, M. Silion, and M. Tudor. *Stație mobilă de tipul DKMR-01T de monitorizare prin teledetecție a ihtiofaunei și în special a sturionilor în condiții hidrologice dificile*. București, România Patent RO 129803/2014.
- Deltares. *Delft3D - FLOW User Manual*. Netherlands: Delft. 2011
- Djikanovic V., Skoric S., Lenhardt M., Smederevac-Lalic M., Visnjic-Jeftic Z., Spasic S., and Mickovic B. *Review of sterlet (*Acipenser ruthenus* L. 1758) (Actinopterygii: Acipenseridae) feeding habits in the River Danube, 1694–852 river km*. Journal of Natural History 49 (5): 411-417, 2015
- Egis. *Studiu de fezabilitate - Soluții tehnice alternative/complementare privind lucrările ce se vor executa în Punctul Critic 01 Bala din cadrul proiectului*. România: Egis, 2015
- ICPDR. Accessed 01 06, 2018. <https://www.icpdr.org/main/issues/human-impacts>, 2015
- INCDD. *Danube River's Morphology and Revitalization - Danubeparks - Danube River Network of Protected Areas - Development And Implement The Transnational Strategies For Conservation Of Danube Natural Heritage*. Tulcea, România: INCDD, 2004
- INCDPM. Contract 53/2011, ROMOMED - *Monitorizarea impactului asupra mediului a lucrărilor de îmbunătățire a condițiilor de navigație pe Dunăre între Călărași și Brăila, km 375 și km 175 - Raport de sinteză*. București, România: finanțat în cadrul Programului Operațional Sectorial "Transport" (POS-T) 2007-2013, 2011
- INCDPM. Contract 53/2011, ROMOMED - *Monitorizarea impactului asupra mediului a lucrărilor de îmbunătățire a condițiilor de navigație pe Dunăre între Călărași și Brăila, km 375 și km 175*. București: finanțat în cadrul Programului Operațional Sectorial "Transport" (POS-T) 2007-2013, 2011-2018
- INCDPM. Contract 6N/200, PN 09 06 01 25.1: *Utilizarea simulărilor numerice pentru analiza variației parametrilor hidraulici în contextul intervențiilor antropice. Studiu de caz Brațul Bala*." București, România, 2015
- INCDPM, Contract 6N/200, PN 09 06 03 65: *Studiu privind modelarea hidraulică a transportului de sedimente pe afluenții Dunării, în zona Baziaș-Moldova Nouă. Faza 1. Efectuarea studiilor de teren în vederea obținerii volumului informațional necesar rulării softului de modelare hidraulică*. București, România, 2015
- INCDPM. Contractul Europe Aid/134910/4/SER/RO, Cod 1344: *Studii privind apărarea de mal în zona umedă Divici-Pojejena*. București: finanțat prin Programul IPA de Cooperare Transfrontalieră România – Republica Serbia, 2014-2015.
- INCDPM. *Methods, Techniques and Monitoring Results Regarding the Sturgeon Migration on Lower Danube (2011-2016)*. București, România, 2017
- INCDPM. 2016. *Research Tools and Techniques for sturgeons' Spawning Migration Monitoring. Case study: Danube River, km 375-175*. București, Romania, 2016
- L.C. van Rijn, and D.J.R. Walstra. *Modelling of Sand Transport in DELFT3D*. DG Rijkswaterstaat, Rijks-Instituut voor Kust en Zee/RIKZ, 2003
- Mohamed Yossef, and Anke Becker. *Calibration of the morphodynamic model and analysis of the effect of sill (phase III, without cover)*. Netherlands: Deltares, 2015

- Nicolae A.-F., Deak Gy., Tudor G., Cîrstinoiu C-tin., Zamfir A.-St., Urișescu B., Georgescu L., et al. *Comparative analysis on water velocity distribution in the context of riverbed morphology changes and discharge variation*. Journal of Environmental Protection and Ecology 18 (4): 1649–1657, 2017
- Nicolae A.-F., Deak Gy., Tudor G., Zamfir St., Georgescu P.L., Cîrstinoiu C-tin., Urișescu B., et al. *Preliminary analysis of sediment transport in the context of the hydrotechnical constructions influence. Case study Bala branch – Old Danube bifurcation*. ISB-INMA-TEH'2017 673-681, 2017
- Nicolae A.-F., Georgescu L.-P., Dăescu A.I., Deak Gy., Zamfir St., Tudor G., Cîrstinoiu C-tin., Urișescu B., Raischi M., and Olteanu M. *Development of a bathymetric model for Danube Bala branch-Old Danube bifurcation*. International Symposium Geomat 2017. Iași, România, 2017
- Nicolae A.-F., Georgescu P.L., Olteanu M., and Deak Gy. *Comparative analysis regarding the influence of hydraulic structures on the Lower Danube riverbed, through numerical simulation*. Scientific Conference of Doctoral Schools from “Dunărea de Jos” University of Galați. Galați, România, 2015
- Nicolae, A.-F., Georgescu, P.L., Raischi, C.M., and Petrescu Al. *The Influence of Hydrotechnical Structures on the Minor Riverbed Morphology of the Danube, in the Area of Bifurcation of the Bala Branch with the Old Danube*." Tehnomus Journal 23: 13-17, 2016.
- Raischi M.C., Oprea L., Deak Gy., Badilita A., and Tudor M. *Comparative Study on the Use of New Sturgeon Migration Monitoring Systems on the Lower Danube*." Environmental Engineering and Management Journal 15 (5): 1081-1085, 2016
- Reinartz R. *Sturgeons in the Danube River*. Biology, Status, Conservation. 2002.
- Telarmed. *Raport la bilanțul de mediu pentru cariera de diabaze din perimetrul “Revărsarea”, jud. Tulcea*. Tulcea, România: ANPM, 2011
- Szalóky Z., György A. I., Szekeres J., Falka I., and Csányi B. *Studies on the Structure of Benthic Fish Assemblages With an Electrified Benthic Trawl in the River Danube Between Calarasi and Braila, Romania*. Water Research and Management 2 (2): 47-59. 2012.
- Teledyne RD Instruments. *Riverray ADCP Guide*. Teledyne RD Instruments, 2015
- Tractebel Development Engineering. *Lucrări de îmbunătățire a condițiilor de navigație pe Dunăre între Călărași și Brăila, km 375 - km 175 - Etapa 1*, 2012
- Yossef M., and Becker A. *Calibration of the morphodynamic model and analysis of the effect of sill (phase III, without cover)*. Netherlands: Deltares, 2015
- *** *Convenție privind comerțul internațional cu specii sălbatice de fauna și flora pe cale de dispariție*. Washington, SUA. 1973.
- *** *Directiva 2009/147/CE a Parlamentului European și a Consiliului din 30 noiembrie 2009 privind conservarea păsărilor sălbatice*.
- *** *Hotărârea nr. 80/2011 pentru aprobarea Planului național de management aferent porțiunii din bazinul hidrografic internațional al fluviului Dunărea care este cuprinsă în teritoriul României*.
- *** *Monitorul oficial al României*. 2006. *Anexa la ordinul ministrului mediului și gospodăririi apelor nr. 161/2006 privind aprobarea Normativului privind clasificarea calității apelor de suprafață în vederea stabilirii stării ecologie a corpurilor de apă*. România.

Listă lucrări publicate și prezentate

Articole publicate în reviste cotate ISI

1. **A.-F. Nicolae**, P-L. Georgescu, Gy. Deák, A. Badilita, M. Tudor, *Preliminary Analyzis of the Sturgeons' Swimming Capacity Above the Bottom Sill Through Numerical Simulation. Case Study - Bala Branch*, Environmental Engineering and Management Journal, ISSN: 1843 – 3707, Vol.15, No. 5, pg. 1075-1080, (FI=1,096), 2016;
2. **A.-F. Nicolae**, A.-St. Zamfir, P-L. Georgescu, Gy. Deák, M-C. Raischi, *Study regarding the riverbed morphological changes of the Danube River - Epurasu Branch*, Proceedings of the 17th International Multidisciplinary Scientific GeoConference SGEM 2017, ISBN: 978-1-5108-4819-1, Vol. 17, Issue 11, pg. 841-848, 2017;
3. **A.-F. Nicolae**, Gy. Deák, G. Tudor, C-tin. Cirstinoiu, A.-St. Zamfir, B. Uritescu, L. Georgescu, G. Ghita, M. Raischi, A. I. Daescu, F.-D. Dumitru, M.-A. Moncea, L. Laslo, R. Szep, *Comparative analysis on water velocity distribution in the context of riverbed morphology changes and discharge variation*, Journal of Environmental Protection and Ecology, ISSN 1311-5065, Vol. 18, No 4, pg. 1649–1657 (FI =0,774), 2017;
4. G. Ghiță, M. Ilie, R. Szep, F. Marinescu, A.-M. Anghel, C. Tociu, I. Popescu, E.Holban, I.Mărcuș, M. Matei, Gy. Deák, O Stroie, A.M. Moncea, **A. Nicolae**, L. Georgescu, *Numerical modelling and simulation of wastewater treatment processes in the sewage system*, *Journal of Environmental Protection and Ecology*, Acceptat spre publicare 2017.

Cereri de brevet

1. A/2016/00580 – *Complex de producere a energiei regenerabile în ape curgătoare*, G.Poteraş, Gy. Deák, **A.-F. Nicolae**, I. Neacşu, N.S. Raischi;
2. A/2018/00099 - *Metoda electrochimică pentru diagnosticarea reacțiilor alcalii-agregate în laborator*, G.Poteraş, Gy. Deák, **A.-F. Nicolae**, A.I. Dăescu, I.F. Burlacu;
3. A/2018/00179 - *Elemente prefabricate cu celule fotovoltaice înglobate pentru plăci fațade și acoperișuri de tip terasă necirculabilă*, G.Poteraş, Gy. Deák, **A.-F. Nicolae**, A.G. Baraitaru, M.V. Olteanu;
4. A/2018/00180 - *Țigle glazurate cu potențial fotovoltaic pentru acoperișuri*, G.Poteraş, Gy. Deák, A.G. Baraitaru, M.V. Olteanu, **A.-F. Nicolae**.
5. A/2018/00577 - *Parapete prefabricate pentru drumuri, poduri și autostrăzi care înglobează celule fotovoltaice*, G.Poteraş, Gy. Deák, **A.-F. Nicolae**, A.G. Baraitaru, M.V. Olteanu.

Articole publicate în reviste indexate în baze de date internaționale

1. **A.-F. Nicolae**, P.L. Georgescu, M.C. Raischi, Al. Petrescu, M. G. Boboc, *The Influence of Hydrotechnical Structures on the Minor Riverbed Morphology of the Danube, In the Bala Branch - Old Danube Bifurcation Area*, TEHNOMUS JOURNAL, no. 23, pg. 13-17, 2016;
2. **A.-F. Nicolae**, B. Urişescu, C-tin Cîrstinoiu, Al. Petrescu, P.L. Georgescu, *The Influence of the Hydrotechnical Constructions Geometry on the Water Velocity Distribution*, Annals of "Dunarea De Jos" University of Galati Mathematics, Physics, Theoretical Mechanics Fascicle II, Year VIII (XXXIX) 2016, No. 1, pg. 44-48, 2016;
3. M. Arseni, A. Rosu, **A.-F. Nicolae**, P. L. Georgescu, D.-E. Constantin, *Comparison of models and volumetric determination for Catusa Lake, Galati*, TEHNOMUS JOURNAL, no. 24, pg. 67-71, 2017;
4. G. Tudor, Gy. Deák, B. Urişescu, C-tin Cîrstinoiu, **A.-F. Nicolae**, A. St. Zamfir, T. M. Dănălache, M.V. Olteanu, *Comparative analysis of hydrodynamic and hydromorphological parameters variation resulting from anthropic interventions on Lower Danube – Caleia Branch*, ISB-INMA TEH Agricultural and Mechanical Engineering, ISSN 2537 - 3773, pg. 633-642, 2017;
5. **A.-F. Nicolae**, Gy. Deák, G. Tudor, A. St. Zamfir, P.L. Georgescu, C-tin Cîrstinoiu, B. Urişescu, M.C. Raischi, T.M. Dănălache, A.I. Dăescu, A. Badilita, Al. Cristea, *Preliminary analysis of sediment transport in the context of the hydrotechnical constructions influence. Case study Branch Bala – Old Danube bifurcation*, ISB-INMA TEH Agricultural and Mechanical Engineering, ISSN 2537 - 3773, pg. 673-680, 2017;
6. St. Zamfir, Gy. Deák, M. Raischi, **A.-F. Nicolae**, L. Georgescu, N. Raischi, I. Gheorghe, G. Badea, M. Olteanu, L. Lumînăroiu, C-tin Cîrstinoiu, A. Badiliță, T. Dănălache, *Solutions to ensure the lateral connectivity on the Lower Danube. Case study Epuraşu Branch*, ISB-INMA TEH Agricultural and Mechanical Engineering, ISSN 2537 - 3773, pg. 681-687, 2017
7. M. C. Raischi, A.M. Badilita, T.M. Danalache, Gy. Deák, St. Zamfir, Al. Cristea, A.I. Daescu, E. Holban, I. Gheorghe, D. Fronescu, **A.-F. Nicolae**, G. Badea, N. Raischi, L. Laslo, *Assessment of the best techniques for sturgeon migration monitoring*, ISB-INMA TEH Agricultural and Mechanical Engineering, ISSN 2537 - 3773, pg. 713-719, 2017;
8. **A.-F. Nicolae**, A.-Şt. Zamfir, P. L. Georgescu, M.C. Raischi, G.Tudor, F.-D.Dumitru, M. Ilie, G.Ghita, *Study regarding the dispersion of water quality indicators in the Danube River*, Annals Of "Dunarea De Jos" University of Galati Mathematics, Physics, Theoretical Mechanics Fascicle II, Year IX (XL) 2017, No. 1, Proceedings of the Fifth Scientific Conference of Doctoral Schools from "Dunărea de Jos" University of Galati (CCSD-UDJG 2017), Galati, June 8-9, 2017 Section 4 - Advanced Investigation Methods in Environment and Biohealth, pg.69-75, 2017;
9. A.-Şt. Zamfir, **A.-F. Nicolae**, P. L. Georgescu, M.C. Raischi, A.I. Dăescu, M.I. Ilie, G. Ghita, *Study regarding hydraulic modeling of sediment transportation. Case study: Danube – Epuraşu branch*, Annals Of "Dunarea De Jos" University of Galati Mathematics, Physics, Theoretical Mechanics Fascicle II, Year IX (XL) 2017, No. 1, Proceedings of the Fifth Scientific Conference of Doctoral Schools from "Dunărea de Jos" University of Galati (CCSD-UDJG 2017), Galati, June 8-9, 2017 Section 4 - Advanced Investigation Methods in Environment and Biohealth, pg.102-108, 2017;
10. C-tin Cîrstinoiu, Gy. Deák, B. Uritescu, G. Tudor, **A.-F. Nicolae**, A.-St. Zamfir, T.M. Danalache, M. Olteanu, M. C. Raischi, *Assessment of hydromorphological and hydrodynamic alterations caused by anthropogenic interventions on the riverbed. Case study Danube Bala branch new bottom*, Proceedings of the International Symposium GEOMAT – 2017, „1 Decembrie 1918” University of Alba Iulia, RevCad23/2017;
11. **A.-F. Nicolae**, P. L. Georgescu, Gy. Deák, A.-St. Zamfir, G. Tudor, C-tin Cîrstinoiu, B. Uritescu, M. C. Raischi, M. Olteanu, *Development of a bathymetric model for Danube Bala Branch-Old Danube bifurcation*, Proceedings of the International Symposium GEOMAT – 2017, „1 Decembrie 1918” University of Alba Iulia, RevCad23/2017.

Lucrări prezentate la conferințe internaționale

1. **A.-F. Nicolae**, M.C Raischi, F.-D. Dumitru, A.-M. Panait, P. L. Georgescu, *Numerical simulation of the Danube minor riverbed change in the Bala Branch – Old Danube bifurcation area* – Prezentare poster, 1st International Conference on Ecology and Protection of Marine and Freshwater Environments – Viterbo, Italia, octombrie 2015;
2. G. Poteraș, Gy. Deák, **A.-F. Nicolae**, M. Raischi, N.S. Raischi, *Complex system for electricity production based on the cumulative effect of different sources of renewable energy* – Prezentare, The Energy and Materials Research Conference - EMR2017, Lisabona, Portugalia, aprilie 2017;
3. **A.-F. Nicolae**, Gy. Deák, G. Tudor, C-tin Cîrstinoiu, A.-St. Zamfir, B. Urișescu, L.-P. Georgescu, M. Raischi, F.-D. Dumitru, M.-A. Moncea, L. A. Laslo, *Comparative analysis on water velocity distribution in the context of riverbed morphology changes and discharge variation* – Prezentare poster, International U.A.B.-B.E.N.A. Conference Environmental Engineering and Sustainable Development Alba Iulia, Romania, mai 2017;
4. A.-M. Anghel, F. Marinescu, M. Ilie, G. Ghiță, P. Ionescu, I. Mărcuș, C. Tociu, A. Moncea, M. Mițiu, I. Boaja, L. Laslo, D. Dumitru, **A.-F. Nicolae**, *Advanced processing of environmental data for establishing the ecological status of the Lower Danube water in terms of nutrients* - Prezentare orală, International U.A.B.-B.E.N.A. Conference Environmental Engineering and Sustainable Development Alba Iulia, Romania, mai 2017;
5. G. Poteraș, **A.-F. Nicolae**, D.-F. Dumitru, A. M. Moncea, M. V. Olteanu, M. S. Matei, *Research regarding the diagnosis of alkali-aggregate reaction (AAR) in hydraulic structures through advanced investigation* – Prezentare poster, Euroinvent - European Exhibition Of Creativity And Innovation, mai 2017;
6. **A.-F. Nicolae**, A.-St. Zamfir, L. Georgescu, Gy. Deak, M. Raischi, *Study regarding the riverbed morphological changes of the Danube River - Epurasu Branch* – Prezentare poster, 17th International Multidisciplinary Scientific GeoConference SGEM 2017, Albena, Bulgaria, iunie – iulie 2017;
7. C-tin Cirstinoiu, Gy. Deák, B. Uritescu, G. Tudor, **A.-F. Nicolae**, A.-St. Zamfir, T.M. Danalache, M. Olteanu, M. C. Raischi, *Assessment of hydromorphological and hydrodynamic alterations caused by anthropogenic interventions on the riverbed. Case study Danube Bala branch new bottom sill* – Prezentare poster, International Symposium GEOMAT - 2017, Iasi, Romania, noiembrie 2017;
8. **A.-F. Nicolae**, P. L. Georgescu, Gy. Deák, A.-St. Zamfir, G. Tudor, C-tin Cirstinoiu, B. Uritescu, M. C. Raischi, M. Olteanu; *Development of a bathymetric model for Danube Bala Branch-Old Danube bifurcation* – Prezentare orală; International Symposium GEOMAT - 2017, Iasi, Romania, noiembrie 2017.
9. G. Poteras, Gy. Deak, A. Daescu, **A-F Nicolae**, I. Burlacu, M. Raischi, M. Olteanu, *Innovative Devices of Eco-Electricity Production from Multiple Sources of Energy* – Prezentare orală și poster, ELSEDIMA International Conference, Cluj-Napoca, Romania, mai 2018.
10. G. Poteraș, **A.-F. Nicolae**, M. Boboc, E. Pană, C-tin Cîrstinoiu, C. Voiculeț, *The development of appropriate investigation procedures/methods for structures affected by Alkali-Aggregate Reactions (AAR)* - poster, Euroinvent, 10th European Exhibition of Creativity and Innovation, Iași, România, mai 2018;
11. G. Poteraș, Gy. Deák, **A.-F. Nicolae**, A.I Dăescu, I-F. Burlacu, V. Bădescu, D. Cociorva, M. Olteanu, *Innovative technologies for renewable energy production from integrated natural sources in complex installations -TEACHERS* - poster, Euroinvent, 10th European Exhibition of Creativity and Innovation, Iași, România, mai 2018;
12. M. Ilie, Gy.Deák, G. Ghiță, F. Marinescu, Al. Ivanov, **A.-F. Nicolae**, G. Tudor, I. Savin, C-tin Cirstinoiu, B. Urișescu, *Integrated assessment of the impact generated by pollutants on aquatic ecosystems using numerical modeling with specialized software*-poster, Euroinvent, 10th European Exhibition of Creativity and Innovation, Iași, România, mai 2018.

Lucrări prezentate la conferințe naționale

1. **A.-F. Nicolae**, P. L. Georgescu, M. Olteanu, Gy Deák, M. G. Boboc, *Comparative analysis regarding the influence of hydraulic structures on the Lower Danube riverbed, through numerical simulation* – Prezentare poster, Scientific Conference of Doctoral Schools from "Dunărea de Jos" University of Galați – Galați, România, iunie 2015;
2. **A.-F. Nicolae**, B. Urișescu, C. Cirstinoiu, Al. Petrescu, P.-L. Georgescu, *The influence of the hydrotechnical constructions geometry on the water velocity distribution* – Prezentare poster,

- Scientific Conference of Doctoral Schools from "Dunărea de Jos" University of Galati – Galați, România, iunie 2016;
3. **A.-F. Nicolae**, A.-St. Zamfir, L. Georgescu, G. Tudor, D.-F. Dumitru, M. Ilie, G. Ghiță, M. Raischi, *Study regarding the dispersion of water quality indicators in the Danube River* – Prezentare poster, Scientific Conference of Doctoral Schools from "Dunărea de Jos" University of Galati – Galați, România, iunie 2017;
 4. A.-St. Zamfir, **A.-F. Nicolae**, L. Georgescu, M. Rasichi, A. Daescu, M. Ilie, G. Ghita, *Study regarding hydraulic modeling of sediment transportation. Case study: Danube - Epurasu Branch* – Prezentare poster, Scientific Conference of Doctoral Schools from "Dunărea de Jos" University of Galati – Galați, România, iunie 2017;
 5. G. Tudor, Gy. Deák, B. Urișescu, C-tin Cîrstinoiu, **A.-F. Nicolae**, A. St. Zamfir, T. M. Dănălache, M.V. Olteanu, *Comparative analysis of hydrodynamic and hydromorphological parameters variation resulting from anthropic interventions on Lower Danube – Caleia Branch* – Prezentare poster, ISB-INMA TEH Agricultural and Mechanical Engineering, București, România, octombrie 2017;
 6. **A.-F. Nicolae**, Gy. Deák, G. Tudor, A. St. Zamfir, P.L. Georgescu, C-tin Cîrstinoiu, B. Urișescu, M.C. Raischi, T.M. Dănălache, A.I. Dăescu, A. Badilita, Al. Cristea, *Preliminary analysis of sediment transport in the context of the hydrotechnical constructions influence. Case study Branch Bala – Old Danube bifurcation* – Prezentare orală, ISB-INMA TEH Agricultural and Mechanical Engineering, Bucuresti, Romania, octombrie 2017.