

2.4 Modelarea numerică

2.4.1 Perioada Preconstrucție

În faza de preconstrucție a fost descrisă necesitatea de evaluare a impactului asupra populațiilor din apele de suprafață prin intermediul tehnicilor de modelare a habitatului. Scopul modelării numerice este acela de a furniza factorilor de decizie informații referitoare la modificările biologice și la impactul acestor modificări, astfel încât deciziile să fie luate ținând cont de potențialele efecte ecologice.

În general, tehnicile de modelare a habitatului au la bază următorii parametri:

- Caracteristicile morfologice: distribuția substratului, tipul, forma, stabilitatea, geometria - elevația locală a secțiunii transversale, rugozitatea patului albiei, porozitatea sedimentelor, batimetria, forma particulelor, profilul secțiunii transversale, stabilitatea șenalului navigabil sau a malurilor, sinuozitatea cursului de apă, definirea limitelor, utilizarea terenului din apropiere, permeabilitatea straturilor, geomorfologia, altitudine etc.;
- Caracteristici hidraulice: curgerea laminară/turbulentă, viteza locală, perimetrul de inundare, gradientul hidraulic vertical, turbulențe, viteza în secțiune transversală, adâncimea apei, varianta spațială a vitezei;
- Caracteristici hidrologice: debitul de bază, maxime și minime, durata, perioadele secetoase, variațiile zilnice, sezoniere, interanuale ale debitelor, regimul de inundație și secetă, frecvență, magnitudine, variabilitate sezonieră, precipitații, temperatura medie, maximă și minimă;
- Dimensiunea zonei de evaluat: picohabitat, microhabitat, mezohabitat și macrohabitat sau la nivel de regiune;
- Alți factori: temperatura apei, luminozitate, calitatea apei (regim de oxigen, pH, conductivitate, substanțe toxice, nutrienți), tipul și cantitatea de materii în suspensie.

Rezultatele modelării și limitările acesteia sunt date de integrarea datelor în indici, analize temporale și distribuția spațială a calității habitatului. Dintre factorii limitatori ai modelării se pot enumera: costurile și timpul necesar colectării datelor, date insuficiente sau insuficient de precise, interacțiunile biologice nu pot fi modelate (exemplu interacțiunea cu ecosistemele terestre), impactul uman direct sau indirect (exemplu: pescuitul).

În faza de preconstrucție au fost descriși cei mai importanți parametri care sunt luați în considerare în modelarea numerică:

- Viteza apei - este cel mai important parametru. Dezvoltarea noilor echipamente face posibilă colectarea simultană a mai multor date (poziție, adâncime, viteză).
- Forfecarea (stresul tangențial) mișcarea apei determină în anumite zone ale patului albiei sau ale malurilor antrenarea acestora. Aceasta depinde de densitatea apei, gravitație, gradient hidraulic.
- Adâncimea apei.

- Debitele de apă.
- Materiile în suspensie și fluxul de sedimente transportate în unitatea de timp printr-o secțiune.
- Dimensiunea particulelor din substrat.

Inițial au fost trecute în revistă o serie de tipuri de programe de evaluare a habitatelor, printre care: MIKE habitat module; PHABSIM; RHABSIM (*river habitat simulation*); RHYHABSIM (*river hydraulic habitat simulation*); EVHA (*evaluation of habitat*); CASIMIR; RSS (*river simulation system*); FLUENT; FIDAP; STAR CD; 3D CFX; FLOW 3D; COCIRM; CH3D; TABS; TELEMAR; SSIIM (*Sediment Simulation in Intakes with Multiblock*).

Deltares a dezvoltat programul de modelare numerică *Delft3D*, care simulează 2D și quasi-3D debitul, transportul sedimentelor, morfologia cursului de apă, calitatea apei și ecologia. *Delft3D* este utilizat pentru modelarea fenomenelor naturale, dar și pentru cele antropice. Pachetul este format din componente testate și validate, precum FLOW (Hydrodynamics), MOR (Morphology), WAVE, WAQ (Water quality), SED (Sediment transport), ECO (Ecology), PART (Particle tracking).

Analiza preliminară și construcția rețelei de discretizare

În primele 2 luni ale fazei de pre construcție a fost analizată topologia modelului de discretizare a zonei ce va fi modelată 3D. În acest scop, modelul a fost divizat în mai multe subdomenii, fiecare caracteristic pentru fiecare braț al Dunării. Frontierele acestor subdomenii sunt localizate în punctele de bifurcație pe diversele brațe. Celulele de discretizare analizate au fost de tip poliedric, cu fețe patrulate.

Au fost analizate preliminar cerințele impuse gridurilor/rețelelor astfel generate, cerințe necesare realizării calculului hidrodinamic: ortogonalitate, rata unor modificări de dimensiuni și de direcție (netezime, curbura), raportul între discretizări pe diferite direcții. Specialiștii Deltares au precizat că pentru analiza calității rețelei de calcul sunt importante mai ales ortogonalitatea și netezimea rețelei. Unghiurile dintre liniile rețelei ar trebui să fie foarte apropiate de 90 de grade (valoarea cosinusului unghiului mai mică de 0,03).

În ceea ce privește modelarea numerică efectuată în perioada de pre construcție, acest au fost analizate volumele informaționale, au fost construite rețele de discretizare și sau fost realizate simulări ale dimensiunii elementelor/celulelor pentru două prime subdomenii: brațul Bala și Dunărea Superioară (între Izvoarele și intrarea pe brațul Bala). De asemenea, au fost efectuate teste preliminare pe baza volumelor informaționale deținute și la alte puncte critice.

Inițial, pentru brațul Bala a fost testat în luna a doua a perioadei de pre construcție o rețea de discretizare cu 25000 de celule pentru acoperirea canalului principal/albia minoră și respectiv de 46000 de celule pentru albia majoră (excluzând cursul principal deja analizat). După câteva teste preliminare s-a reușit ca - într-o proporție de 96% - să fie acoperite cele 3 criterii impuse unei rețele de discretizare conforme. Cele mai mari probleme au apărut în zonele în care brațul Bala prezintă o curbura (inflexiune) foarte pronunțată, zonă pentru care s-a utilizat un model utilizând celule/elemente finite de mici dimensiuni. Celule de dimensiuni comparabile au fost utilizate și pentru modelarea zonei în care va fi realizat pragul de fund.

În luna a 3-a din cadrul perioadei de pre construcție au fost demarate activitățile necesare pentru dezvoltarea rețelei de discretizare pentru sectorul din Dunărea Superioară cuprins între Călărași și bifurcația de la intrarea pe brațul Bala și au fost efectuate testări la celelalte puncte critice. După câteva teste preliminare, s-a reușit și pentru acest subdomeniu să se realizeze o rețea cu aproximativ 42000 de celule pentru acoperirea albiei majore și respectiv de 67000 de celule pentru acoperirea zonei adiacente acesteia - lunca inundabilă, până la nivelul digurilor de apărare, aceste date fiind informative dar utile pentru construirea modelelor 3D. În această situație au fost îndeplinite în proporție de peste 93% cele 3 criterii impuse unei rețele de discretizare conforme, ceea ce a confirmat corectitudinea planului de lucru conceput.

O altă operație, începută în cea de a treia lună a perioadei de pre construcție, a constat în proiectarea - prin utilizarea tehnicilor GIS - a tuturor caracteristicilor hidraulice relevante și a celor morfologice peste rețelele astfel create. Acestea au inclus în principal: topografia patului albiei Dunării, compoziția acestuia, coeficienții de rugozitate hidraulică, care pentru zona inundabilă s-au bazat pe datele CLC - *Corine Land Cover* (acoperirea terenului cu vegetație), precum și structuri hidraulice - în special diguri longitudinale de apărare.

Această operație s-a realizat analitic prin corelarea automată dintre coordonatele centrelor elementelor (celule) ale rețelelor de interpolare și informația georeferențială în același sistem de coordonate privind caracteristicile hidraulice și morfologice enunțate.

O operație care a necesitat un mare volum de analiză precum și calcule laborioase a fost proiectarea/suprapunerea datelor de batimetrie peste celulele rețelei de elemente finite. Datele de batimetrie - obținute prin utilizarea celor 2 tehnici - *multi-beam* și respectiv *single-beam* - au fost interpolate în mai multe etape succesive pentru a putea în final atribui fiecărei celule a rețelei valoarea cotei absolute - în sistem Stereo 70 MNS - a patului albiei Dunării.

Toate aceste elemente de configurare și de realizare a modelului 3D pentru cele două subdomenii luate în considerare au fost realizate în strânsă colaborare cu experții în modelare de la Boku, Vituki și Deltares. Toate datele au fost transmise între parteneri prin intermediul unui FTP creat special în vederea transmiterii de informații în timp real.

Deoarece albia minoră și albia majoră a Dunării au configurații complexe, rețeaua de calcul a fost construită în mai multe etape, prin operații succesive pentru a include condițiile particulare care determină structura curgerii în diferite zone. Mai întâi sunt luate în considerare unele elemente caracteristice pentru sectorul fluviului și pentru situațiile studiate: gama de debite, domeniul curgerii apei, brațele principale, cu ramificațiile și confluențele lor, elemente particulare de pe brațe, configurația albiei fluviului.

În figurile de mai jos sunt prezentate exemple de elemente particulare ale domeniului curgerii de care se ține seamă la construirea rețelei. Totodată, este prezentat un exemplu de rețea de calcul care urmărește traseul unui braț al fluviului (brațul Bala).

Proiect: MONITORIZAREA IMPACTULUI ASUPRA MEDIULUI A LUCRĂRILOR DE ÎMBUNĂTĂȚIRE A CONDIȚIILOR DE NAVIGAȚIE PE DUNĂRE ÎNTRE CĂLĂRAȘI ȘI BRĂILA, km 375 și km 175

RAPPORT FINAL

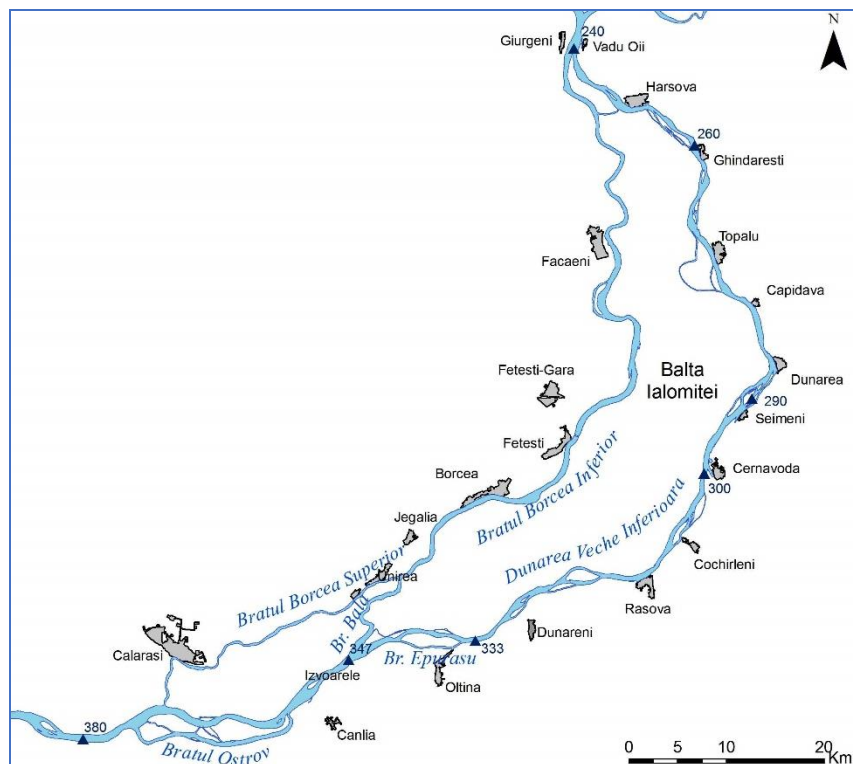


Figura 2.4.1. Elemente particulare de configurație ale brațelor Dunării dintre Călărași și Hârșova, de care se va ține seamă pentru construirea rețelei de calcul

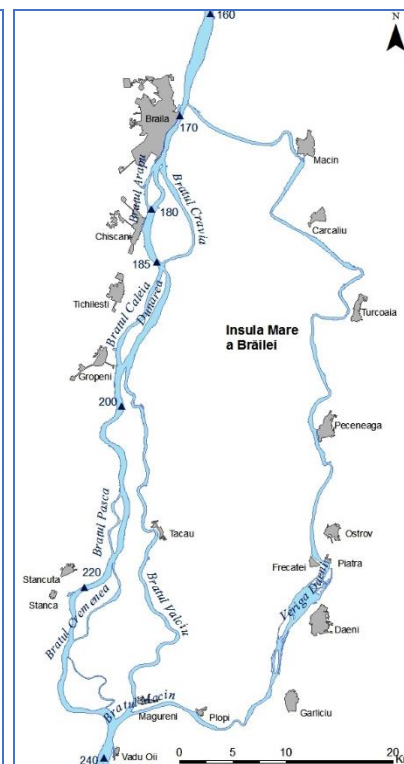


Figura 2.4.2. Elemente particulare de configurație ale brațelor Dunării dintre Hârșova și Brăila, pentru construirea rețelei de calcul

Proiect: MONITORIZAREA IMPACTULUI ASUPRA MEDIULUI A LUCRĂRILOR DE ÎMBUNĂTĂȚIRE A CONDIȚIILOR DE NAVIGAȚIE PE DUNĂRE ÎNTRE CĂLĂRAȘI ȘI BRĂILA, km 375 și km 175

RAPORT FINAL



Figura 2.4.3. Elemente particulare de configurație în zona Bala, pentru construirea rețelei de calcul

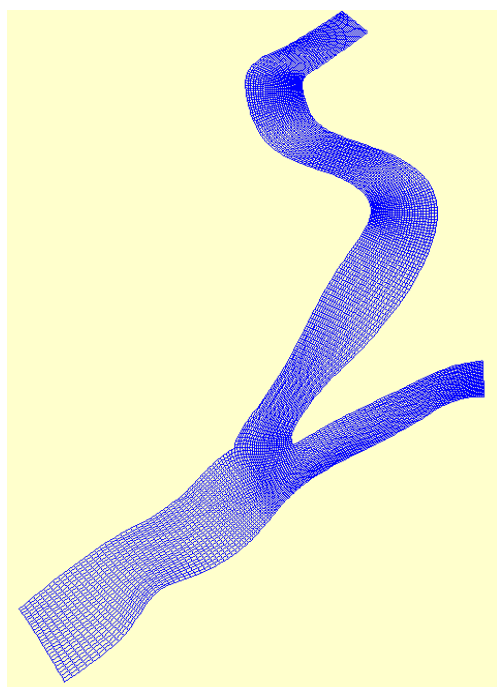


Figura 2.4.4. Rețea de calcul în zona Bala

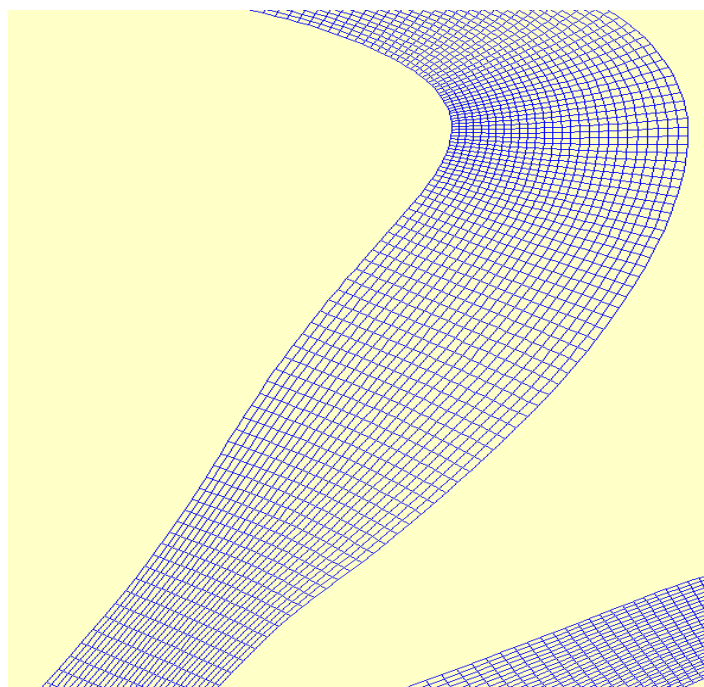


Figura 2.4.5. Rețea de calcul în zona Bala - vedere de detaliu

Pentru adaptarea rețelei de calcul la configurația albiei fluviului și a domeniului de curgere, a fost necesară o tratare echilibrată, ținând seamă de diferite aspecte, precum:

- structura curgerii este influențată de configurația albiei minore și a albiei majore;
- o rețea de calcul ar trebui să includă elementele de interes pentru studiu;
- rezultatele programului de calcul depind într-o anumită măsură de rețeaua de calcul;
- o rețea de calcul foarte deasă sporește foarte mult durata calculului;
- configurația neuniformă a albiei naturale a Dunării necesită o rețea de calcul densă;
- brațele și unele elemente locale trebuie să fie incluse în calcul cât mai adecvat.

În figurile care urmează sunt prezentate exemple de caracteristici ale unei rețele de calcul. Analiza acestor caracteristici, folosind instrumentele pachetului software *Delft3D*, permite îmbunătățirea succesivă a rețelei în unele zone considerate critice din punct de vedere al configurației geometrice. Operațiile de modificare a rețelei de calcul pot conduce către rezultate diverse. De aceea, este nevoie de multă grijă pentru a păstra pe cât posibil îmbunătățirile obținute prin operații anterioare de rafinare a rețelei. Folosind rețeaua de calcul construită, au fost introduse în calcul datele privind condițiile la intrarea pe sectorul studiat și la ieșirea din acesta și au fost obținute rezultate în diferite zone intermediare. De aceea, a fost necesar ca rețeaua de calcul să includă secțiunile sau punctele necesare pentru specificarea datelor de intrare și pentru obținerea rezultatelor necesare pentru studiu.

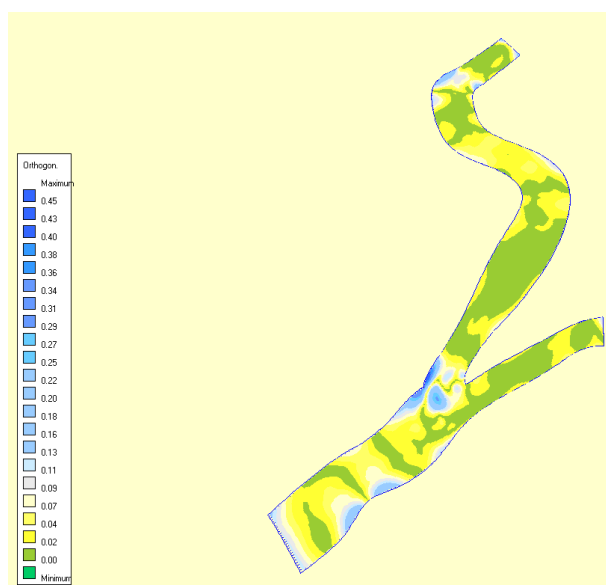


Figura 2.4.6. Analiza ortogonalității pentru rețea de calcul în zona Bala

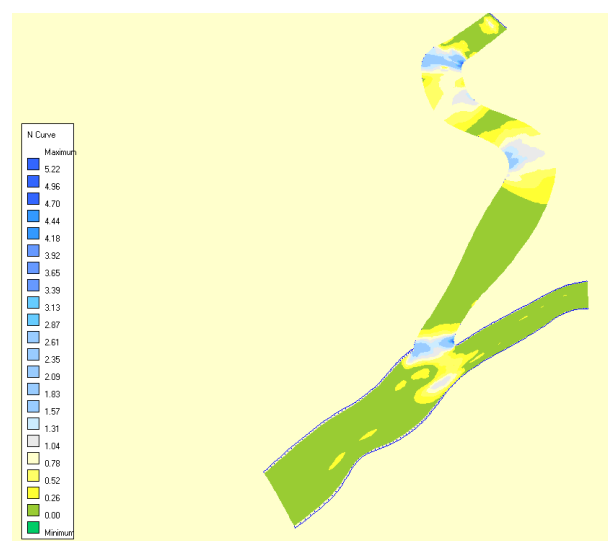


Figura 2.4.7. Analiza curburii pentru rețea de calcul în zona Bala

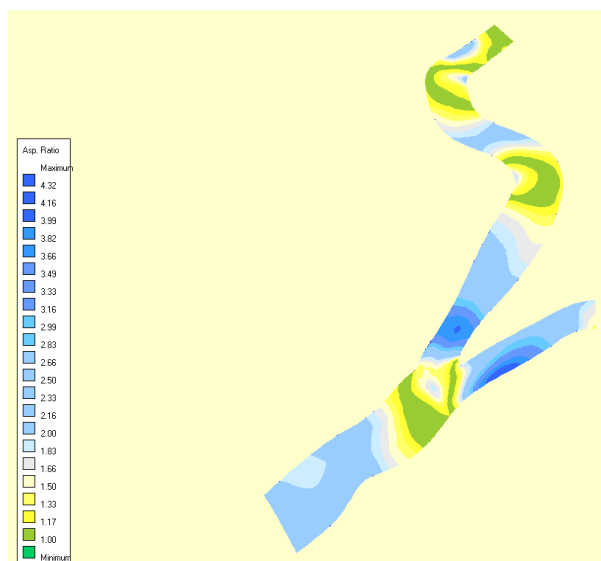


Figura 2.4.8. Analiza raportului între discretizări pe diferite direcții pentru rețea de calcul în zona Bala

O altă etapă de îmbunătățire a rețelei s-a bazat pe rezultatele calculelor, care vor arăta în ce zone sunt necesități de configurare detaliată a rețelei și a unor date. Deltares precizează că pentru arii cu particularități hidrodinamice deosebite care prezintă importanță pentru studiu ar trebui o rețea locală de cel puțin 1/5 sau 1/10 din dimensiunea la care apare fenomenul respectiv. Pentru asemenea modificări și adaptări ale rețelei s-au avut în vedere ramificațiile și ariile unde calculele au indicat fenomene de circulație complexă a apei.

Trebuie menționat faptul semnificația variabilei “*depth*” nu este cea de adâncime, ci de cota absolută (raportată la cota MNS - Marea Neagra Sulina) a fundului albiei Dunării - valori batimetrice obținute prin interpolare la nivelul celulelor respective.

Construirea modelului geometric

Construirea modelului 3D are la bază datele batimetrice pe brațele Dunării:

- datele istorice disponibile privind secțiunile transversale, pe Dunăre și brațele sale de pe întregul sector
- datele batimetrice obținute în cadrul proiectului în zonele punctelor critice, cu densitate mare.

Acestea contribuie la reprezentarea geometriei albiei Dunării și a brațelor sale. Introducerea debitelor și nivelelor în model, punerea în funcțiune a modelului și calibrarea preliminară pornesc de la datele provenite din stațiile hidrometrice de pe Dunăre și brațele care formează sectorul studiat:

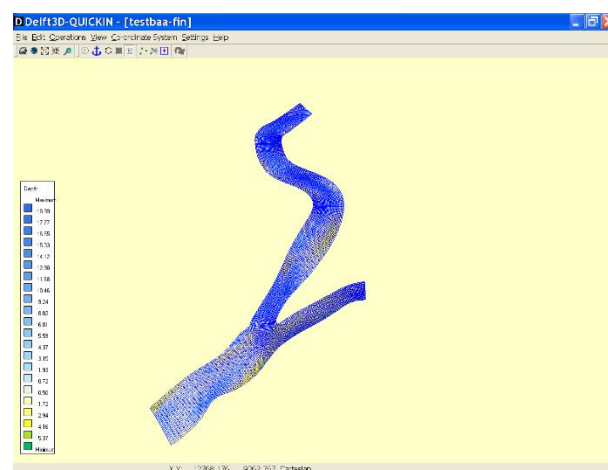


Figura 2.4.9. Rețea de calcul în zona Bala cu date batimetrice

- cheile limnimetrice multianuale la stațiile hidrometrice;
- seriile de nivele înregistrate la stațiile hidrometrice pe o perioadă de mai mulți ani, inclusiv anii cu nivelele înregistrate cele mai scăzute și cei cu nivelele înregistrate foarte înalte;
- date referitoare la distribuția debitelor pe brațe.

Au fost necesare datele de la stațiile hidrometrice din amonte, aval și din zona de mijloc a sectorului și de pe brațele principale, pentru a fi posibil să se obțină un model care să reflecte condițiile existente ale curgerii apei pe Dunăre și pe brațele principale.

Pentru calibrarea corespunzătoare situației actuale și validarea modelului pentru această situație, se utilizează datele recente de la stațiile hidrometrice și din zonele punctelor critice:

- debitele măsurate în ultimul an la stațiile hidrometrice de pe întregul sector și cheile limnimetrice
- debitele măsurate în apropierea punctelor critice
- seriile de nivele ale apei măsurate la stațiile hidrometrice.

Deoarece în anul 2011 nivelele înregistrate ale apei au fost mai ales în zona valorilor scăzute și chiar extrem de scăzute, aceste date au fost foarte utile, dar nu au furnizat informații pe un interval suficient pentru model. A fost necesar să fie adăugate datele care au urmat a fi măsurate în anul 2012, pentru a acoperi intervalele normale de nivele ale apei pe Dunăre.

Modelele 3D generale existente au particularități determinate de problemele pentru care au fost construite și dezvoltate. Ele au fost perfecționate și completate cu noi module de către echipele care le-au elaborat, dar sunt departe de a acoperi complet categoriile de probleme ale corpurilor de apă. Pe de altă parte, sectorul studiat al Dunării are o configurație foarte complexă și cuprinde multe brațe, iar rețeaua hidrometrică existentă la nivelul perioadei de pre construcție este la minimum necesar.

Din aceste motive, realizarea unui model 3D al sectorului studiat a reprezentat mai întâi o problemă științifică, de modelare conceptuală în limite rezonabile a problemelor cercetate, ținând seamă de cunoștințele și posibilitățile actuale, apoi o problemă de construire efectivă a modelului, folosind software adecvat, cu date reprezentative pentru diferite porțiuni ale sectorului și cu parametri estimați pe baza datelor și cunoștințelor de specialitate.

În etapa de pre construcție a fost precizat faptul că pe parcursul proiectului este posibil ca datele care vor fi măsurate să conducă la constatarea că elementele necesare studiului pot fi furnizate mai adecvat de pachete software care tratează mai bine câte o categorie de probleme.

Colectarea și analiza datelor

În vederea dezvoltării modelului 3D a fost necesară configurarea unui model hidrodinamic și a unui model al transportului de sedimente. Modelul hidrodinamic a fost utilizat pentru evaluarea influențelor pe care le au diversele scenarii asupra principalilor parametri hidrodinamici cum ar fi: nivelele și adâncimile apei, vitezele și debitele curgerii și pentru extragerea parametrilor de proiectare ai structurilor ce vor fi implementate. Modelul de transport al sedimentelor a utilizat rezultatele modelului hidrodinamic și a fost utilizat în estimarea

influenței măsurilor asupra transportului de sedimente și în general asupra modificărilor morfologice asupra Dunării.

Datele ce au fost pregătite pentru dezvoltarea, calibrarea și rularea modelului 3D sunt după cum urmează:

1. Date necesare pentru stabilirea comportării tipice a Dunării.
 - Cheia limnimetrică pentru o stație hidrometrică localizată la extremitatea din aval a zonei modelate, utilizată pentru definirea condiției la frontiera din extremitatea aval a modelului. Această cheie limnimetrică a fost construită pentru o perioadă istorică de 40 de ani.
 - Debitele istorice pentru o stație localizată în extremitatea amonte a zonei modelate, date utilizate pentru definirea condiției la frontiera din extremitatea din amonte a modelului. Debitele istorice corespund stației hidrometrice Chiciu-Silistra Călărași și se referă la perioada 1970 - 2011.
 - Distribuția procentuală istorică între diferitele brațe ale Dunării în funcție de debitul total.
 - Setul de date istorice privind topografia patului fluviului, date ce vor fi utilizate la definirea tendințelor privind morfologia Dunării.
 - Informații privind transportul de sedimente pentru diferite debite ale scurgerii apei.
 - Informații privind volumele dragate, zonele în care s-au executat lucrări de dragare precum și zonele de depozitare a materialului dragat.
2. Date recente - necesare pentru calibrarea hidrodinamica a modelului:
 - Debitele într-o stație hidrometrică situată în extremitatea din amonte a zonei modelate - stația hidrometrică Chiciu-Silistra Călărași.
 - Nivelul apei - corespunzător acestor debite - măsurat într-o stație hidrometrică din extremitatea aval a zonei modelate.
 - Nivelul apei la stații hidrometrice disponibile situate de-a lungul cursului principal și pe brațele secundare ale Dunării.
 - Distribuția procentuală corespunzătoare perioadei analizate între diferitele brațe ale Dunării în funcție de debitul total din stația hidrografică din amonte - Chiciu-Silistra Călărași.
3. Setul de date pentru validare (hidrodinamică), similar setului de date de calibrare, însă diferit raportat la timp.
4. Setul de date de calibrare (morfologie) va fi dedus prin analiza tendinței nivelului patului albiei.
5. Poligoane reprezentând tipul de vegetație: shapefile-uri de tip poligon ce identifică diferite tipuri de vegetație în albia majoră. Aceste date vor fi folosite pentru a determina coeficienții de rugozitate ai albiei majore.
6. Informații despre compoziția sedimentelor de pe patul albiei.
7. Informații despre existența stratului fixat (ne-erodabil) de pe patul albiei.
8. Informații despre protecțiile de maluri existente, obstacole, structuri hidraulice etc.
9. Informații despre debitele ce intră sau ies din zona modelată.
10. Date despre calitatea apei.

11. Informații de monitorizare a calității apei: temperatura, sedimente în suspensie, oxigen dizolvat, azot și fosfor.
12. Informații de monitorizare a calității apei legate de concentrațiile aflate la limita din amonte.
13. Informații cantitative legate de debitul apei menajere - volum și încărcare.
14. Informații de monitorizare a calității apei în zona de studiu, în scopuri de validare și calibrare a modelului.
15. Sustenabilitatea habitatului, nu sunt strict necesare la începutul proiectului, însă necesar după începutul setării modelului de habitat.
16. Reguli de calcul pentru toate variabilele ecologice relevante în zona de studiu.
17. Informații obținute prin monitorizare legate de toate variabilele ecologice pentru a valida regulile de calcul implementate în modelul Habitat.
18. Relația dintre variabilele de mediu și Indexul de Sustenabilitate a Habitatului (HIS); acesta trebuie calculat pe o scară de la 0 la 1, înainte de implementare în modelul 3D.

2.4.2 Perioada de Construcție

Punctul critic 01

În vederea realizării modelării 3D în zona PC01, în perioada de pre construcție s-au întreprins următoarele activități:

- achiziționarea, completarea, integrarea, structurarea și analiza decizională a volumului informațional inițial existent referitor la modelarea 3D a Dunării pe sectorul de interes al proiectului;
- realizarea campaniei de măsurători batimetrice prin tehnicile single-beam și multibeam;
- realizarea de măsurători hidrometrice periodice, la diferite cote ale Dunării, privind debitul și viteza apei;
- preluarea datelor necesare modelării 3D din bazele de date istorice, analiza critică și procesarea acestora, livrarea datelor către partenerii din cadrul Consorțiului, în formatele necesare introducerii acestora în programele de modelare 3D.

Analiza ariei corespunzătoare PC01 din punct de vedere al modelării numerice a fost realizată utilizând pachetele software **RSim-3D** și **Delft3D**.

A. Modelare numerică realizată prin utilizarea programului RSim-3D

Experții de la BOKU au analizat în detaliu zona PC01, pe baza seturilor de date de la INCDPM. Prin modelare numerică, aceștia au urmărit atingerea următoarelor obiective:

- predicția și analiza impactului construcțiilor;
- determinarea parametrilor hidraulici: viteze, nivele ale suprafeței apei, mărimi referitoare la turbulență, eforturi la nivelul albiei;
- analiza efectelor parametrilor hidraulici asupra migrației peștilor;
- evaluarea transportului sedimentelor: concentrații de sedimente în suspensie, transport la nivelul albiei;

- calibrarea și validarea modelului 3D.

Modelele numerice avute în vedere sunt următoarele:

- RSim-3D** - utilizează o rețea de calcul bazată pe celule poliedrice, predominând cele hexagonale. Ecuațiile sunt rezolvate prin metoda volumului finit. Modelul include mărimi pentru caracterizarea turbulenței și ecuațiile corespunzătoare și poate fi aplicat pentru simularea curgerii permanente sau curgerii nepermanente a apei. Eventuale limitări pot să decurgă din modelarea turbulenței și din discretizarea domeniului de calcul.
- iSed** - pentru calculul transportului sedimentelor. Acesta preia distribuțiile de valori ale parametrilor curgerii de la modelul hidrodinamic. Transportul sedimentelor în suspensie și transportul sedimentelor la nivelul albiei sunt tratate separat. Modelul ia în considerare transportul sedimentelor neuniforme, procese de sortare și morfodinamice, cu mai multe straturi în patul albiei.
- HEM** - pentru modelarea habitatului. Astfel, sunt avute în vedere valori măsurate sau calculate ale vitezelor de curgere, ale adâncimii apei, precum și influențe ale parametrilor hidraulici și morfologici asupra organismelor acvatice.

Etapele de construire a modelului au cuprins: crearea modelului digital al terenului; crearea unei rețele de calcul și precizarea condițiilor la limită în secțiunile de intrare și de ieșire; precizarea valorilor inițiale ale rugozității; specificarea opțiunilor pentru calcul și pentru convergență; calibrarea modelului 3D; validarea modelului 3D; calibrarea și validarea modelului transportului sedimentelor.

❖ *Stabilirea rețelelor de calcul și pregătirea modelului hidrodinamic RSim-3D pentru punctele critice principale 01 și 02*

Au fost pregătite rețele de calcul până la nivelul malurilor, pentru ariile studiate de la punctele critice 01 și 02 (elemente cu mărimi între 4 - 28 m). Straturile stabilite pe verticală se află la distanțe mai mari unul de altul în partea de mijloc dintre albie și suprafața apei. Grosimile straturilor sunt mai mici în apropierea malurilor decât în partea adâncă a albiei.

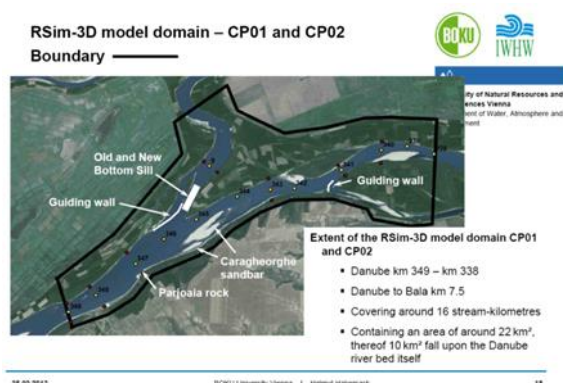


Figura 2.4.10 Domeniul de calcul considerat la BOKU pentru PC01 și PC02

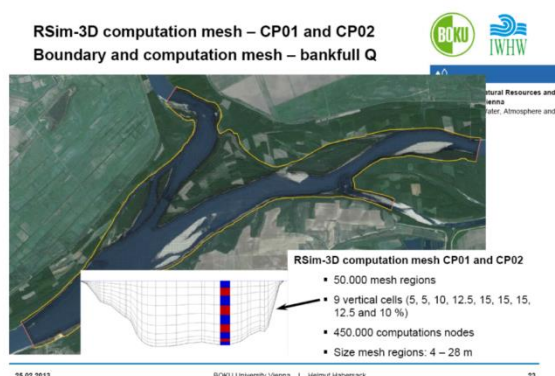


Figura 2.4.11. Rețea de calcul până la nivelul malurilor și straturi stabilite pe verticală, pentru PC01 și PC02

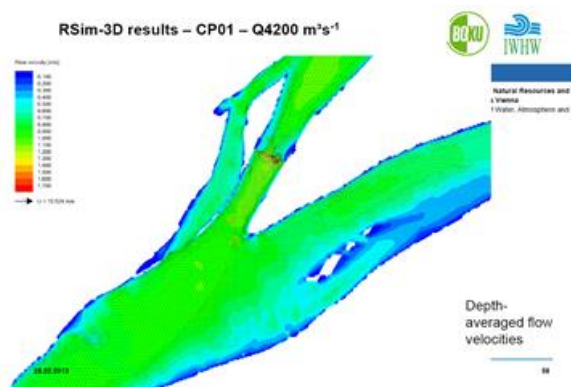


Figura 2.4.12. Viteze ale apei calculate la bifurcația Bala, la debit de 4200 m³/s

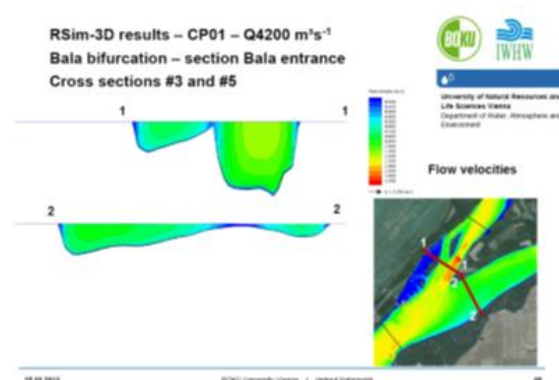


Figura 2.4.13. Viteze ale apei calculate în secțiuni transversale la bifurcația Bala, la debit de 4200 m³/s

Folosind linii ale rețelei de calcul, au fost precizate secțiunile de intrare a apei și de ieșire din domeniul de calcul. Condițiile la limită utilizate constau în specificarea debitului la intrare și a nivelului apei la ieșirile de pe brațe. Modelul RSim-3D pentru PC01 și PC02 a furnizat distribuții de viteze și distribuții ale nivelului apei în situații cu diferite debite.

Totodată, au fost studiate efectele construcțiilor asupra parametrilor hidraulici, pentru debite de 7150 m³/s, 5530 m³/s, 3840 m³/s, 1940 m³/s pe Dunărea Veche amonte de Bala, fiind astfel analizate nivelele apei, vitezele în diferite straturi, eforturile generate de curenții de apă la nivelul albiei și alte mărimi. Rezultatele modelului arată unele creșteri ale nivelului apei pe Dunărea Veche datorită construcțiilor în etapa III a pragului de fund.

Pentru modelarea habitatului, au fost realizate reprezentări ale distribuțiilor de viteze ale apei, pe baza rezultatelor simulărilor la diferite debite.

În plus, față de etapa III a pragului de fund, modelul RSim3D a fost rulat și pentru o situație a curenților de apă și mai îndepărtată de cea fără construcții pentru care a fost calibrat modelul.

❖ Simulări cu modelul RSim-3D pentru zona punctelor critice 01 și 02

Au fost realizate simulări numerice pe un domeniu de calcul care conține albia minoră și arii eventual acoperite la debite mai mari, de până la 12000 m³/s. La punctele critice 01 și 02, în domeniul de discretizare au fost incluse zonele construcțiilor.

Calibrarea modelului folosind date pentru situația dinaintea execuției lucrărilor a permis compararea valorilor debitelor din model cu cele măsurate pe brațele principale, iar corespondența valorilor a fost prezentată grafic (figura 2.4.15).

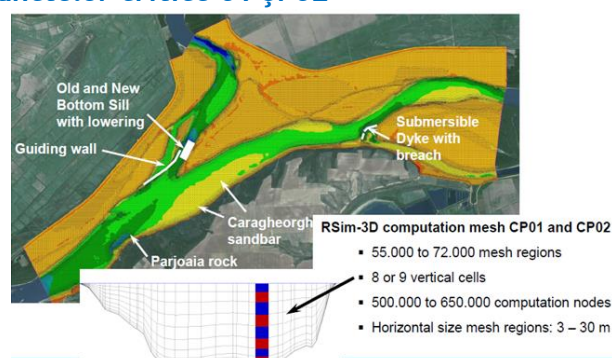


Figura 2.4.14. Rețeaua de calcul pentru modelul RSim-3D

Rezultatele simulărilor cu prag de fund în etapa III și alte construcții în zona Bala au fost comparate cu rezultatele pentru situațiile dinaintea execuției construcțiilor. Pentru situația cu prag de fund în etapa III, este menționată o diferență de circa 15 cm a nivelului apei în amonte și în aval de prag. În ceea ce privește curgerea apei la prag, au fost obținute viteze maxime la suprafață de 2,4 - 2,8 m/s și viteze maxime la fund de circa 1,5 - 2,2 m/s.

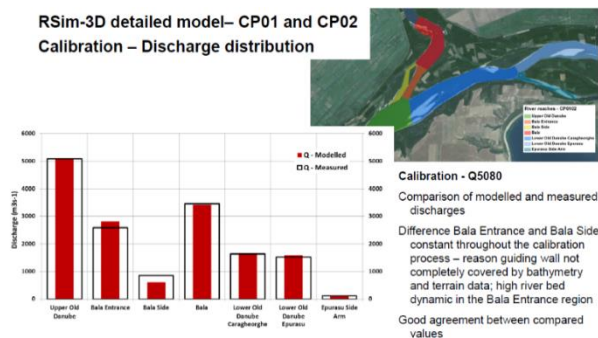


Figura 2.4.15. Comparație între valorile din modelul numeric și valori măsurate ale debitelor pe brațe

Rezultatele finale sunt asemănătoare cu situația dinaintea execuției construcțiilor.

Tabel 2.4.1. Observații - Situația cu prag de fund în etapa III

Debit	Observații - Situația cu prag de fund în etapa III
3840 m ³ /s	La prag au fost obținute viteze maxime de 2,4 - 3 m/s - la suprafață și de 1,5 -2,2 m/s - la nivelul albiei
5530 m ³ /s	La prag au fost obținute viteze maxime de 2,3 - 2,9 m/s - la suprafață și de 1,3 -2,2 m/s - la nivelul albiei
7150 m ³ /s	La prag au fost obținute viteze maxime de 2,5 - 2,9 m/s - la suprafață și de 1,5 -2,2 m/s - la nivelul albiei. A fost precizat un interval estimat de 5 - 10 cm pentru creșterea nivelului apei pe Dunărea Veche
10600 m ³ /s	La prag au fost obținute viteze maxime de 2,3 - 2,5 m/s - la suprafață și de 1,2 -2,3 m/s - la nivelul albiei.

Utilizând rezultatele simulărilor cu modelul RSim-3D, specialiștii de la BOKU au estimat creșteri de circa 1 - 3% ale procentului de debit pe Dunărea Veche, la debite medii spre mari, în situația cu prag de fund în etapa III, față de situația dinaintea execuției construcțiilor.

❖ Modelarea efectelor lucrărilor hidrotehnice asupra condițiilor pentru navigație pe Dunărea Veche

După cum arată estimările obținute prin simulare numerică pentru cazul cu prag de fund la etapa III, cele mai mici adâncimi calculate ale apei, care apar la debitul amonte cel mai scăzut introdus în calcule, de 1940 m³/s în amonte de bifurcație, sunt sub 2,5 m pe arii importante de pe Dunărea Veche în aval de bifurcație. Rezultatele privind adâncimile pe Dunărea Veche în aval de bifurcație sunt aproape asemănătoare în cazul variantei cu prag de fund la cota 0. Adâncimile obținute prin calcule în cazul pragului de fund cu strat acoperitor, în care se iau în considerare dragajele sunt mai mari. Totuși din model tot au rezultat arii importante cu adâncimi sub 2,5 m pe Dunărea Veche în aval de bifurcație.

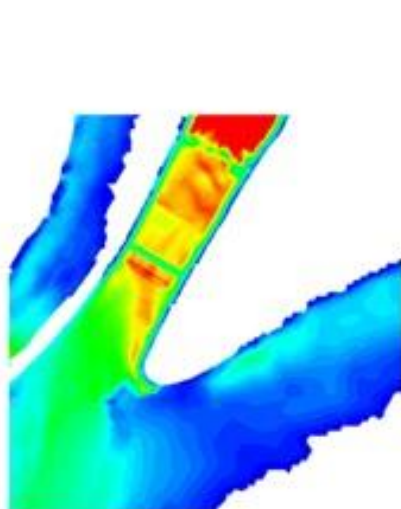


Figura 2.4.16. Adâncimi ale apei PC01, Q=1940 m³/s - varianta prag de fund la etapa III

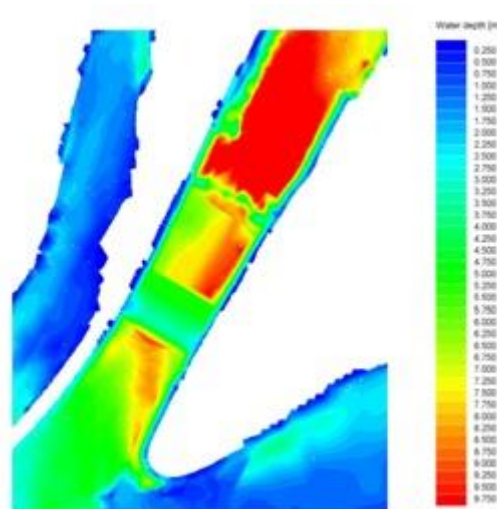


Figura 2.4.17. Adâncimi ale apei PC01, Q=1940 m³/s - varianta prag de fund la cota 0

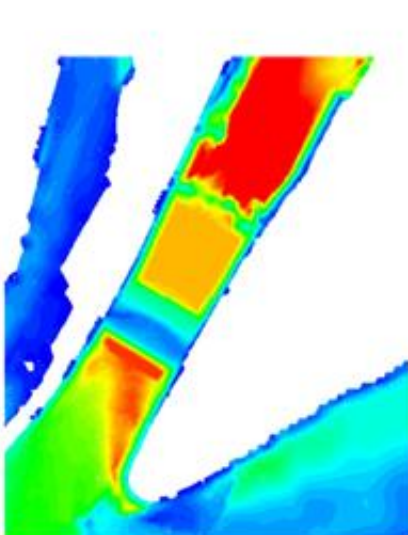


Figura 2.4.18. Adâncimi ale apei PC01, Q=1940 m³/s - varianta prag de fund cu strat acoperitor

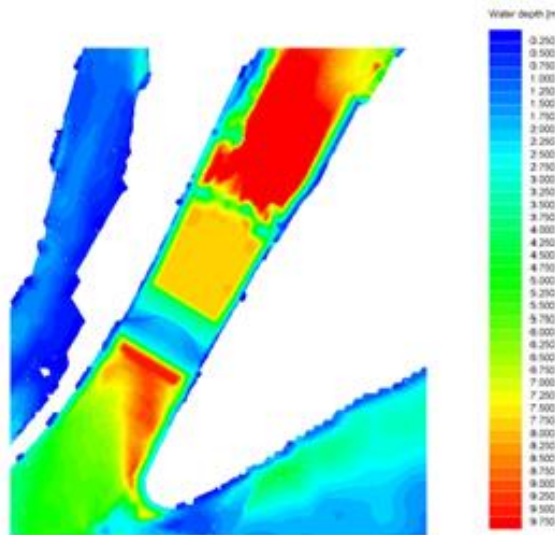


Figura 2.4.19. Adâncimi ale apei PC01, Q=1940 m³/s - varianta prag de fund cu strat acoperitor și dragaje

Totodată, rezultatele simulărilor cu modelul RSim-3D arată și efecte locale în zona pragului de fund de pe Bala, referitoare în principal la viteze de curgere a apei. Din distribuțiile de valori calculate, s-a observat că aceste viteze mai mari la prag nu apar în aval pe brațul Bala, ci numai unde se află reprezentarea pragului de fund în cadrul modelului.

Potrivit specialiștilor de la BOKU, un prag de fund la cota 0 ar putea fi doar un prim pas în vederea stabilizării albiei pe Bala și sunt necesare măsuri în continuare care să fie studiate luând în considerare efectele pentru navigație pe Dunărea Veche, efectele hidraulice la prag, influența asupra migrației sturionilor, cu atenție deosebită pentru condițiile de navigație în perioade cu debite scăzute pe Dunăre.

❖ Activități de modelare RSim-3D - Situația cu prag de fund la etapa III cu carapace

Modelul terenului a fost ajustat pe baza datelor referitoare la structurile hidrotehnice de la PC01. Rețeaua de elemente pentru calcul a fost pregătită mai detaliat luând în considerare structurile construite sau cele ce urmează a fi finalizate, și anume: configurația pragului de fund (cu carapace), digul de dirijare și apărarea de mal.

Rezultatele modelării hidrodinamice RSim-3D pentru pragul de fund la etapa III (cu carapace) se referă la situația cu debit de 1940 m³/s la Izvoarele. Au fost prezentate rezultatele furnizate de model în ceea ce privește suprafața apei, precum și diferențele față de situația de referință. Vitezele de curgere au fost prezentate prin distribuții de viteze la suprafața apei și la patul albiei. Totodată, pe baza rezultatelor simulării numerice, au fost prezentate diferențe de viteze estimate. Distribuțiile de viteze calculate au permis reprezentarea rezultatelor în raport cu diferite valori, cea mai importantă fiind cerința de adâncime pentru navigație (figura 2.4.22).

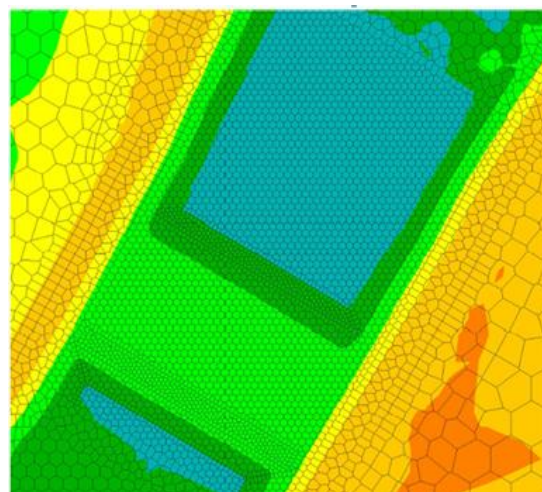


Figura 2.4.20. Detalii ale rețelei de elemente pregătite pentru etapa III a pragului de fund (cu carapace) de la PC01 - prag de fund Bala

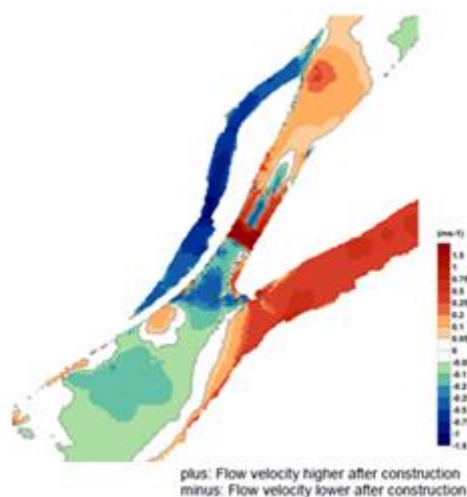


Figura 2.4.21. Distribuția vitezelor apei, Q=1940 m³/s - pragul de fund la etapa III cu carapace

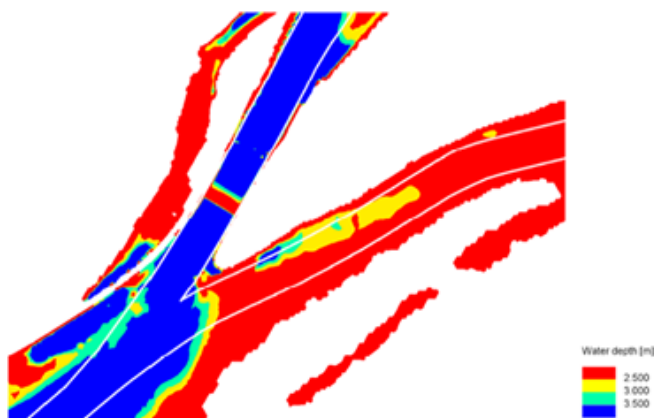


Figura 2.4.22. Adâncimi ale apei pentru navigație, Q=1940 m³/s - pragul de fund la etapa III cu carapace

❖ *Activități de modelare RSim-3D - Situația cu prag de fund la etapa III cu carapace și cu dragaje*

În cadrul modelului terenului de la PC01, care cuprinde pragul de fund la etapa III cu carapace, au fost efectuate ajustări pe baza datelor referitoare la șenalul navigabil și la dragaje. Totodată, a fost precizat faptul că rețeaua de elemente pentru calcul a fost pregătită mai detaliat luând în considerare șenalul navigabil. Rezultatele modelării hidrodinamice RSim-3D pentru situația cu prag de fund la etapa III cu carapace la PC01 și cu dragaje sunt prezentate pentru situația cu debit de $1940 \text{ m}^3/\text{s}$ la Izvoarele. Distribuțiile de viteze calculate au permis reprezentarea rezultatelor în raport cu diferite valori, inclusiv în raport cu cerința de adâncime pentru navigație.

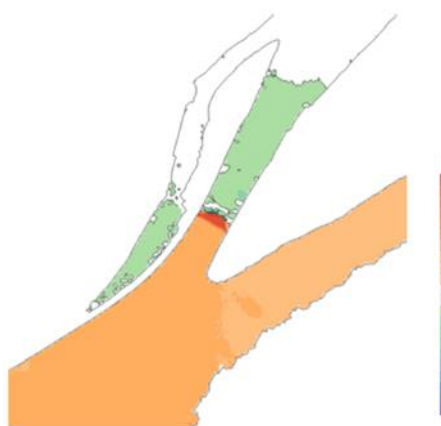


Figura 2.4.23. Diferențe de valori privind suprafața apei la debit de $1940 \text{ m}^3/\text{s}$, față de situația cu prag de fund la etapa III cu carapace

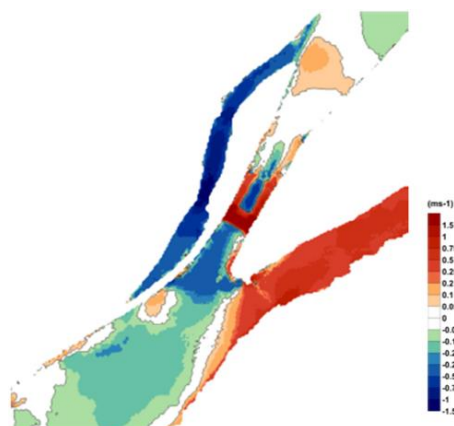


Figura 2.4.24. Diferențe de viteze la debit de $1940 \text{ m}^3/\text{s}$, față de situația de referință

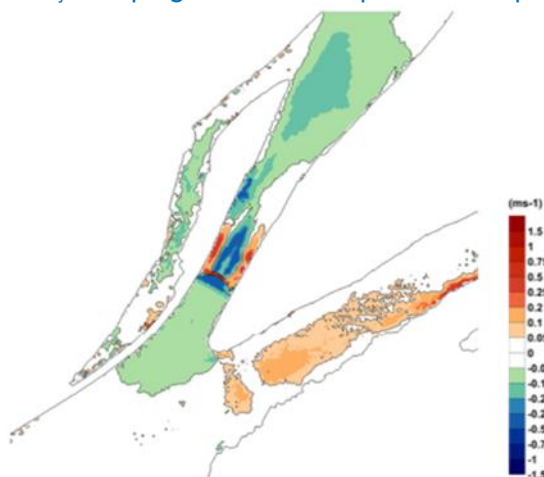


Figura 2.4.25. Diferențe de viteze, $Q=1940 \text{ m}^3/\text{s}$, față de situația cu prag de fund la etapa III cu carapace

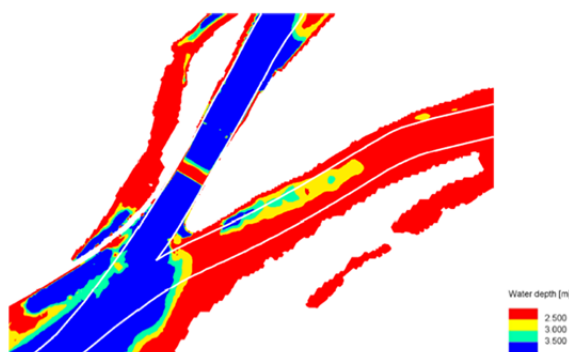


Figura 2.4.26. Adâncimi ale apei pentru navigație, $Q=1940 \text{ m}^3/\text{s}$

Plus - viteze mai mari în situația prag de fund la etapa III cu carapace
Minus - viteze mai mici în situația prag de fund la etapa III cu carapace

❖ *Activități de modelare RSim-3D - Situația cu prag de fund la cota „0 MNC”*

Modelul terenului a fost ajustat pentru a insera date privind varianta pragului de fund la “0 MNC” pe brațul Bala. Rețeaua de calcul a fost perfecționată ținând seamă de elementele specifice ale pragului de fund în această variantă.

Rezultatele modelării numerice hidrodinamice 3D pentru varianta cu prag de fund la 0 MNC pe Bala au fost prezentate pentru un debit de 1940 m³/s la Izvoarele. Reprezentările grafice ale rezultatelor modelului RSim-3D au arătat mai întâi variațiile suprafeței apei din amonte până pe brațele de după bifurcație. La pragul de fund, valorile calculate au evidențiat o variație mai mare decât pe tronsonul din aval. Rezultatele modelului RSim-3D privind vitezele de curgere a apei au arătat diferențe între valorile de pe brațe înainte și după bifurcație.

Au fost prezentate și diferențe de viteze între situația cu prag de fund la 0 MNC și situația de referință. Aceste diferențe au fost mai mari, mai ales în aria de la pragul de fund.



Figura 2.4.27. Prag de fund la 0 MNC la PC01 - diferențe privind suprafața apei la debit de 1940 m³/s, față de situația de referință

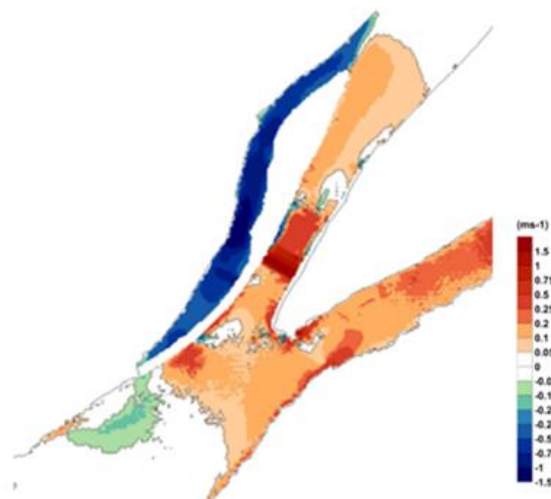


Figura 2.4.28. Prag de fund la 0 MNC la PC01 - diferențe de viteze la debit de 1940 m³/s, față de situația de referință

Plus: Suprafața apei mai mare după construcție
Minus: Suprafața apei mai mică după construcție

Reprezentarea grafică a rezultatelor modelului RSim-3D privind adâncimile apei pentru navigație a arătat diferențe clare între valorile de pe brațe la debitul respectiv, din punct de vedere al cerințelor de adâncime. Adâncimile calculate au fost mai mari pe Bala decât pe Dunărea Veche în aval de bifurcație.

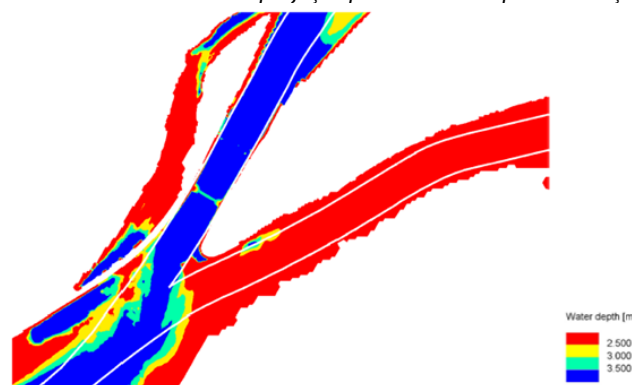


Figura 2.4.29. Prag de fund la 0 MNC la PC01 - adâncimi ale apei pentru navigație, la debit de 1940 m³/s

❖ Activități pentru construirea modelului iSed de transport al sedimentelor la PC01 și PC02, bazat pe rezultatele modelului RSim-3D

Modelul iSed utilizează rezultatele modelului RSim-3D care au fost transferate prin interpolare, de pe rețelele de elemente folosite pentru calcule la diferite debite, pe rețeaua stabilită pentru calculul transportului sedimentelor. Datele privind materialul din patul albiei au fost specificate pe rețeaua de elemente pe baza rezultatelor obținute de INCDPM în urma analizei probelor din mai multe secțiuni și prin interpolare. Pentru situația de referință, albia a fost considerată ne-erodabilă în porțiunile ocupate de construcțiile vechi la PC01, precum și pe o porțiune relativ mică la intrarea în domeniul modelat.

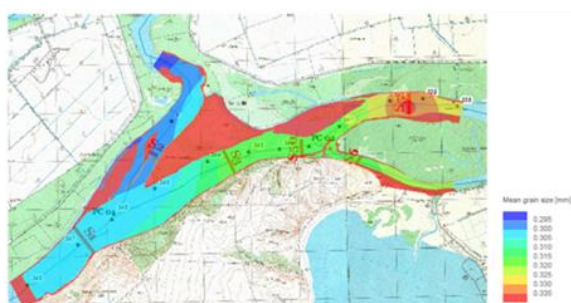


Figura 2.4.30. Distribuția valorilor privind granulometria materialului din patul albiei pe rețeaua de elemente pentru modelul iSed a

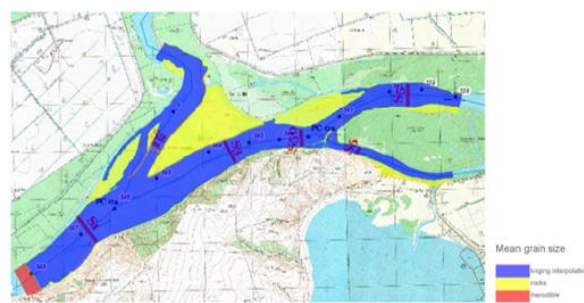


Figura 2.4.31. Specificarea unor caracteristici ale materialului din patul albiei, pentru situația de referință

Condițiile de frontieră au fost stabilite ca serie de debite pe un an (2004) și serie de concentrații de sedimente în suspensie. Hidrograful de debite din anul 2004 la Izvoarele a fost schematizat folosind setul de debite pentru care au fost efectuate simulările cu modelul hidrodinamic RSim-3D.

Estimările concentrațiilor de sedimente în suspensie au pornit de la seturi de date măsurate de INCDPM în situații de debite mici și debite medii și de la șiruri de date pe un an de la Silistra. Pentru completarea cu o valoare a concentrației la debit mare, au fost analizate datele din anul 2000 privind concentrații la Silistra și debite totale (Călărași) fiind stabilită o relație între aceste seturi de date. Folosind această relație, a fost estimată o concentrație de sedimente în suspensie la un debit mai mare decât cele 5 debite utilizate ca set de valori pentru simulările numerice.

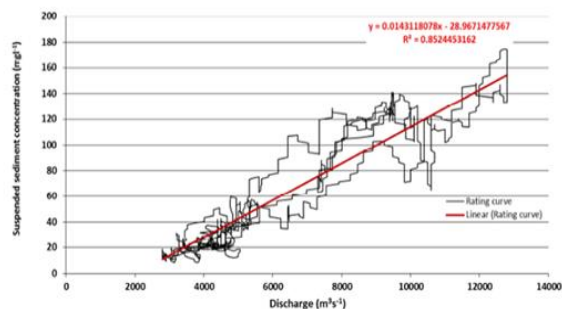


Figura 2.4.32. Relația între concentrații de sedimente în suspensie la Silistra și debite totale (Călărași)

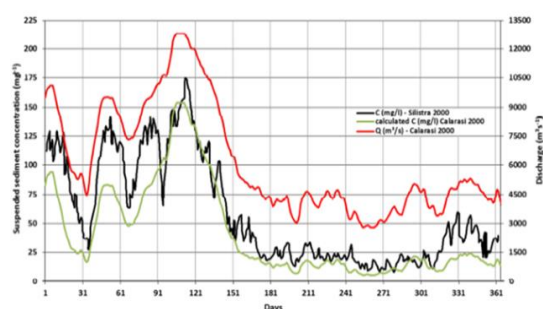


Figura 2.4.33. Date privind granulometria sedimentelor în suspensie în secțiunea de intrare

Utilizând valori ale concentrației estimate la debite mici și medii și o valoare la debit mare estimată pe baza relației între concentrații (la Silistra) și debite totale, a fost estimată o relație de legătură între concentrații de sedimente în suspensie și debite. Această relație a fost testată prin compararea rezultatelor utilizării ei cu setul de concentrații din secțiunea Silistra. În secțiunea de intrare a modelului, a fost luată în considerare și granulometria sedimentelor în suspensie.

❖ *Activități de calibrare și validare a modelului iSed de transport al sedimentelor la PC01, bazat pe rezultatele modelului RSim-3D*

✓ Calibrarea modelului iSed pentru transportul sedimentelor în zona PC01 și PC02 a fost efectuată pe linia obținerii unui echilibru dinamic al transportului sedimentelor în întreaga arie studiată.

Factorii de corecție pentru eroziune și depunere ai modelului de transport al sedimentelor au fost ajustați astfel încât, la simularea unei situații staționare cu debit de 3840 m³/s și concentrație de sedimente în suspensie de 10 mg/l la intrarea în domeniul de calcul, să se obțină un echilibru dinamic al transportului sedimentelor în suspensie și o adaptare pe baza valorilor determinate în Campania C07 de măsurători.

Rezultatele simulării numerice arată omogenitatea distribuției de valori obținute pentru concentrații, cu valori mai mari în unele arii cu albie mai îngustă.

Tabel 2.4.2. Concentrații medii de sedimente în suspensie și cantități de sedimente în suspensie transportate prin secțiuni transversale, la calibrare

Cross Section	Discharge	Mean Susp. Sed. Conc.	Susp. Sed. Transport
-	(m ³ s ⁻¹)	(mg l ⁻¹)	(kg s ⁻¹)
CS Inflow	3709	9	33
CS Bala	2775	10	26
CS Old Danube	1002	7	7
Σ (CS Bala + CS Old D.)	3777	-	33

Folosind rezultatele modelului iSed, au fost determinate concentrații medii de sedimente în suspensie și valori ale transportului sedimentelor în suspensie în unele secțiuni de pe brațele principale. Mărimea sedimentelor în suspensie se înscrie în intervalul dintre 0.020 mm și 0.030 mm, care încadrează valoarea de 0.025 mm de la intrare.

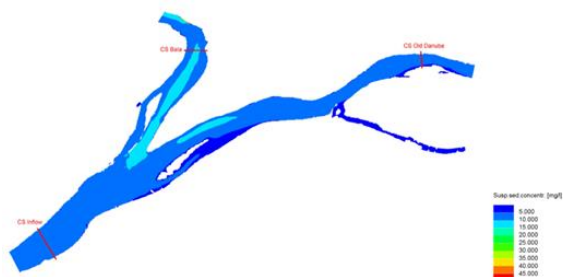


Figura 2.4.34. Concentrații de sedimente în suspensie, obținute la calibrarea modelului iSed

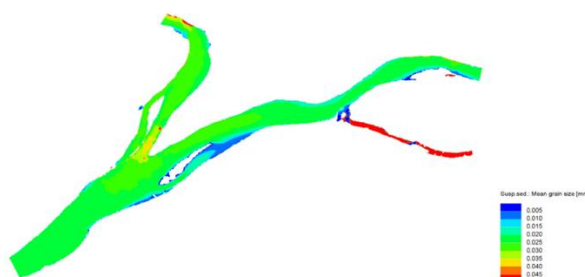


Figura 2.4.34. Mărimi medii ale sedimentelor în suspensie, la calibrarea modelului iSed

Compararea rezultatelor obținute prin modelare cu cele din măsurători, efectuată în secțiuni transversale de pe Dunărea Veche amonte de bifurcație, de pe Brațul Bala și de pe Dunărea Veche aval de bifurcație, arată valori medii apropiate.

✓ **Validarea modelului iSed de transport al sedimentelor** a avut în vedere verificarea echilibrului dinamic al transportului sedimentelor și compararea concentrațiilor de sedimente în suspensie măsurate și simulate, respectiv transportul în condiții staționare independente. Au fost utilizate date pentru două cazuri, iar în calculele de validare au fost folosiți factorii de corecție pentru eroziune și depunere stabiliți la calibrare.

În cazul 1, debitul utilizat a fost de $5530 \text{ m}^3/\text{s}$, concentrația de sedimente în suspensie la intrare a fost de 33 mg/l , iar datele în secțiuni au provenit din campania de măsurători C11. Rezultatele simulării numerice arată omogenitatea distribuției de valori calculate pentru concentrații, cu valori mai mari în unele arii de pe brațul Bala și de pe Dunărea Veche aval de bifurcație, explicate prin condițiile de albie mai îngustă. Compararea rezultatelor din măsurători cu cele ale modelului arată o corespondență bună, mai ales în privința valorilor medii în centru ale concentrațiilor de sedimente în suspensie.

În cazul 2 pentru validare, debitul la intrare a fost de $3840 \text{ m}^3/\text{s}$, concentrația de sedimente în suspensie utilizată în secțiunea de intrare a fost de 12 mg/l , iar datele în secțiuni au provenit din campania de măsurători C6. Specialiștii de la BOKU au remarcat omogenitatea distribuției concentrațiilor calculate de sedimente în suspensie, care au în mare parte valori în jurul a circa 12 mg/l , cu unele valori mai ridicate până la 16 mg/l în arii de pe brațul Bala și de pe Dunărea Veche aval de bifurcație, aproape de bancul de nisip Caragheorghe, unde albia este mai îngustă.

Compararea concentrațiilor de sedimente în suspensie calculate cu cele din măsurători în secțiuni de pe brațe arată corespondența bună a valorilor medii, mai ales în centrele secțiunilor.

❖ *Rezultate finale ale modelării transportului sedimentelor în suspensie utilizând modelul iSed la PC01*

Modelele de transport de sedimente în suspensie au fost rulate pentru diferite scenarii fiecare corespunzătoare la 3 debite la Izvoarele și anume: debit mediu [$5396 \text{ m}^3/\text{s}$]; debit scăzut [$2704 \text{ m}^3/\text{s}$], debit ridicat [$9934 \text{ m}^3/\text{s}$]. Pentru fiecare dintre aceste 3 debite au fost prezentate pentru PC01 distribuții ale concentrației de sedimente în suspensie și distribuții granulometrice (valori medii), ambele mediate pe întreaga coloană de apă.

Scenariile pentru care au fost realizate rulările au fost:

- ✚ Situația de referință (dinainte de demararea lucrărilor hidrotehnice);
- ✚ Prag de fund Bala - Faza III fără carapace;
- ✚ Prag de fund Bala - Faza III cu carapace;
- ✚ Prag de fund Bala - Faza III cu carapace și dragaje pe Dunărea Veche.

✚ **SITUAȚIA DE REFERINȚĂ**

- ✓ **Debit mediu: $5396 \text{ m}^3/\text{s}$.** Pentru domeniul PC01, la debitul mediu de $5396 \text{ m}^3/\text{s}$, valorile concentrației de sedimente în suspensie s-au situat în intervalul $20\text{-}30 \text{ mg/l}$, iar valorile granulometrice medii ale sedimentelor în suspensie în intervalul $0,025 - 0,030 \text{ mm}$.

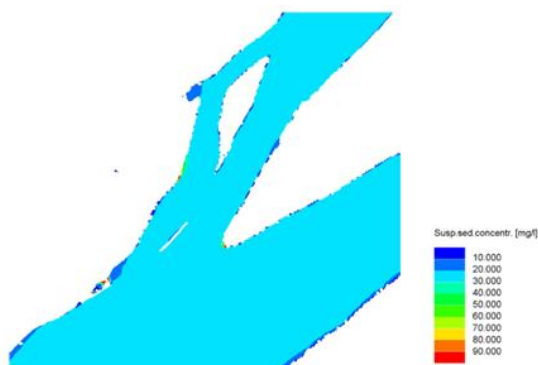


Figura 2.4.35. Distribuția concentrației de sedimente în suspensie pentru debit mediu

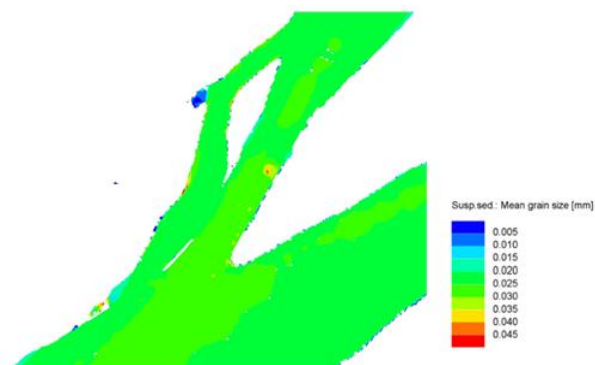


Figura 2.4.36. Distribuția granulometrică medie a sedimentelor în suspensie pentru debit mediu

- ✓ **Debit scăzut: 2704 m³/s.** Pe întregul domeniu PC01, valorile concentrației de sedimente în suspensie au fost inferioare valorii de 10 mg/l, iar valorile granulometrice medii ale sedimentelor în suspensie pentru domeniul PC01 s-au situat în intervalul 0,025 - 0,035 mm pe Dunăre în amonte de desprinderea brațului Bala. Valorile granulometrice medii ale sedimentelor în suspensie au crescut însă până la 0,050 mm în zona bifurcației, atât la intrarea pe brațul Bala, cât și pe Dunăre, către zona bancului de nisip Caragheorghe.

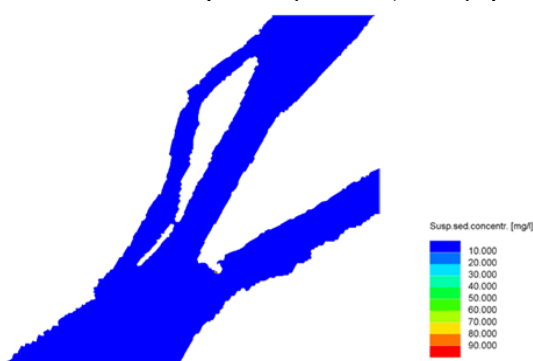


Figura 2.4.37. Distribuția concentrației de sedimente în suspensie pentru debit scăzut

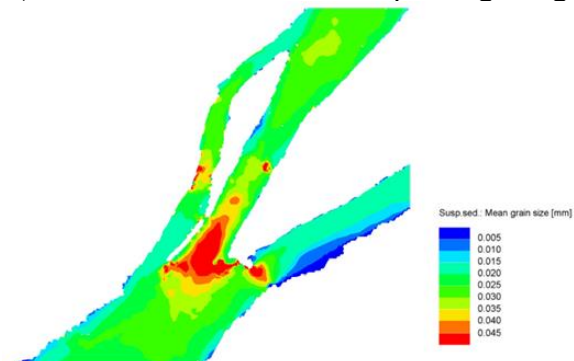


Figura 2.4.38. Distribuția granulometrică medie a sedimentelor în suspensie pentru debit scăzut

- ✓ **Debit ridicat: 9934 m³/s.** Concentrația medie a sedimentelor în suspensie a atins valori cuprinse între 80 și 90 mg/l, atât pe brațul Bala, cât și pe Dunăre. Pentru că la acest debit, apa depășește resturile vechiului dig de dirijare de la intrarea pe brațul Bala și brațele secundare, pe acele brațe laterale concentrația sedimentelor în suspensie a depășit valoarea de 100 mg/l.

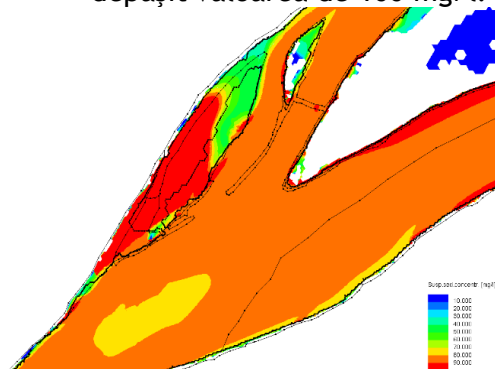


Figura 2.4.39. Distribuția concentrației de sedimente în suspensie pentru debit ridicat

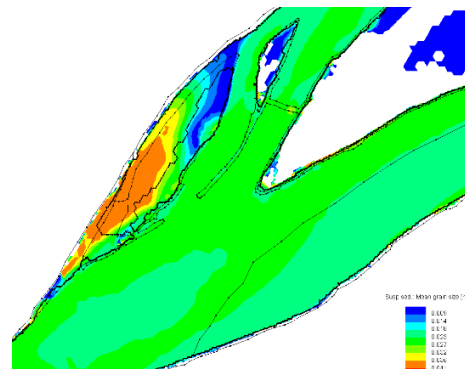


Figura 2.4.40. Distribuția granulometrică medie a sedimentelor în suspensie pentru debit ridicat

Pe Dunăre și pe brațul Bala valorile distribuției granulometrice medii a sedimentelor în suspensie s-au încadrat între 0,020 și 0,025 mm, în timp ce pe brațele laterale valorile au ajuns și până la 0,040 mm. Diametrul mediu al particulelor în stratul superior pe Dunăre s-au situat între 0,25 și 0,35 mm, iar pe brațul Bala valorile au urcat până la cca. 0,36 mm. Pe brațul lateral situat în spatele digului de dirijare de pe Bala, aceste valori s-au situat între 0,10 și 0,20 mm.

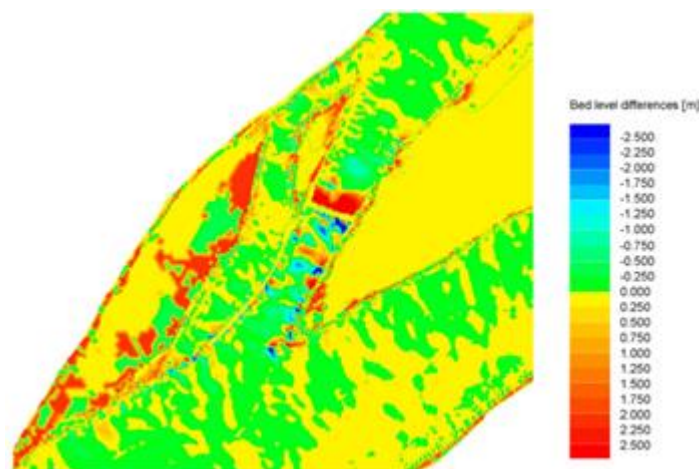


Figura 2.4.41. Diferențe de cote la patul albiei după un an de transport de sedimente

În figura 2.4.41 sunt prezentate diferențele dintre situația de după 1 an de transport de sedimente (corespunzător hidrografului anului 2004) și situația inițială (de referință).

S-a remarcat că pe Dunăre, în aval de desprinderea brațului Bala, procesele de sedimentare/eroziune sunt într-un echilibru dinamic, fără a se evidenția modificări semnificative la nivelul patului albiei. Din cauza existenței resturilor vechiului dig de dirijare de la intrarea pe brațul Bala, brațul lateral din spatele acestuia a fost deconectat cca. 11 luni în anul de referință 2004, ceea ce duce la o sedimentare ce poate atinge local până la 2 m. În amonte de resturile vechiului prag de fund de pe Bala, curgerea turbulentă produce procese locale de sedimentare/eroziune.

PRAG DE FUND BALA - FAZA III FĂRĂ CARAPACE

Pentru acest scenariu au fost determinate distribuțiile ale concentrației de sedimente în suspensie și distribuții granulometrice (valori medii), ambele mediate pe întreaga coloană de apă.

- ✓ **Debit mediu: 5396 m³/s.** Pentru acest debit mediu, pe Dunărea Veche valorile concentrației de sedimente în suspensie s-au situat în intervalul 20-30 mg/l, iar valorile granulometrice medii ale sedimentelor în suspensie între 0,025 - 0,030 mm. Pe brațul Bala valorile concentrației de sedimente în suspensie au urcat până la 40 mg/l, iar valorile granulometrice medii au ajuns la 0,040 - 0,045 mm.

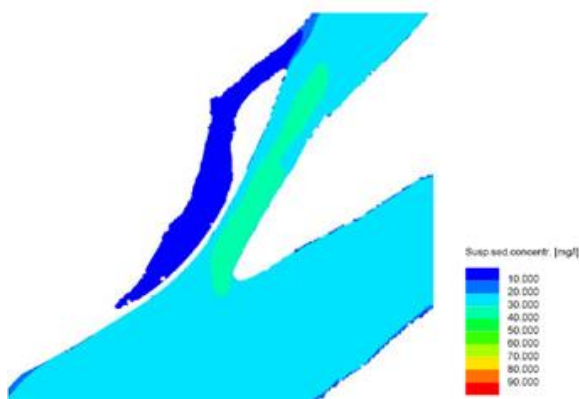


Figura 2.4.42. Distribuția concentrației de sedimente în suspensie pentru debit mediu

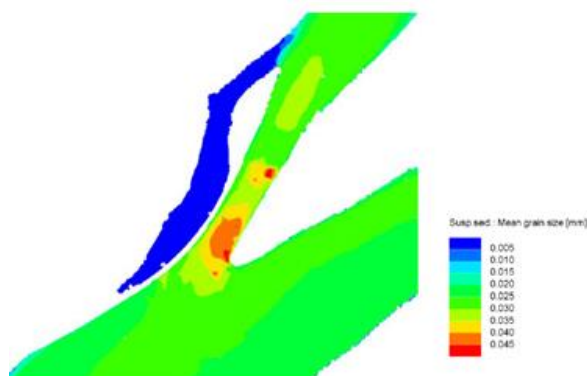


Figura 2.4.43. Distribuția granulometrică medie a sedimentelor în suspensie pentru debit mediu

- ✓ **Debit scăzut: 2704 m³/s.** Valorile concentrației de sedimente în suspensie au fost inferioare valorii de 10 mg/l pe Dunărea Veche, în timp ce datorită dublării valorilor efortului de forfecare la patul albiei în comparație cu situația de referință, local pe brațul Bala concentrația sedimentelor în suspensie a atins valori de până la 100 mg/l. Valorile granulometrice medii ale sedimentelor în suspensie s-au situat în intervalul 0,025 - 0,035 mm pe Dunăre în amonte de desprinderea brațului Bala și au crescut până la 0,150 mm în zona bifurcației, atât la intrarea pe brațul Bala, cât și pe Dunăre, către zona bancului de nisip Carageorghe.

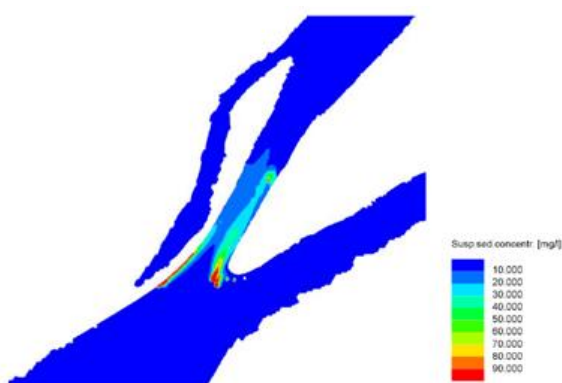


Figura 2.4.44. Distribuția concentrației de sedimente în suspensie pentru debit scăzut

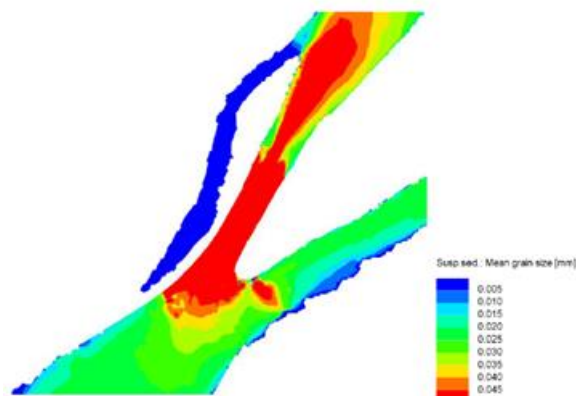


Figura 2.4.45. Distribuția granulometrică medie a sedimentelor în suspensie pentru debit scăzut

- ✓ **Debit ridicat: 9934 m³/s.** Pentru scenariul cu debit ridicat al Dunării concentrația medie a sedimentelor în suspensie a atins valori cuprinse între 80 și 90 mg/l, atât pe brațul Bala, cât și pe Dunăre. La acest debit ridicat, apa depășește resturile vechiului dig de dirijare de la intrarea pe Bala și brațele secundare se conectează cu cursul principal de pe braț. Astfel, pe acele brațe laterale concentrația sedimentelor în suspensie nu a depășit valoarea de 100 mg/l.

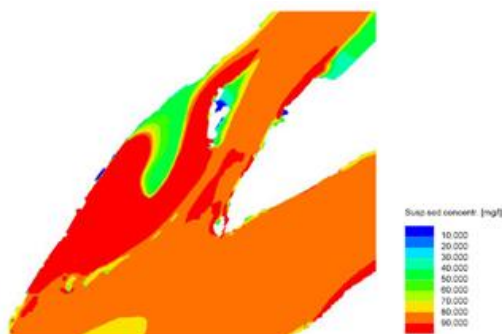


Figura 2.4.46. Distribuția concentrației de sedimente în suspensie pentru debit ridicat

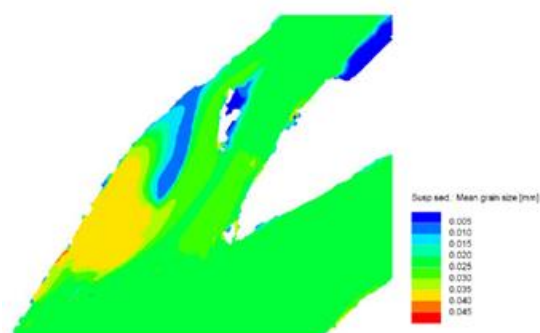


Figura 2.4.47. Distribuția granulometrică medie a sedimentelor în suspensie pentru debit ridicat

Din punct de vedere al distribuției granulometrice medii a sedimentelor în suspensie, pe Dunăre valorile s-au încadrat între 0,020 și 0,025 mm, în timp ce pe Bala valorile au ajuns și până la 0,030 mm. Diametrul mediu al particulelor în stratul superior pe Dunăre s-a situat între 0,25 și 0,35 mm, iar pe brațul Bala valorile au urcat până la cca. 0,40 mm.

În figura 2.4.48 sunt prezentate diferențele dintre situația de după 1 an de transport de sedimente (corespunzător hidrografului anului 2004) pentru Faza III fără carapace. Datorită creșterii solicitării efortului de forfecare la patul albiei în amonte și în aval de pragul de fund,

este de așteptat să se dezvolte în aceste zone eroziuni de până la 3 m. Sedimentele erodate din aceste zone vor fi transportate în aval și depuse pe brațul Bala. Din cauza existenței digului de dirijare, brațele laterale, sunt deconectate de albia minoră, ceea ce conduce la o sedimentare ce poate atinge local chiar și 2 m. Pe Dunărea Veche, în aval de bifurcarea brațului Bala, procesele de eroziune/sedimentare se găsesc într-un echilibru dinamic, fără a se pune în evidență modificări semnificative la nivelul patului albiei.

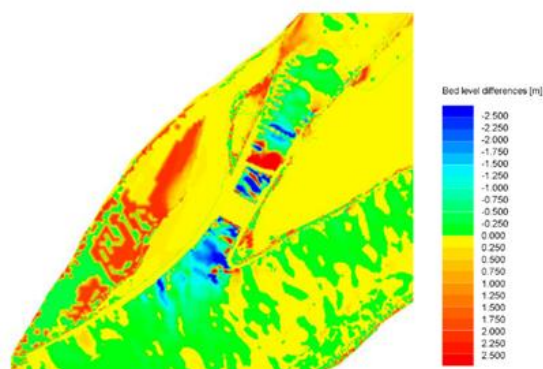


Figura 2.4.48. Diferențe de cote la patul albiei după un an de transport de sedimente

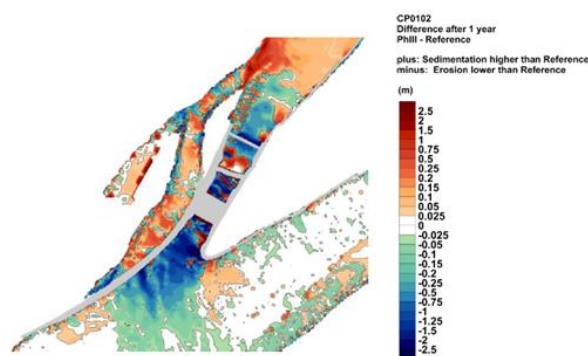


Figura 2.4.49. Comparație între prag de fund - faza III fără carapace și situația de referință

În figura 2.4.49 sunt prezentate diferențele cotelor la patul albiei, după 1 an, dintre faza III de construcție fără carapace și situația de referință. În comparație cu situația de referință, eroziunea în apropierea pragului de fund (amonte și aval de acesta) va crește cu cca. 3 m. Materialul erodat este transportat către aval și o parte din acesta se depune și cauzează o creștere semnificativă a depunerii (peste 0,5 m) pe brațul Bala în aval de prag.

PRAG DE FUND BALA - FAZA III CU CARAPACE

În figura 2.4.50 este prezentată diferența cotelor la patul albiei, după 1 an, dintre faza III de construcție cu carapace și situația de referință. În comparație cu situația de referință, eroziunea în apropierea pragului de fund (amonte și aval de acesta) va crește cu cca. 3 m. Astfel, s-a estimat că un volum de cca. 230.000 m³ va fi erodat de pe brațul Bala (în comparație cu referința). Materialul erodat va fi transportat către aval și o parte din acesta se va depune și va cauza o creștere semnificativă a depunerii (peste 0,5m) în aval de prag.

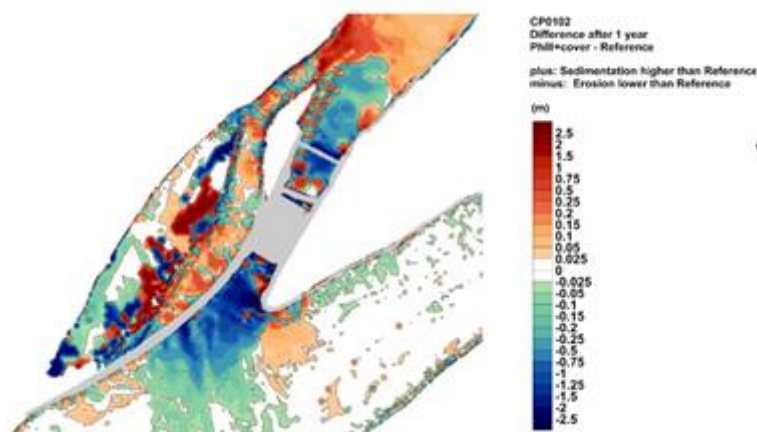


Figura 2.4.50. Comparație între prag de fund Bala - faza III cu carapace și situația de referință

PRAG DE FUND BALA - FAZA III CU CARAPACE ȘI DRAGAJE pe DUNĂREA VECHE

În figura 2.4.51 sunt prezentate diferențele cotelor la patul albiei, după 1 an, dintre faza III de construcție cu carapace și dragaje și situația de referință.

Proiect: MONITORIZAREA IMPACTULUI ASUPRA MEDIULUI A LUCRĂRILOR DE ÎMBUNĂTĂȚIRE A CONDIȚIILOR DE NAVIGAȚIE PE DUNĂRE ÎNTRE CĂLĂRAȘI ȘI BRĂILA, km 375 și km 175

RAPPORT FINAL

În comparație cu situația de referință, eroziunea în apropierea pragului de fund (amonte și aval de acesta) va crește cu cca. 3 m. Astfel, s-a putut estima că un volum de cca. 230.000 m³ va fi erodat de pe brațul Bala (în comparație cu referința). Materialul erodat va fi transportat către aval și o parte din acesta se va depune, rezultând o creștere semnificativă a depunerii (peste 0,5 m) pe brațul Bala, în aval de prag.

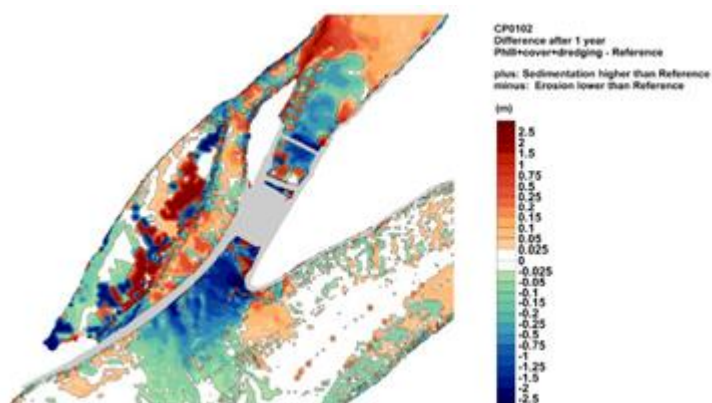


Figura 2.4.51. Comparație între faza III cu carapace și dragaje și situația de referință

B. Modelare numerică realizată prin utilizarea programului DELFT3D

Inițial, modelul a fost divizat în mai multe subdomenii (*figura 2.4.52*), în vederea delimitării albiei minore și majore, precum și a conturilor ostroavelor/insulelor din zonele respective. În acest scop au fost utilizate toate sursele de informații geografice și hidrotopografice disponibile.

Albia majoră a fost delimitată atât prin analiza profilelor transversale ale albiei prelungite pe uscat, cât și a poziției digurilor și a informațiilor obținute din prelucrarea datelor CLC (Corine Land Cover) privind acoperirea terenurilor.

A fost utilizat **modulul RGFRID** al pachetului software DELFT3D, în care celulele de discretizare analizate au fost de tip poliedric, cu fete patrulate. În funcție de cerințele impuse gridurilor/rețelelor astfel generate, s-a urmărit respectarea ortogonalității, a raportului între discretizări pe diferite direcții, a

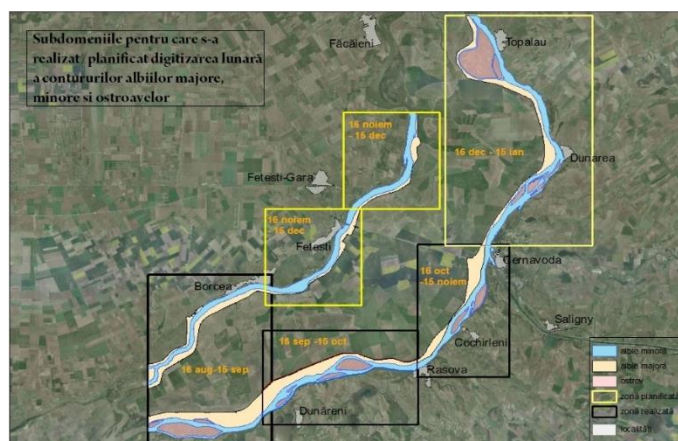
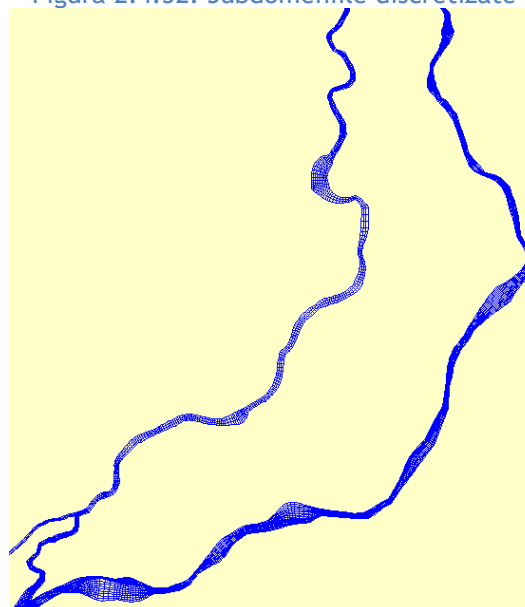


Figura 2.4.52. Subdomeniile discretizate



netezimii, a curburi

Figura 2.4.53. Elemente particulare de construcție a rețelei pe tronsonul studiat

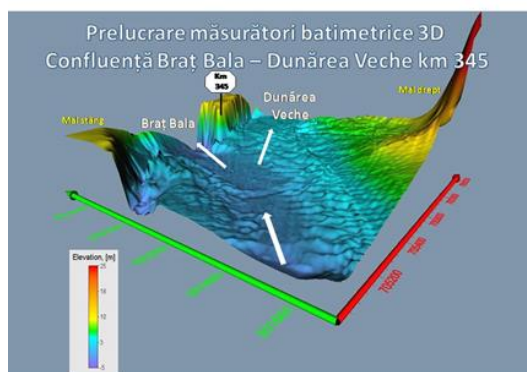


Figura 2.4.54. Prelucrare măsurători batimetrice 3D. Braț Bala - Dunărea Veche km 345

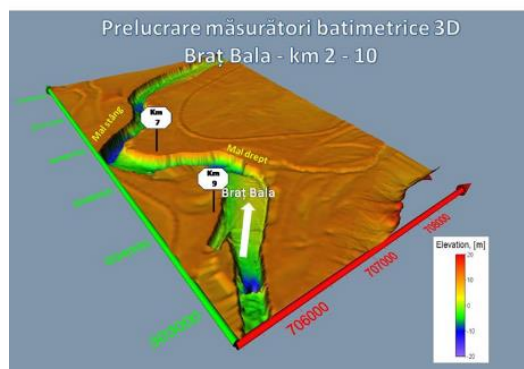


Figura 2.4.55. Prelucrarea măsurătorilor batimetrice 3D. Braț Bala - km 2 - 10

O operație care a necesitat un mare volum de analiză a fost proiectarea/suprapunerea datelor de batimetrie peste celulele rețelei de elemente finite.

❖ Modelarea cvasi-3D a întregului sector

În prima parte, utilizând programul Delft3D, modelele tronsoanelor de la punctele critice 01 și 02 au fost racordate astfel încât trecerea de la un tronson la altul să fie continuă (figura 2.4.56), iar zona aferentă PC01 a fost analizată la scară mare. Următoarea operație realizată a fost suprapunerea datelor batimetrice peste rețelele considerate (figura 2.4.57) și atribuirea informației privind cota absolută a albiei la celula gridului.

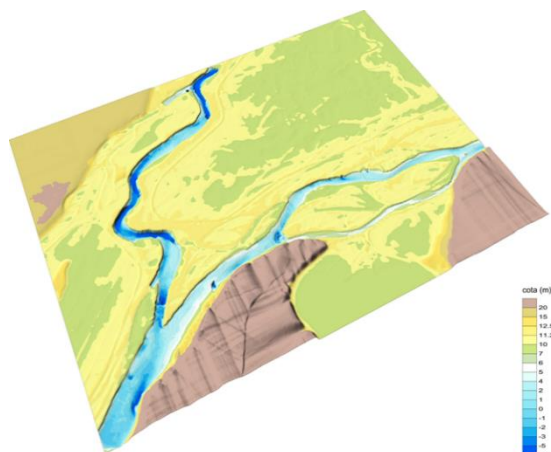


Figura 2.4.56. Model al albiei Dunării în zona punctelor critice 01 și 02

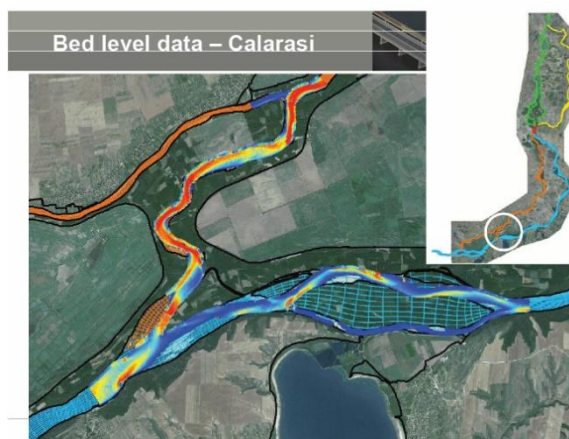


Figura 2.4.57. Date batimetrice vs. rețea de discretizare

❖ Analiza modalităților de reprezentare a topologiei brațelor în modelul 3D și teste de construire a rețelei de calcul în zone cu diferite configurații

Pe unele dintre brațele principale intervin și efecte datorate insulelor și brațelor secundare, astfel, au fost efectuate operații de construire parțială a unei rețele de calcul care să țină seamă de maluri și de insule. În urma analizei tronsoanelor în care s-au construit aceste griduri s-a arătat că este necesar ca rețeaua de calcul a modelului să aibă un număr mare de șiruri de elemente pentru a putea reprezenta zonele cu insule și cu mai multe brațe locale pe

care este distribuită curgerea apei. Este nevoie să fie reprezentate cel puțin brațele locale mai mari și cele care se modifică în timp.

❖ **Calcule test cu o rețea regulată, privind modelarea mișcării apei și sedimentelor fine în zona brațului Bala**

○ **Modelarea curgerii apei**

Pentru a observa aspecte de funcționalitate și calitate a rezultatelor pe care le poate furniza, a fost construit un model test de tip Delft 3D. Condițiile la limită impuse au fost reprezentate de debit în secțiunea amonte de pe Dunăre, și nivelul apei în secțiunile din aval. Au fost utilizate diferite condiții inițiale și diverse valori ale parametrilor. Rezultatele au arătat că modelul test are o bună sensibilitate la condițiile locale ale albiei Dunării și la condițiile generale de pe brațe.

Valorile calculate au arătat variația nivelului apei pe zona studiată a celor două brațe, ca urmare a interacțiunii complexe a curenților de apă cu patul albiei fluviului. Configurația curenților de apă este în general diferită de la o secțiune transversală la alta, datorită condițiilor variabile ale albiei. Valorile și distribuția vitezelor curenților de apă în fiecare secțiune depind atât de debit și de forma și aria secțiunii de curgere.

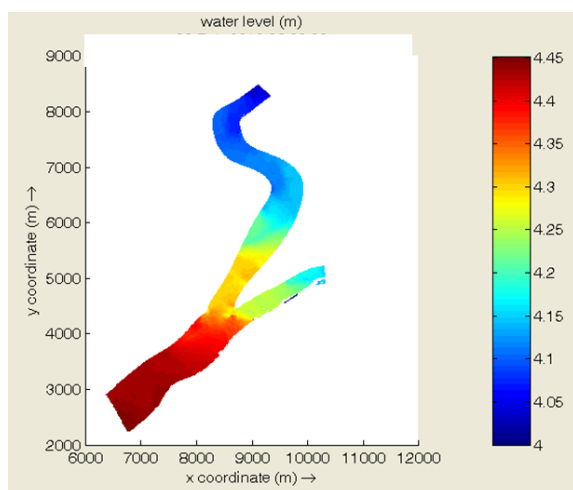


Figura 2.4.58. Nivele calculate ale apei (calcule test)

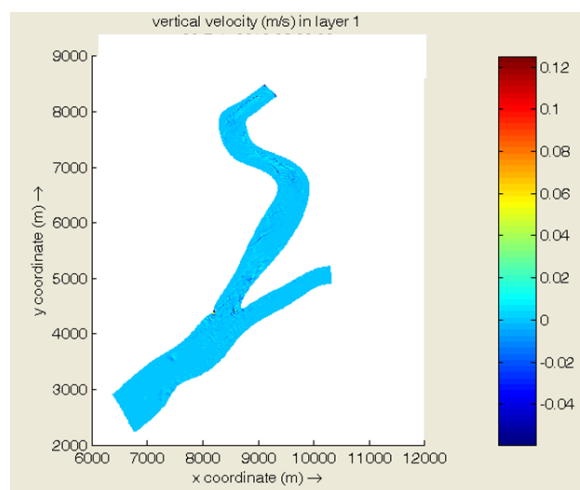


Figura 2.4.59. Viteze verticale calculate ale apei (calcule test)

Calculele test au arătat că este foarte important să fie reprezentate cât mai bine în model lățimea și adâncimile albiei pe secțiunea transversală, deoarece acestea influențează distribuția vitezelor.

○ **Calcule test privind transportul sedimentelor fine în condițiile locale din zona brațului Bala**

Calculele test au fost efectuate pornind de la valori obișnuite ale transportului sedimentelor fine în secțiunea amonte, în condiții de debit mic pe Dunăre, iar rezultatele au arătat că modelul test are capacitatea de a simula transportul sedimentelor fine în zona Bala, de la secțiunea amonte de pe Dunăre spre ramificație și în continuare pe cele două brațe.

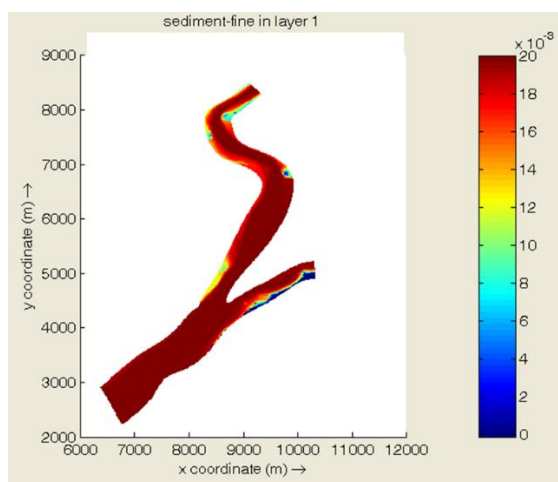


Figura 2.4.60. Distribuția concentrațiilor de sedimente fine transportate din amonte, după parcurgerea sectorului studiat (calcul test)

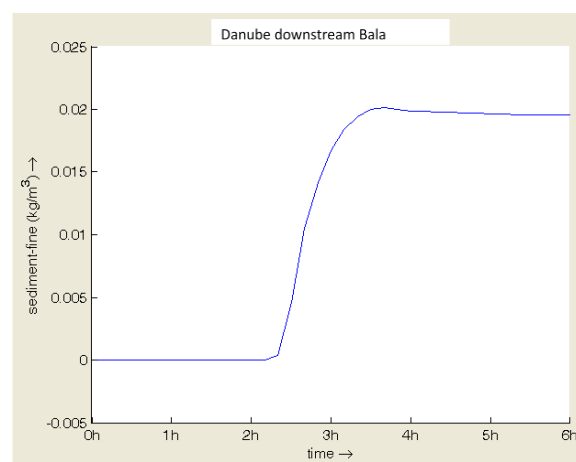


Figura 2.4.61. Variația calculată a concentrației de sedimente fine într-un punct din secțiunea aval de pe Dunăre (calcul test)

❖ Analiza modalităților de realizare a rețelei de calcul și pregătirea unui model de tip Delft3D al curgerii apei pentru ansamblul punctelor critice 01 și 02

Testele pentru pregătirea metodei de abordare pentru ansamblul punctelor critice 01 și 02 au cuprins generarea unor rețele de diferite densități, analiza lor în privința posibilității de reprezentare a malurilor, analiza proprietăților rețelelor și a operațiilor posibile pentru îmbunătățirea acestora. Au fost analizate și posibilitățile de a extinde rețeaua de calcul de pe brațe pentru a obține reprezentări preliminare ale unor porțiuni de albie majoră.

A fost construită o rețea de calcul relativ fină, iar evaluările privind proprietatea de ortogonalitate au arătat valori mici. Rețeaua de calcul poate avea mai multe straturi pe verticală. Condițiile la limită au cuprins serii de debite de intrare și serii de nivele ale apei la ieșirea din domeniul de calcul. Testele privind pregătirea și utilizarea fișierelor necesare pentru modelul curgerii apei au fost efectuate pentru 2 situații: ape mici și ape medii.

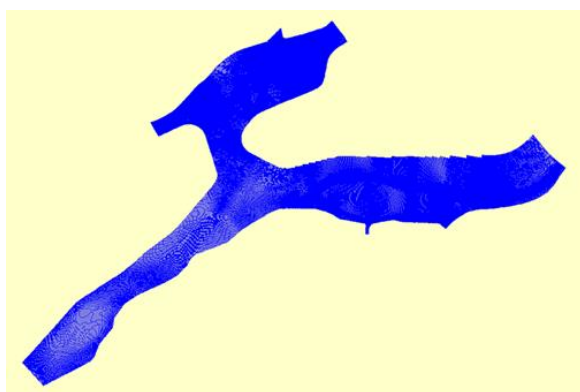


Figura 2.4.62. Vedere generală a rețelei de calcul pentru ansamblul punctelor critice 01 și 02

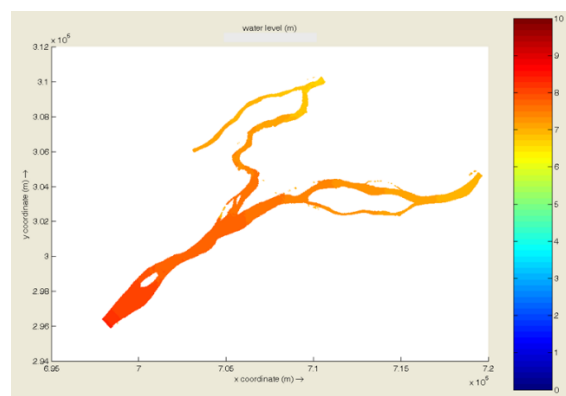


Figura 2.4.63. Teste de calcul, distribuție de nivele obținute pentru ape medii

Distribuțiile de nivele calculate cu o variantă mai restrânsă a modelului, pentru condiții de ape mici și medii, au reflectat situația curgerii pe mai multe brațe și în jurul unor insule.

Configurația albiei Dunării în zona Bala fiind foarte complicată, au fost pregătite variante de modele Delft3D. Rezultatele modelului fără influența construcțiilor au fost comparate cu date măsurate în situația de calibrare, înainte de execuția pragului de fund în etapa III: debite pe brațe, nivele ale apei, distribuții de viteze în secțiuni transversale. Astfel, rezultatele modelului Delft3D, privind efectele pragului de fund de pe brațul Bala după etapa III a activităților de construcție, au arătat distribuții de viteze, nivele, diferențe în distribuția debitelor pe brațe, obținute cu diferite opțiuni de modelare.

❖ *Simulări cu modelul Delft3D pentru zonele de la punctele critice 01 și 02*

Pentru zona punctelor critice 01 și 02, modelul Delft3D a fost utilizat pentru simularea influenței aplicării unor variante de dragaje pe Dunărea Veche asupra distribuției debitelor la PC01.

Pe lângă situația fără lucrări, au fost analizate următoarele variante cu lucrări:

- Prag de fund pe brațul Bala la faza III, cu batimetrie înainte de execuția lucrărilor;
- Prag de fund pe brațul Bala la faza III și dragaje la ENR-3m pe o porțiune de șenal cu lățime de 150 m aval de Bala;
- Prag de fund pe brațul Bala la faza III cu carapace de protecție și dragaje la ENR-3 m pe o porțiune de șenal cu lățime de 150 m aval de Bala.

Simulările au fost realizate pentru debite de referință de 2000 m³/s, 4000 m³/s, 6000 m³/s, 8000 m³/s, fiind puse în evidență creșteri ale procentului de debit pe Dunărea Veche, în raport cu debitul din amonte, față de situația fără lucrări. Rezultatele au fost obținute cu modele Delft3D de tip sigma și de tip Z.

Pentru studierea problemei privind corectarea distribuției debitelor între brațele Dunărea Veche și Bala și îmbunătățirea adâncimilor pentru navigație, a fost realizat un model cu reprezentare mai detaliată a ariei de intrare pe brațul Bala și a ariei bancului de nisip de pe Dunărea Veche. Folosind date batimetrice măsurate până în august 2013, au fost efectuate calcule preliminare privind structura curenților în ipoteza unei pante reduse de curgere a apei pe brațul Bala. Pentru acest test, au fost luate în considerare dragaje la ENR-3 m pe Dunărea Veche.

Rezultatele preliminare au arătat că un procent mare din debitul de referință cel mai mic s-ar orienta spre acest braț dacă nivelul apei pe Dunărea Veche ar fi mai ridicat și dacă panta suprafeței apei până pe brațul Bala amonte de pragul de fund ar fi mult mai mică.

❖ *Modelarea efectelor lucrărilor hidrotehnice asupra condițiilor pentru navigație pe Dunărea Veche*

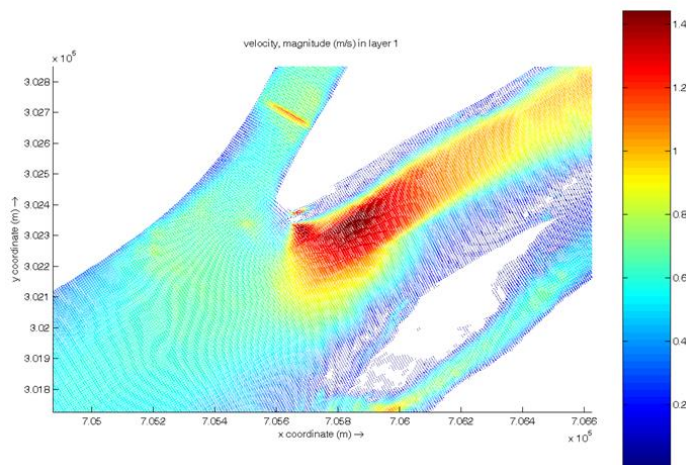


Figura 2.4.64. Rezultatele testului de simulare la debit mic pe Dunăre, în ipoteza unei pante reduse a suprafeței apei pe Bala, cu dragaje la ENR-3 m și nivel al apei ridicat pe Dunărea Veche (prag de fund la etapa III)

Au fost analizate efectele asupra nivelului apei pe Dunărea Veche, datorită pragului de fund la etapa III pe Bala, fără strat acoperitor și respectiv în situația cu modificări apărute ale albiei, cu prag și cu dragaje.

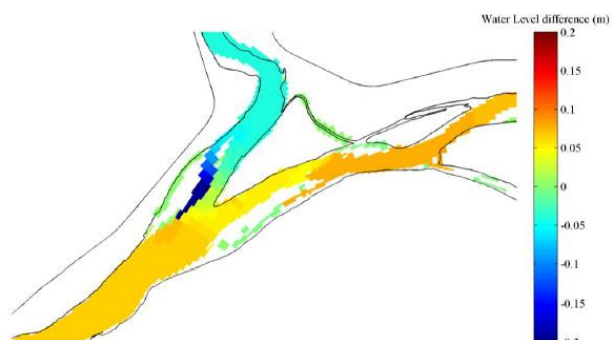


Figura 2.4.65. Diferențe ale nivelului apei pe Dunărea Veche, la debit total de 2000 m³/s, în cazul pragului la etapa III, față de situația anterioară

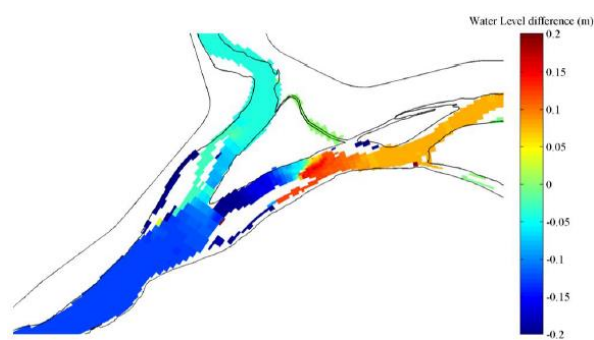


Figura 2.4.66. Diferențe ale nivelului apei la debit de 2000 m³/s, în cazul cu modificări ale albiei, prag la etapa III și dragaje, față de cazul cu prag

Au fost utilizate atât date anterioare, cât și date batimetrice din octombrie 2013 și aria prevăzută pentru dragaje. Diferențele de nivel ale apei arată mici creșteri pe Dunărea Veche în aval de bifurcația Bala. Chiar dacă în aria cu dragaje nivelele apei nu cresc ca în aval, adâncimile în aria respectivă au fost mai mari.

În urma unei abordări mai detaliate a modelului Delft3D la scară medie pentru zona punctelor critice 01 și 02, au fost obținute rezultate ce au arătat arii mari cu **adâncimi sub 2,5 m pe Dunărea Veche** de la bifurcația Bala până în amonte de zona Epurașu, la **debit de 2000 m³/s**, în situația cu prag de fund la etapa III pe Bala și cu dragaje la ENR-3m pe Dunărea Veche. Pe această porțiune și în aval, adâncimile în șenalul navigabil au depins direct de debitul pe Dunărea Veche aval de bifurcație și de condițiile de curgere a apei pe o distanță mai mare pe acest braț. Simularea cu un **debit total de circa 3500 m³/s** a arătat **adâncimi de peste 3 m** în șenalul navigabil, pe acest tronson de pe Dunărea Veche.

Alte simulări cu modelul Delft3D la scară medie au arătat cum influențează cota pragului de fund creșterile de nivel al apei pe Dunărea Veche, astfel situația cu debit total de 2000 m³/s a arătat că se pot obține creșteri de nivel al apei destul de mari pentru a obține adâncimile necesare pentru navigație pe Dunărea Veche.

Rezultatele simulărilor numerice cu modelul Delft3D au arătat că pentru a obține condiții de navigație pe Dunărea Veche la debite totale foarte mici pe Dunăre, este necesar ca efectul pragului de fund să

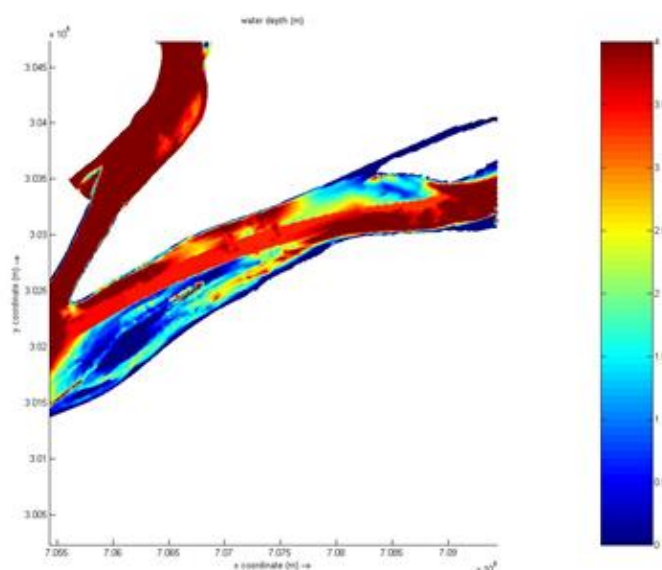


Figura 2.4.67. Adâncimi ale apei pe Dunărea

fie destul de mare pentru a corecta distribuția debitelor între Dunărea Veche și Bala.

Veche, cu prag de fund la etapa III și dragaje la ENR-3m, la debit total de circa 3500 m³/s pe Dunăre

Pentru cazul pragului de fund la etapa III fără strat acoperitor și al dragajelor la ENR-3m, în situația cu debit total de 2000 m³/s pe Dunăre, modelul Delft3D la scară mare (între Silistra și Vadu Oii) și modelul Delft3D la scară medie (între km 348 și km 334 pe Dunărea Veche, respectiv km 57 pe Borcea), cu date de bază din diferite luni ale anului 2013, au furnizat valori de ordinul 2.4 - 2.5 % pentru creșterea procentului de debit pe Dunărea Veche. Creșterile corespunzătoare ale adâncimilor în afara ariei cu dragaje sunt tot mici. La debite mai mari pe Dunăre, creșterile calculate ale procentului de debit pe Dunărea Veche sunt mici.

Interpretările rezultatelor simulărilor cu diverse modele arată că pragul de fund la etapa III nu este considerat suficient și măsurile necesare în continuare pentru îmbunătățirea condițiilor de navigație pe Dunărea Veche ar putea să fie studiate pe baza estimării efectelor unui prag la alte cote împreună cu măsuri suplimentare pentru navigație și trecerea peștilor. Criteriile includ efectele asupra adâncimilor pentru navigație pe Dunărea Veche, efectele pe Bala, influența asupra migrației sturionilor.

Aceste rezultate au fost obținute pe baza datelor batimetrice de la sfârșitul anului 2013. Dar monitorizarea a arătat că albia Dunării este în schimbare în această zonă, iar modificările batimetrice determină efecte asupra debitelor, nivelelor și altor parametri mai ales la debite mici pe Dunăre.

❖ **Simulări numerice pentru estimarea efectelor unor variante de dragaje asupra parametrilor curgerii apei în zona punctelor critice 01 și 02**

Calcululele cu o variantă de prag de fund pe brațul Bala, au furnizat estimări ale parametrilor curgerii apei la un debit relativ mic, luând în considerare adâncirea albiei pe Dunărea Veche prin lucrări de dragare sau datorită modificării procesului natural de transport al sedimentelor de către curenții de apă.

Calcululele au fost efectuate cu un model numeric Delft3D, bazat pe date măsurate în ultima parte a anului 2013, pentru o zonă care cuprinde punctele critice 01 și 02: un tronson de pe Dunărea Veche între km 348 - 334, brațul Bala și un tronson de pe brațul Borcea. Simulările numerice efectuate pornind de la datele pentru o situație cu debit total relativ mic pe Dunăre au luat în considerare diferite ipoteze de umplere parțială pe lățimea brațului la intrarea pe Bala, dragaje în trepte la diferite nivele ale albiei pe Dunărea Veche în aval de bifurcație. Albia mai adâncă datorită acestor dragaje pe Dunărea Veche a favorizat o creștere a debitului pe acest braț și o reducere pe Bala.

Rezultatele simulării numerice au arătat că debitul ceva mai mare care a rezultat pe Dunărea Veche, în albia mai adâncă dintre bifurcație și Epurașu, a condus la viteze de curgere a apei în general mai mici decât vitezele din situația fără dragaje. Creșterea debitului pe Dunărea Veche care a rezultat din calcul în situația studiată nu a sporit acțiunea curentului de apă asupra sedimentelor din albie pe tronsonul dintre bifurcație și Epurașu. Acest lucru a fost pus în evidență de valorile eforturilor la nivelul albiei, obținute prin simulare numerică. Vitezele la mijlocul adâncimii au valori mai mici decât cele de la suprafața apei, fiind evident mai reduse pe Dunărea Veche în aval de ramificație. Valorile vitezelor la fund au fost și mai scăzute decât cele calculate pentru straturile de deasupra.

❖ Modelare preliminară a tendințelor de transport local al sedimentelor la bifurcația brațului Dunărea Veche, în unele situații anterioare

Simulările numerice ale tendințelor de transport local al sedimentelor au fost efectuate folosind unele debite apărute anterior pe Dunărea Veche și au permis o analiză preliminară calitativă a rezultatelor modelului Delft3D cu anumite date și opțiuni, în condițiile specifice de la bifurcație.

A fost utilizat un model avansat al efectelor turbulenței asupra structurii curenților de apă de la bifurcație. Simulările numerice au fost efectuate cu un model corespunzător situației anterioare a pragului.

Estimările la un debit de cca. 3400 m³/s au arătat tendințe diferite ale transportului local de sedimente pe brațe, precum și diferențe față de situația de pe tronsonul din amonte al albiei brațului Dunărea Veche.

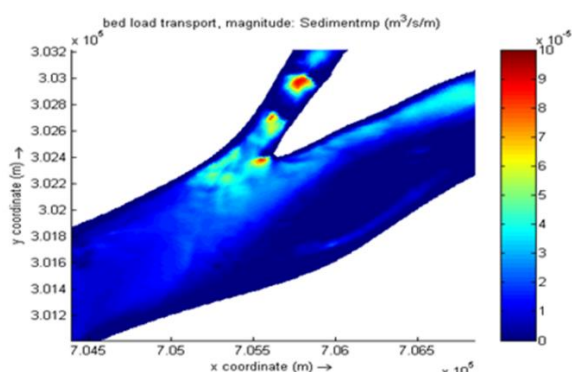


Figura 2.4.68. Tendințe ale transportului local al sedimentelor la bifurcație, Q=3400 m³/s

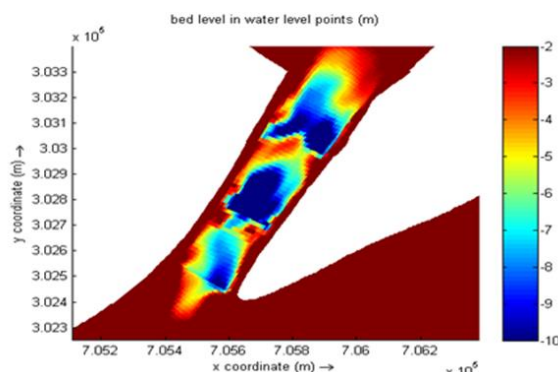


Figura 2.4.69. Tendințe ale modificării nivelului albiei pe brațe la bifurcație, pe termen scurt, Q=3400 m³/s

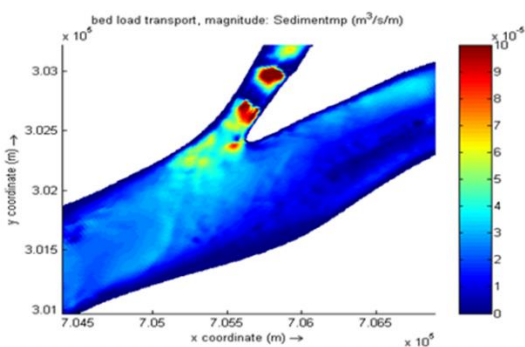


Figura 2.4.70. Tendințe ale transportului local al sedimentelor la bifurcație, Q=6400 m³/s

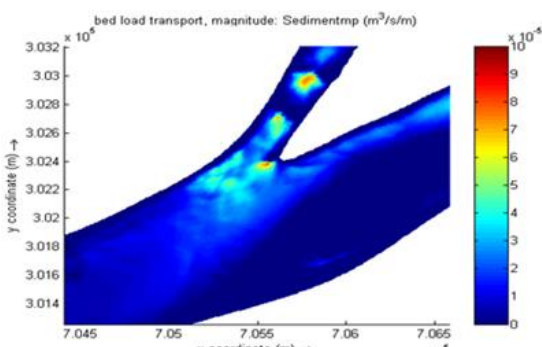


Figura 2.4.71. Tendințe ale transportului local al sedimentelor la bifurcație, Q=2700 m³/s

Rezultatele modelării preliminare Delft3D au arătat creșteri ale transportului local al sedimentelor la bifurcație datorită acțiunii curenților de apă. S-a remarcat un efect mai mare în aria de despărțire a curenților principali. În aval, pe Dunărea Veche s-a observat o anumită continuitate a mișcării sedimentelor pe partea stângă a albiei. Totodată, au fost evidențiate unele tendințe de modificare a nivelului albiei la bifurcație, mai ales la intrarea pe brațul Bala.

Simulările numerice cu debite de circa 2700 m³/s și 6400 m³/s, în amonte de bifurcația brațului Dunărea Veche, au dus la rezultate care arată dependența directă a transportului local al

sedimentelor la bifurcație față de valoarea debitului. Diferențele au fost evidente între cele 3 situații de debite simulate.

Punctul critic 02

Analiza zonei corespunzătoare PC02 din punct de vedere al modelării numerice a fost realizată utilizând pachetele software **RSim-3D** și **Delft3D**.

A. Modelare numerică realizată prin utilizarea programului RSim-3D

Experții din Consorțiu au analizat în detaliu zona PC02, pe baza seturilor de date disponibile. Prin modelare numerică, aceștia au urmărit atingerea următoarelor obiective:

- predicția și analiza impactului construcțiilor;
- determinarea parametrilor hidraulici: viteze 3D, nivele ale suprafeței apei, mărimi referitoare la turbulență, eforturi la nivelul albiei;
- analiza efectelor parametrilor hidraulici asupra migrației peștilor;
- evaluarea transportului sedimentelor: concentrații de sedimente în suspensie, transport la nivelul albiei;
- calibrarea și validarea modelului 3D.

Etapele de construire a modelului au cuprins:

- crearea modelului digital al terenului;
- crearea unei rețele de calcul și precizarea condițiilor la limită în secțiunile de intrare și de ieșire;
- precizarea valorilor inițiale ale rugozității;
- specificarea opțiunilor pentru calcul și pentru convergență;
- calibrarea modelului 3D;
- validarea modelului 3D;
- calibrarea și validarea modelului transportului sedimentelor.

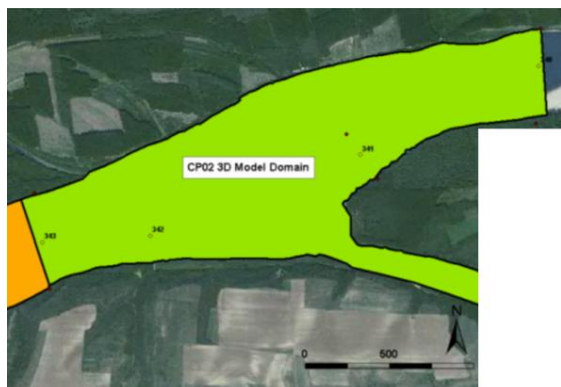


Figura 2.4.72. Domeniu pentru modelare PC02



Figura 2.4.73. Rețeaua de discretizare la PC02

Inițial, a fost evidențiat domeniul de discretizare (figura 2.4.72) și au fost generate rețelele preliminare de elemente (figura 2.4.73) pentru zona de pe Dunărea Veche cuprinsă între km 343 și km 340, precum și zona situată pe brațul Epurașu - primul km de după desprinderea acestui braț.

❖ Stabilirea rețelelor de calcul și pregătirea modelului hidrodinamic RSim-3D pentru punctul critic principal PC02

Au fost pregătite rețele de calcul de tip RSim-3D până la nivelul malurilor, pentru ariile studiate de la PC02, folosind și date batimetrice din anul 2013.

Prima rețea de calcul, care acoperă domeniul considerat are elemente cu mărimi între 4 - 28 m. Straturile stabilite pe verticală se află la distanțe mai mari unul de altul în partea de mijloc dintre albie și suprafața apei.

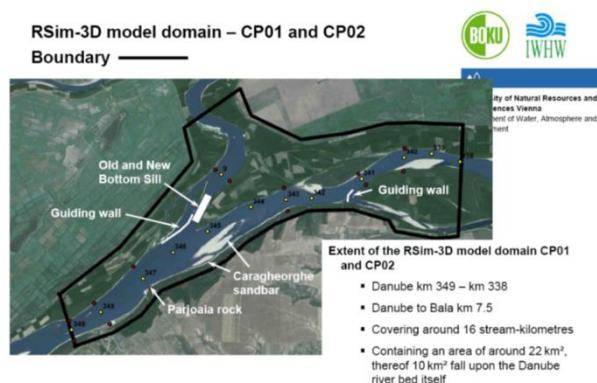


Figura 2.4.74. Domeniul de calcul considerat pentru PC02

Folosind linii ale rețelei de calcul, au fost precizate secțiunile de intrare a apei și de ieșire din domeniul de calcul. Condițiile la limită utilizate constau în specificarea debitului la intrare și a nivelelor apei la ieșirile de pe brațe. Apoi, au fost pregătiți parametrii și opțiunile de calcul necesare pentru rularea modelului RSim-3D. Ajustarea parametrilor a fost efectuată pe baza rezultatelor testelor de calcul.

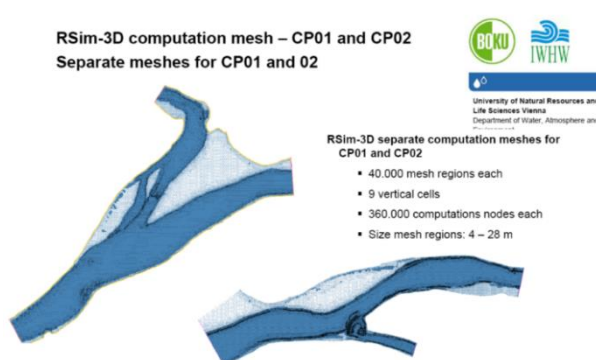


Figura 2.4.75. Rețele de calcul pentru o zonă de la PC02

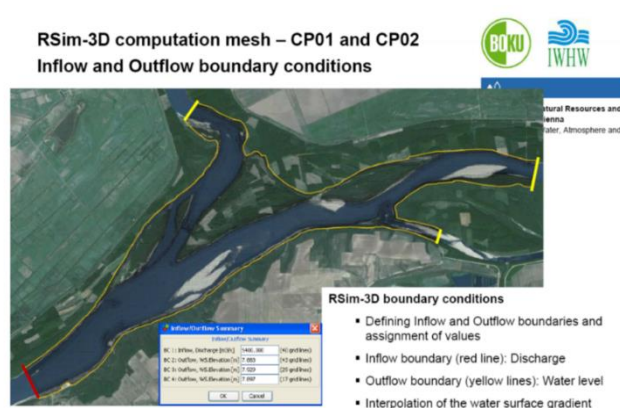


Figura 2.4.76. Secțiunile pentru specificarea condițiilor la limită

Modelul RSim-3D pentru PC02 a furnizat distribuții de viteze și distribuții ale nivelelor apei în situații cu diferite debite.

❖ Simulări cu modelul RSim-3D pentru zona punctului critic PC02

S-au pregătit seturi de rezultate ale modelului hidrodinamic RSim-3D, obținute prin simulări pe un domeniu de calcul care conține albia minoră și arii eventual acoperite la debite mai mari, de până la 12000 m³/s. PC02 este inclus în domeniul de discretizare comun și PC01, cu zona digului submersibil și cu tronsoane parțiale pe brațe.

RSim-3D detailed model– CP01 and CP02
Computation mesh – flood stage

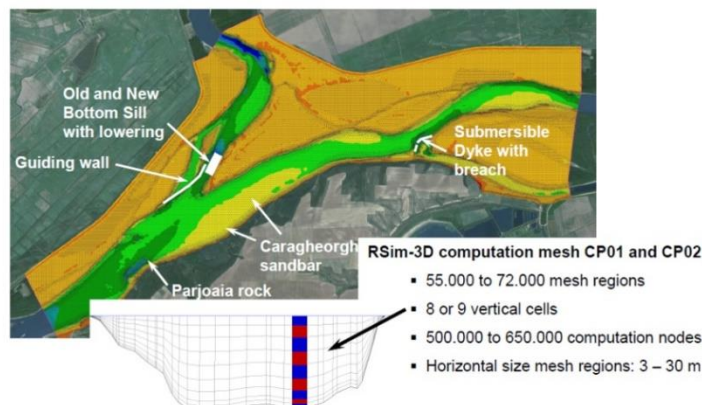


Figura 2.4.77. Rețeaua de calcul pentru modelul RSim-3D

Pentru calibrarea modelului au fost utilizate date referitoare la situația de dinaintea execuției lucrărilor, fapt ce a permis compararea valorilor debitelor din model cu cele măsurate pe brațele principale, iar corespondența valorilor a fost prezentată grafic. Acuratețea rezultatelor modelului hidrodinamic RSim-3D pentru calculul nivelelor, vitezelor și debitelor a fost estimată ținând seamă de precizia metodei numerice pentru sistemul de ecuații ale modelului hidrodinamic, mărimea elementelor rețelei de calcul.

❖ Modelarea cu iSed a transportului de sedimente

În condițiile existenței digului de dirijare submersibil, au fost realizate modele de transport de sedimente în suspensie, considerându-se trei debite la Izvoarele: debit mediu [5396 m³/s]; debit scăzut [2704 m³/s] și debit ridicat [9934 m³/s].

Pentru un debit mediu, pe Dunărea Veche (amonte și aval de dig) valorile concentrației de sedimente în suspensie sunt cuprinse în intervalul 20-30 mg/l, iar diametrul mediu al sedimentelor în suspensie este de cca. 0,025 mm. Pe brațul Epurașu valorile concentrației de sedimente în suspensie aparțin intervalului de 10 - 20 mg/l, în timp ce diametrul mediu al sedimentelor în suspensie are valori cuprinse între 0,010 și 0,020 mm. În apropierea digului se observă o ușoară creștere a diametrului mediu (până la 0,030 mm).

Pentru un debit scăzut în secțiunea Izvoarele de 2704 m³/s, valorile concentrației de sedimente în suspensie sunt sub 10 mg/l, atât pe Dunărea Veche (amonte și aval de dig) cât și pe brațul Epurașu. În ceea ce privește diametrul median al sedimentelor în suspensie, pe Dunăre sunt obținute valori cuprinse între 0,005-0,010 mm, în timp ce pe brațul Epurașu, unde apa nu curge la acest debit scăzut valorile sunt mai mici de 0,005 mm.

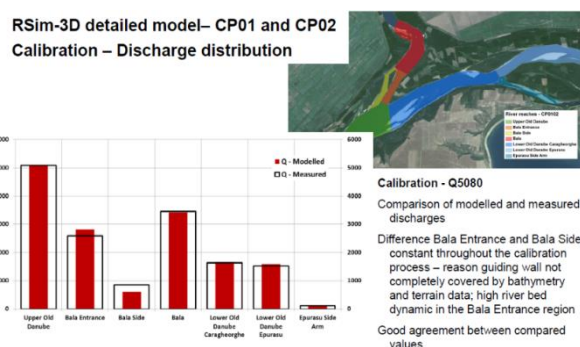


Figura 2.4.78. Comparație între valorile din model și valorile măsurate ale debitelor pe brațe

În cazul variantei în care debitul înregistrat în secțiunea Izvoarele este de $9934 \text{ m}^3/\text{s}$, pe Dunărea Veche (amonte și aval de dig) și pe brațul Epurașu concentrația de sedimente în suspensie ajunge până la valori cuprinse între 90 mg/l și 100 mg/l . Diametrul median al sedimentelor în suspensie pe Dunăre și pe brațul Epurașu este de cca. $0,025 \text{ mm}$, excepție făcând arealul de lângă malul stâng de pe Dunăre, unde valorile depășesc $0,040 \text{ mm}$.

Totodată, în condițiile existenței digului de dirijare de la PC02, a fost analizat diametrul median al sedimentelor în stratul superior al patului albiei după un an de transport de sedimente (hidrograful anului 2004). În acest caz, pe Dunăre diametrul mediu în stratul superior are valori cuprinse între $0,30 \text{ mm}$ și $0,35 \text{ mm}$, în apropierea digului de dirijare acestea depășesc $0,40 \text{ mm}$, iar pe brațul Epurașu, sunt inferioare valorii de $0,05 \text{ mm}$ (fenomen depunere sedimente în suspensie). În general, zonele de eroziune tind să corespundă cu zonele în care în stratul superior de aluviuni se prezintă o creștere a diametrului mediu al sedimentelor, în timp ce zonele de depunere sunt însoțite de o descreștere a diametrului median al sedimentelor. Zonele gri sunt zone neerodabile și fără modificări morfologice.

În cazul în care sunt analizate diferențele la nivelul patului albiei dintre situația de după 1 an de transport de sedimente (hidrograful anului 2004), în condițiile existenței digului de dirijare de la PC02 și situația inițială, se observă că pe Dunăre, în apropierea digului de dirijare, apar zone de eroziune cu adâncimi de peste $2,3 \text{ m}$, iar în golful aflat în spatele digului de dirijare apar sedimentări cu grosimi de până la 2 m , fiind de așteptat să apară fenomene de colmatare pe brațul Epurașu (figura 2.4.80).

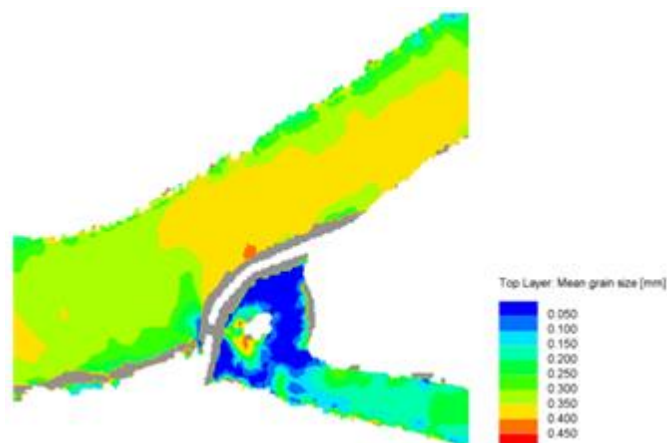


Figura 2.4.79. Materialul din stratul superior al patului albiei după 1 an de transport de sedimente

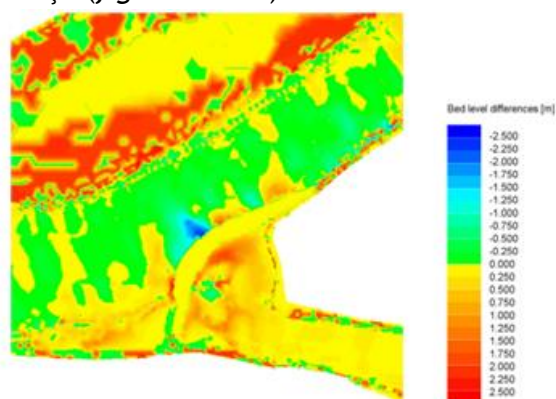


Figura 2.4.80. Diferențe la nivelul patului albiei după 1 an de transport de sedimente

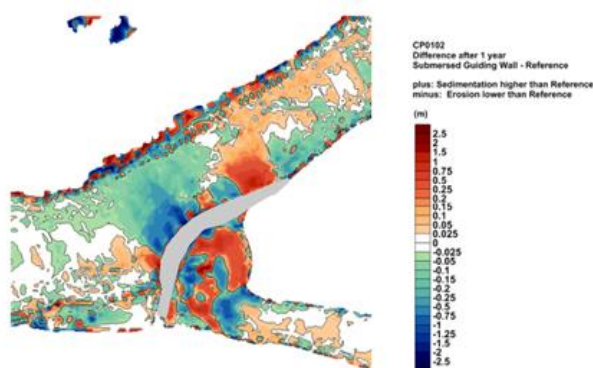


Figura 2.4.81. Comparație între situația cu dig și referință - între diferențele la nivelul patului albiei

În comparație cu referința, în situația de după construcția digului de dirijare, pe Dunăre, în apropiere și în aval de digul de dirijare, se evidențiază depuneri de cca. 1 m . Pe brațul

Epurașu, în aval de dig, comparativ cu situația de referință, agradarea este mai puternică (0,5 m-1 m) (*figura 2.4.81*).

B. Modelare numerică realizată prin utilizarea programului DELFT3D

❖ Modelarea cvasi-3D a întregului sector

În prima parte, utilizând programul Delft3D, zona aferentă PC02 a fost analizată la scară mare, în cadrul unui model ce cuprinde toate subdomeniile asamblate, precum și zona aferentă PC01.

Această rețea are un număr total de peste 386.000 celule. Suprapunerea datelor batimetrice peste rețelele considerate, pentru aria ce cuprinde și PC02, este reprezentată în *figura 2.4.82*.

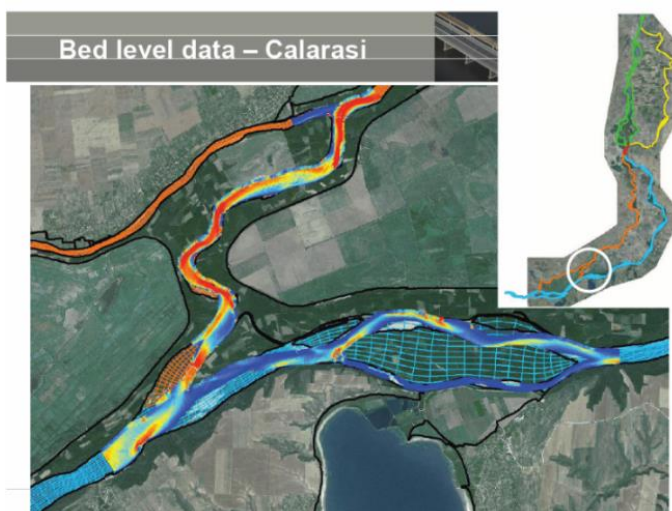


Figura 2.4.82. Date batimetrice vs. rețea de discretizare

❖ Calcule test cu o rețea adaptată local - modelarea mișcării apei în zona PC02

În scopul modelării numerice a curgerii apei în zona PC02, **au fost efectuate teste** privind construcția rețelelor discretizare și analiza proprietăților acestora, urmărind mai întâi obținerea unui cadru de bază care să includă configurația insulelor din zona amonte și aval de PC02, prin utilizarea modulului RGFRID al pachetului software Delft3D (*figura 2.4.83*). Apoi, au fost efectuate operații de preluare a datelor de batimetrie peste rețeaua de elemente finite.

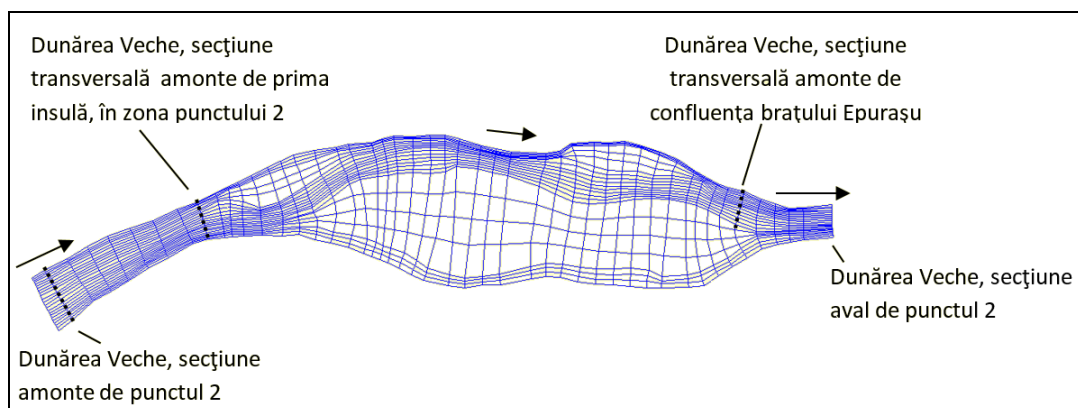


Figura 2.4.83. Elemente particulare ale cadrului de bază, teste pentru construcția rețelei de calcul în zona amonte și aval de PC02

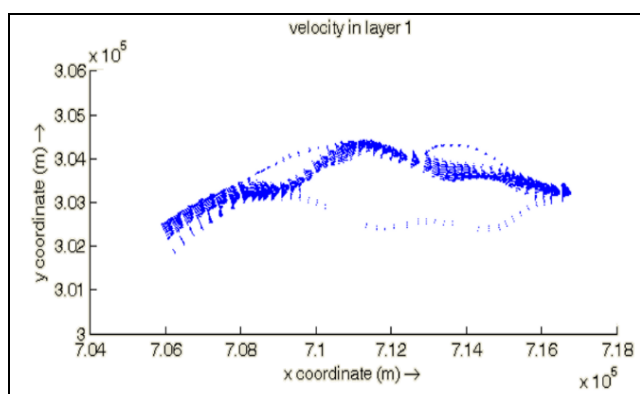


Figura 2.4.84. Distribuție de viteze în zona amonte și aval de PC02, teste

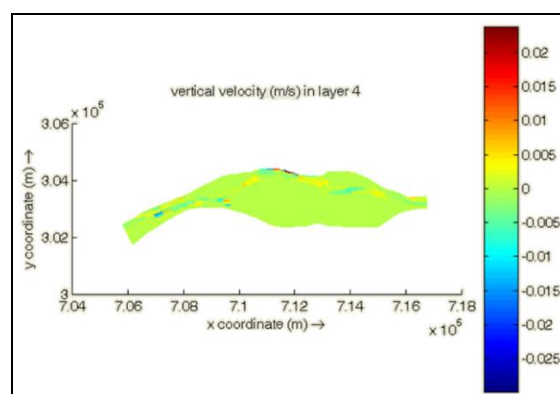


Figura 2.4.85. Distribuție de viteze verticale în zona amonte și aval de PC02, teste

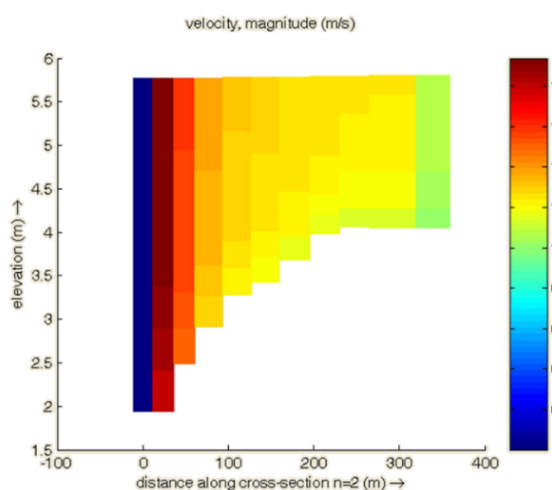


Figura 2.4.86. Distribuție de viteze în secțiunea amonte de pe Dunăre de la PC02, teste

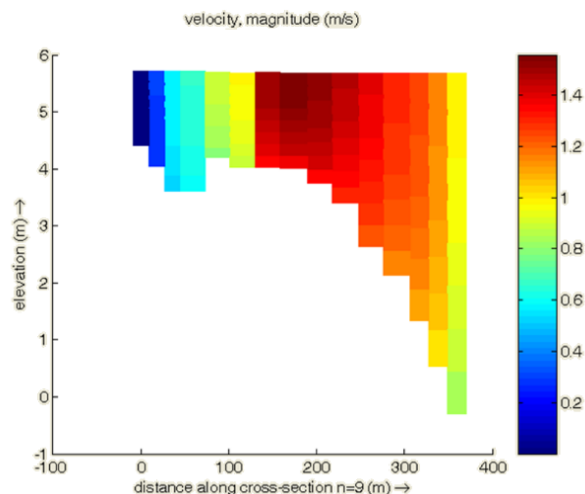


Figura 2.4.87. Distribuție de viteze calculate pe Dunărea Veche în secțiunea amonte de prima insulă (partea stângă) de la PC02, teste

Pornind de la valori ale debitului intrat de pe Dunărea Veche în secțiunea amonte de PC02 și ale nivelului pe Dunărea Veche în secțiunea aval de PC02, au fost efectuate teste privind calculul curgerii apei, folosind modelul Delft3D.

După efectuarea acestor teste, au fost generate rețele cu diferite grade de finețe, în lungul brațului Epurașu. Luând ca bază liniile bazate pe date măsurate, a fost construită o rețea de calcul neregulată, orientată astfel încât să poată încorpora cât mai bine configurația specifică a mișcării apei pe brațul Epurașu.

Testele arată că modelul are capacitatea de a furniza detaliile structurii curenților de apă și orientarea curgerii spre un mal sau spre celălalt în funcție de schimbările direcției albiei și de adâncimi. Așa cum ia în considerare forma albiei, modelul de tip Delft 3D este capabil să simuleze influența unor modificări în albie asupra mișcării apei și poate fi utilizat pentru a analiza efectele construcțiilor existente sau proiectate asupra curenților de apă și asupra parametrilor curgerii.

❖ *Modelare numerică prin utilizarea programului DELFT3D pentru determinarea poziției și geometriei cunetei realizată în corpul digului de dirijare*

În urma analizelor realizate de către experții din cadrul consorțiului asupra eficienței digului de dirijare „submersibil” s-a constatat că cele 2 tuburi prevăzute a se instala în corpul digului la cota de +0.50(MNC), având Ø1000 mm și o lungime de 51,0 m, nu ar asigura un debit suficient, ceea ce ar conduce la întreruperea conectivității longitudinale. Din acest motiv, în acord cu Beneficiarul lucrării, s-a analizat posibilitatea de a se realiza o cunetă în corpul digului.

S-au luat în considerare mai multe amplasamente ale cunetei în corpul digului de la Epurașu și anume:

- Cuneta centrată în dreptul Pichetului P7;
- Cuneta centrată în dreptul Pichetului P8;
- Cuneta centrată în dreptul Pichetului P9;
- Cuneta centrată în dreptul Pichetului P10.



Figura 2.4.88. Digul cu poziția pichetelor

Pentru fiecare din aceste amplasamente s-au considerat mai multe variante de geometrii, ce diferă numai prin deschiderea la baza cunetei și anume:

- Deschidere în baza cunetei de 12 m;
- Deschidere în baza cunetei de 16 m;
- Deschidere în baza cunetei de 20 m.

Pentru toate cunetele analizate cota absolută la baza cunetei a fost de 3,0 m (MNS), respectiv 2,78m (MNC), iar panta taluzelor laterale spre coronament a fost de 1:2.

Modelul batimetric al albiei a fost obținut în urma prelucrării ultimelor măsurători batimetrice efectuate de INCDPM în perioada octombrie-decembrie 2012. În zonele cu acoperire

mai slabă au fost utilizate spre completare și măsurători batimetrice din lunile anterioare. Cotele absolute pentru albia majoră au fost preluate din datele LIDAR - având o rezoluție de 10 m.

S-a construit o rețea de elemente finite ce acoperă în întregime zona situată între km.343 și km.334, atât pe Dunărea Veche, cât și pe brațul Epurașu. Rețeaua a fost rafinată în zonele de interes, în special în zona digului și în zona golfului format în jurul insulei situate la limita amonte al Insulei Epurașu.

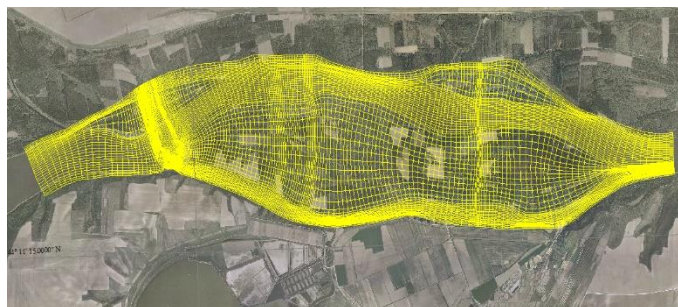


Figura 2.4.89. Rețeaua de elemente finite

Toate variantele de cuneta au fost construite și suprapuse pe locațiile respective în albie. Pentru modelare s-a utilizat software-ul Delft3D. Pentru calibrarea și validarea datelor modelului numeric quasi3D s-au utilizat mai multe debite și nivele măsurate de specialiștii INCDPM.

Pentru fiecare variantă de amplasament a cunetei modelată a fost analizată distribuția direcției de curgere și a vitezei apei - în primul layer (la suprafața apei) - cu o aceeași deschidere în baza a cunetei și pentru aceleași valori de debite pe Dunărea Veche în amonte de digul de la Epurașu. Calitativ, rezultatele nu sunt influențate nici de mărimea deschiderii în baza cunetei, nici de debitul în amonte de dig. Din acest motiv, au fost prezentate sub formă grafică aceste distribuții ale vitezei apei numai pentru deschiderea maximă a cunetei - 20 m și pentru debitul de $1705 \text{ m}^3/\text{s}$.

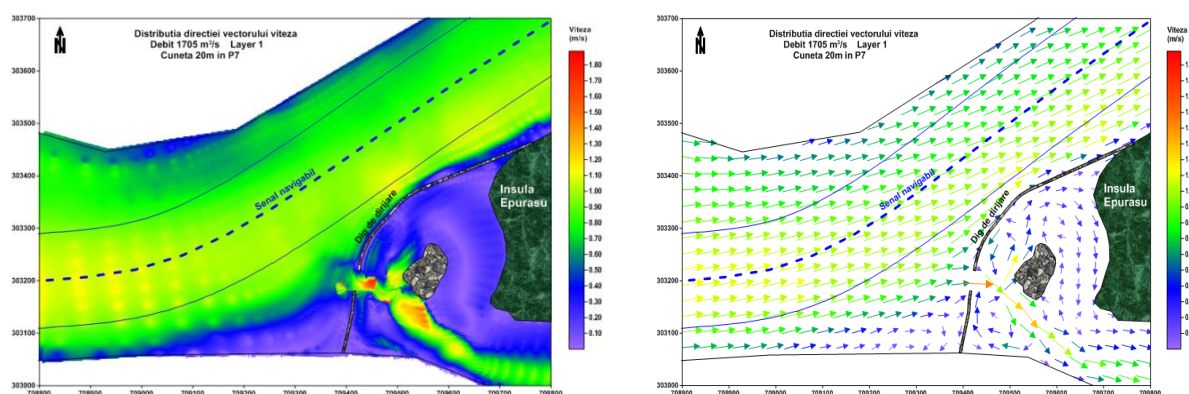


Figura 2.4.90. Cuneta centrata în P7 - Distribuții de viteze

Proiect: MONITORIZAREA IMPACTULUI ASUPRA MEDIULUI A LUCRĂRILOR DE ÎMBUNĂTĂȚIRE A CONDIȚIILOR DE NAVIGAȚIE PE DUNĂRE ÎNTRE CĂLĂRAȘI ȘI BRĂILA, km 375 și km 175

RAPORT FINAL

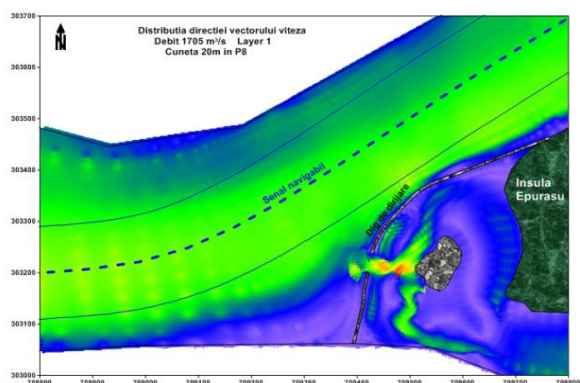


Figura 2.4.91. Cuneta centrata în P8 - Distribuții de viteze

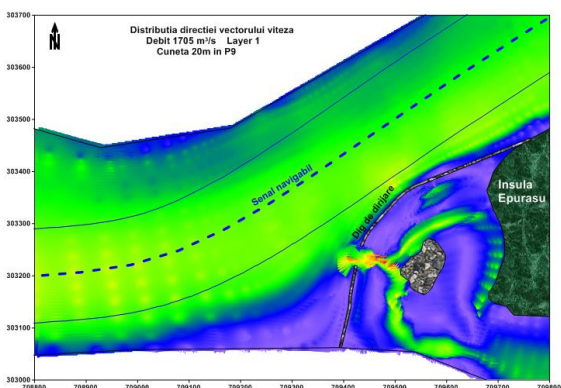


Figura 2.4.92. Cuneta centrata în P9 - Distribuții de viteze

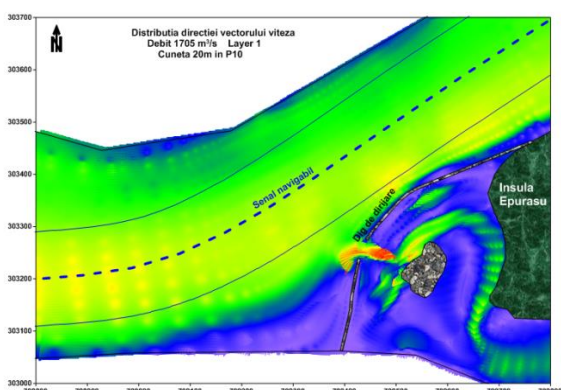


Figura 2.4.93. Cuneta centrată în P10 - Distribuții de viteze

Din compararea distribuțiilor direcției și a mărimii vectorilor de curgere s-a putut constata că amplasamentul cunetei centrat în pichetul P7 este optim, astfel se creează un canal pe care apa curge ocolind atât insulița, cât și colțul insulei Epurașu. În această situație se evită și continuarea procesului de erodare a capătului amonte al insulei Epurașu.

- ❖ *Perfecționarea modelului hidrodinamic pe Dunărea Veche și pe brațul Epurașu, în zona punctului critic PC02, pentru situații cu sau fără trecerea apei peste dig*

Gridul modelului Delft3D a fost perfecționat astfel încât să se poată reprezenta cuneta și digul de la PC02.

Seturile de date batimetrice obținute pe baza măsurătorilor au fost preluate pe gridul modelului, iar valorile respective au fost utilizate pentru construirea unei reprezentări a albiei bazată pe condițiile din septembrie 2014. Cu acest model, au fost efectuate **simulări numerice preliminare**, pentru zona care cuprinde PC02, în vederea examinării influenței unor detalii ale reprezentării albiei și condițiilor de curgere în model.

Rezultatele analizate, privind distribuțiile de viteze în aria care cuprinde digul, cuneta și intrarea spre brațul Epurașu, pun în evidență efectele principale ale construcțiilor respective. Vitezele indică detalii ale mișcării apei în lungul digului, urmând traseul curbiliniu al acestuia, precum și la trecerea prin cunetă. Valorile calculate arată viteze mai mici pe brațul Epurașu decât pe traseul curentului principal al brațului Dunărea Veche.

Analiza rezultatelor calculate privind debitele din gama valorilor medii pe Dunăre din vara și toamna anului 2014 pe brațul Epurașu și pe cursul principal, a arătat că valorile obținute din model sunt relativ apropiate de cele măsurate. Diferențe apar la debit foarte mic pe Epurașu și la debit mare.

Simulările numerice cu valori intermediare ale parametrilor au furnizat distribuții de viteze pe Dunărea Veche, în zona digului și pe brațul Epurașu, la debite care acoperă o gamă largă de situații în care nu apare trecerea apei peste dig. Distribuțiile de viteze diferă pe brațe și mai ales la trecerea spre brațul Epurașu, în funcție de debitul total pe Dunărea Veche în aval de Bala.

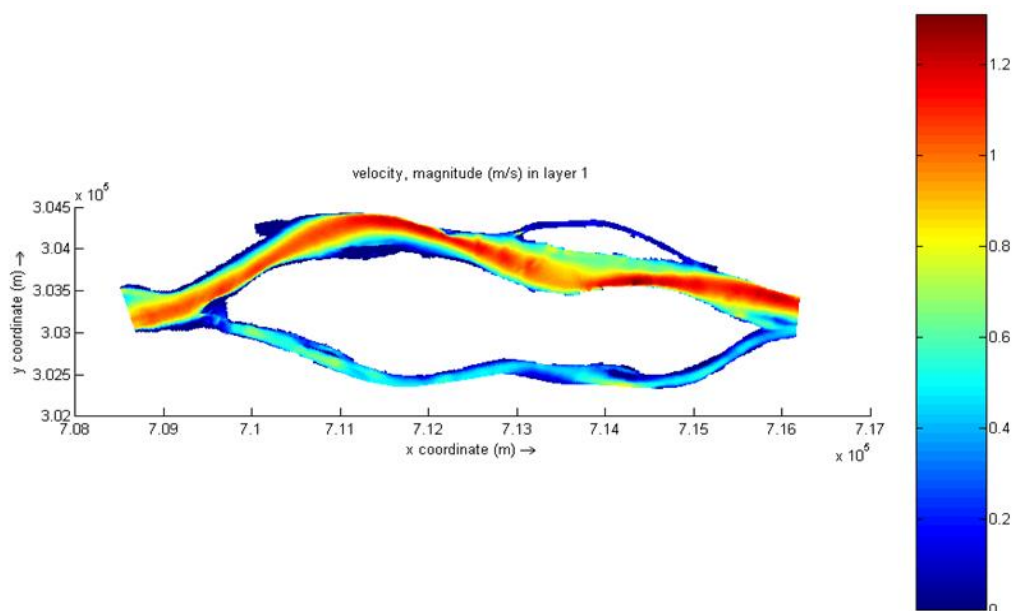


Figura 2.4.94. Distribuție preliminară de viteze pe Dunărea Veche și pe brațul Epurașu - model actualizat

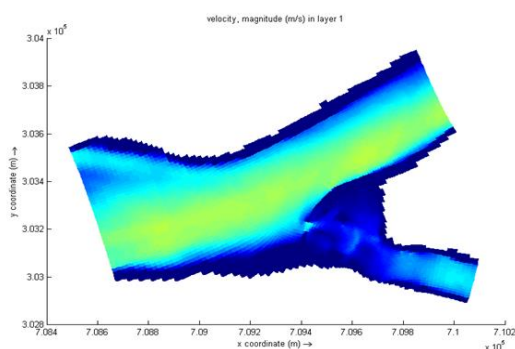


Figura 2.4.95. Distribuție de viteze la PC02, la debit de circa 1400 m³/s - model actualizat

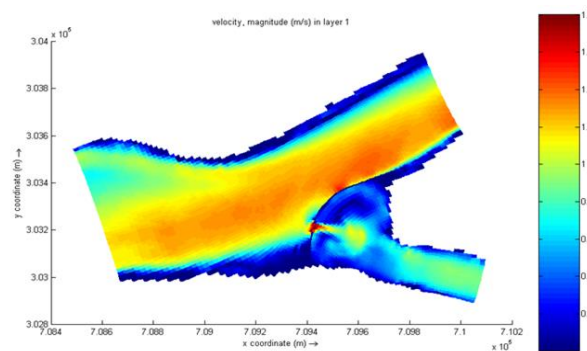


Figura 2.4.96. Distribuție de viteze la PC02, la debit de circa 2950 m³/s - model actualizat

Rezultatele modelării indică și unele particularități importante ale curenților de apă după trecerea prin cunetă și intrarea în aria din spatele digului. Orientarea curenților este pusă în evidență de rezultatele privind componentele pe verticală ale vitezelor de curgere. Acestea sunt mai mari pe măsura creșterii debitului, fiind localizate mai ales în arii din spatele cunetei, pe traseul de intrare spre brațul Epurașu. Aceste arii sunt puse în evidență și de rezultatele privind distribuția eforturilor la nivelul albiei în zona din spatele digului.

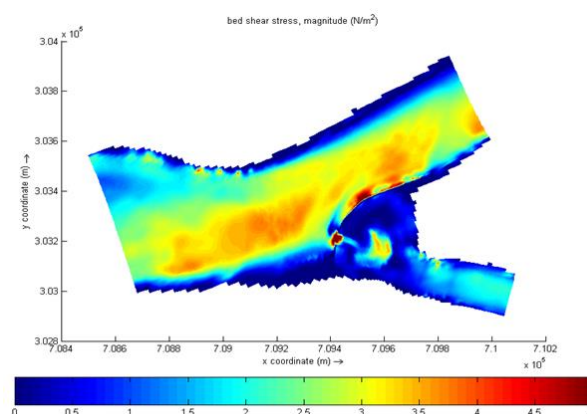


Figura 2.4.97. Eforturi la nivelul albiei la PC02, la debit de circa 2950 m³/s - model actualizat

Urmărind obținerea unui model cu o abordare unitară pentru diverse debite intrate pe Dunărea Veche în aval de Bala, parametrii modelului Delft3D au fost ajustați în final pentru un set larg de debite, medii și mari, ținând seamă de date măsurate pe Dunărea Veche și pe Epurașu în vara și toamna anului 2014 și într-o situație din ultima parte a anului 2013 când debitul pe brațul Epurașu a fost foarte mic. Totodată, au fost îmbunătățite datele la limita amonte, luând în considerare diferite pante ale curgerii apei între limitele tronsonului modelat, pentru diverse situații de debite.

Simulările numerice ale curgerii apei în zona PC02, pe un sector al brațului Dunărea Veche, în zona digului și pe brațul Epurașu, au furnizat distribuții de debite relativ aproape de cele măsurate pe aceste brațe, atât pentru debite mari, cât și pentru situații medii în care apa nu curge peste dig, ci doar prin cunetă. La valori mai mari ale debitului și nivelului, debitul măsurat pe brațul Epurașu nu cuprinde și o parte de debit care curge peste unele porțiuni ale insulei, lateral față de brațul Epurașu, în timp ce rezultatele simulării cuprind suma acestor debite și dau o valoare mai mare decât cea măsurată strict pe lățimea brațului Epurașu.

Pe lângă debitele pe brațe și peste dig, modelul furnizează distribuții de viteze de curgere și alți parametri pe brațe, precum și în zona digului și în aria din spatele acestuia.

Pentru situații de debite și nivele la care are loc trecerea apei prin cunetă și peste dig, rezultatele simulărilor numerice efectuate pun în evidență parametri ai curgerii apei peste

coronament. Pentru situații de debite și nivele cu trecere doar prin cunetă, distribuțiile de viteze calculate cuprind valori efective în aria cunetei și valori nule pe coronamentul digului.

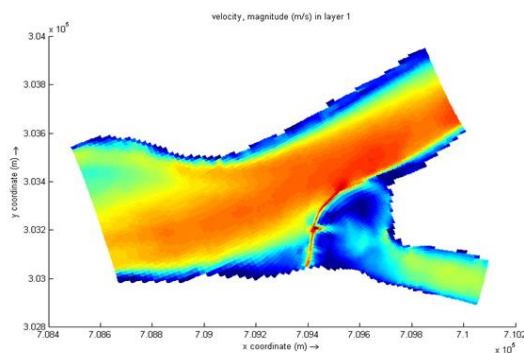


Figura 2.4.98. Distribuție de viteze la PC02, la debit de circa 3960 m³/s

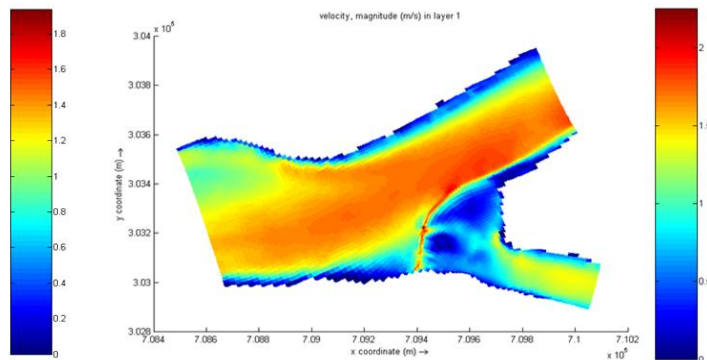


Figura 2.4.99. Distribuție de viteze la PC02, la debit de circa 5300 m³/s

Rezultatele simulărilor numerice indică că a fost obținut un model perfecționat al curgerii apei în zona PC02, cu abordare unitară pentru debite mari și debite medii, cu sau fără curgerea apei peste dig.

Simulările numerice la debite mari și medii au condus la rezultate comparabile cu unele valori bazate pe analiza datelor din măsurători în ceea ce privește debitele pe brațe.

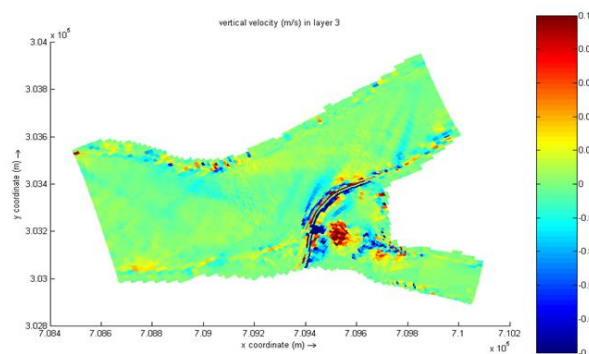


Figura 2.4.100. Distribuție de viteze pe verticală la PC02, la debit de circa 3960 m³/s

❖ *Simulări numerice pe un tronson de pe Dunărea Veche și pe brațul Epurașu, pentru completarea rezultatelor monitorizării în situații întâlnite în ianuarie 2015*

Folosind date bazate pe măsurătorile efectuate în luna ianuarie 2015 privind debitele pe Dunărea Veche, simulările numerice au furnizat rezultate privind diferiți parametri ai curgerii apei pe tronsonul de pe Dunărea Veche din dreptul brațului Epurașu și pe întreaga lungime a acestui braț, sub influența construcției realizate în această zonă.

În figurile următoare, sunt prezentate rezultate pentru o porțiune din amonte și aval de PC02. Se observă că, în situațiile analizate din luna ianuarie 2015, curentul principal a fost dirijat de dig pe Dunărea Veche, fiind îndeplinit rolul acestei construcții.

Vitezele de curgere a apei pe brațul Epurașu au fost în general mai mici decât pe Dunărea Veche. Valorile vitezelor în zona cunetei depind mult de debit.

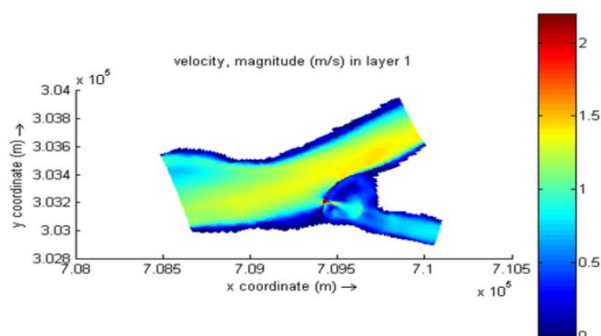


Figura 2.4.101. Distribuții de viteze pe brațe la PC02, la un debit din ianuarie de circa 2960 m³/s

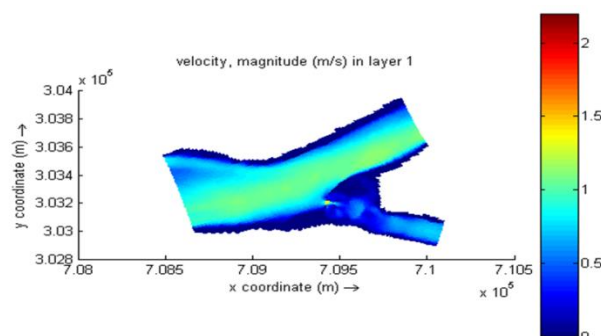


Figura 2.4.102. Distribuții de viteze pe brațe la PC02, la un debit din ianuarie de circa 1780 m³/s

Rezultatele arată că distribuțiile de viteze pe parcursul lunii ianuarie 2015 au fost diferite în funcție de debit, mai ales pe Dunărea Veche. De asemenea, vitezele în spatele digului s-au modificat pe parcursul lunii menționate.

Pentru aceleași situații de debite au fost efectuate simulări numerice ale transportului local al sedimentelor și tendințelor de modificare a patului albiei pe termen scurt, pe Dunărea Veche și pe brațul Epurașu, în zona PC02. În cadrul modelului Delft3D, au fost utilizate **estimări bazate pe metoda Meyer-Peter-Muller**. Au fost puse în evidență eventuale tendințe locale de eroziune sau depunere a sedimentelor pe brațe, pornind de la situația inițială. Analizând comparativ figurile, se pot observa tendințe de eroziuni sau depuneri în unele arii de pe Dunărea Veche.

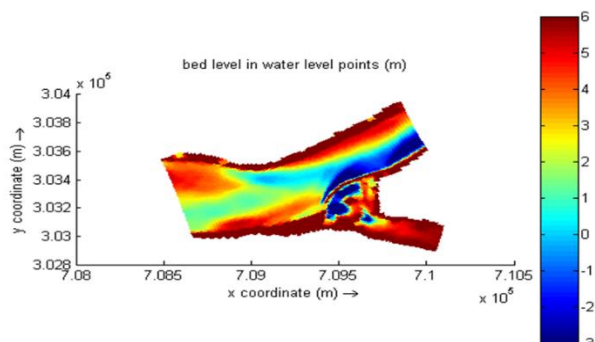


Figura 2.4.103. Tendințe ale modificării patului albiei pe brațe, pe termen scurt, la PC02, Q=1780 m³/s

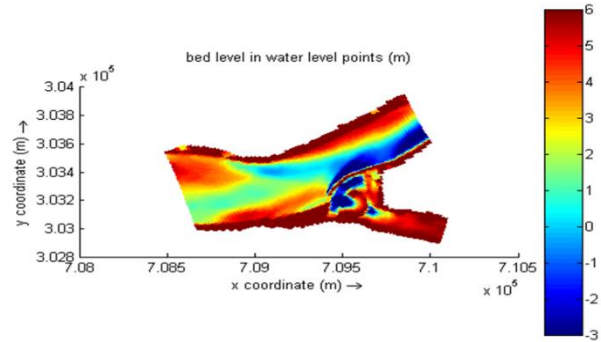


Figura 2.4.104. Tendințe ale modificării patului albiei pe brațe, pe termen scurt, la PC02, Q=2960 m³/s

Tendințele de eroziuni sau depuneri pe brațe pot fi observate mai mult la debitul mai mare și sunt mai reduse la debit mai mic.

Totodată, pornind de la aceeași situație inițială a albiei pe brațele din zona PC02, au fost efectuate simulări numerice ale efectelor potențiale ale transportului local al sedimentelor, la debite bazate pe măsurători efectuate în diferite luni din anul 2014.

Rezultatele au arătat diverse tendințe de modificări ale albiei pe termen scurt, depinzând de valorile debitelor. La un debit mai mic decât valorile menționate din luna ianuarie 2015, tendințele determinate de transportul local al sedimentelor la nivelul albiei sunt mai reduse. La

un debit mare, rezultatele simulării numerice arată tendințe mai mari de modificări în albie pe Dunărea Veche și pe brațul Epurașu.

Totodată, în condițiile de debit mare, datorită curgerii apei peste dig, apar și tendințe de modificări la capătul amonte al insulei delimitate de brațul Epurașu. La asemenea nivele mari ale apei, protecția capătului insulei prin dirijarea curentului principal pe Dunărea Veche de către dig se diminuează.

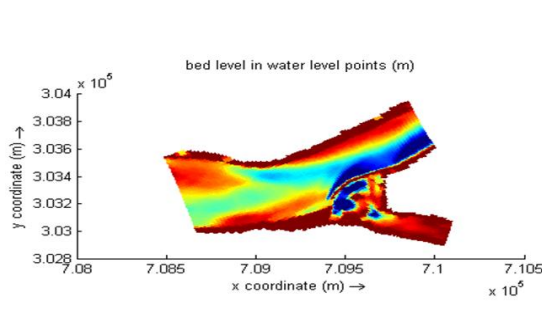


Figura 2.4.105. Tendințe ale modificării patului albiei pe brațe, pe termen scurt, la PC02, $Q=1640 \text{ m}^3/\text{s}$

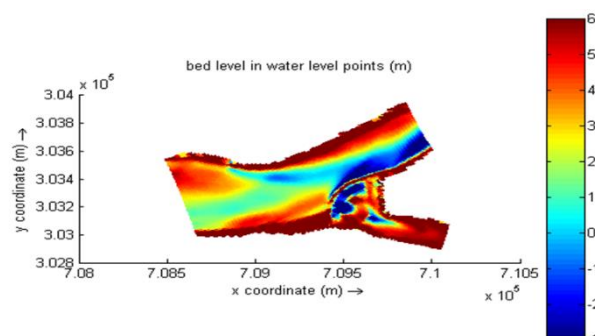


Figura 2.4.106. Tendințe ale modificării patului albiei pe brațe, pe termen scurt, la PC02, $Q=5300 \text{ m}^3/\text{s}$

❖ **Modelarea parametrilor hidrodinamici pe brațe la punctul critic PC02 și a transportului local al sedimentelor - situații întâlnite în martie 2015**

Pornind de la date privind debitele apărute pe Dunărea Veche în ultima perioadă, a fost modelată curgerea apei pe brațe, obținând vitezele și alți parametri specifici și au fost efectuate simulări numerice privind tendințe de transport local al sedimentelor la PC02, utilizând o abordare opțională din cadrul pachetului Delft3D. Debitelor măsurate în 4 campanii din luna martie 2015 au avut în general valori medii și mari, iar simulările Delft3D au evidențiat structura curenților de apă în zona PC02.

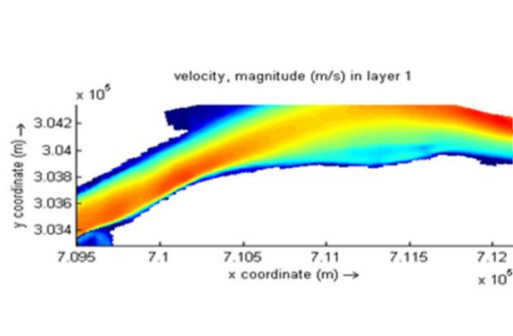


Figura 2.4.107. Distribuția vitezelor apei pe Dunărea Veche în aval de digul de la PC02, $Q=3120 \text{ m}^3/\text{s}$

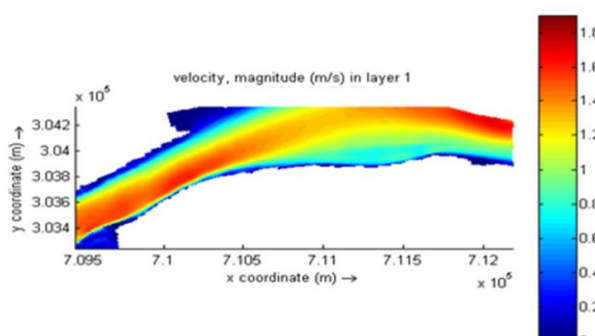


Figura 2.4.108. Distribuția vitezelor apei pe Dunărea Veche în aval de digul de la PC02, $Q=5350 \text{ m}^3/\text{s}$

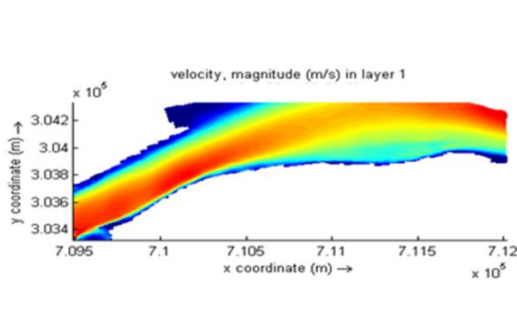


Figura 2.4.109. Distribuția vitezelor apei pe Dunărea Veche în aval de digul de la PC02, $Q=3860 \text{ m}^3/\text{s}$

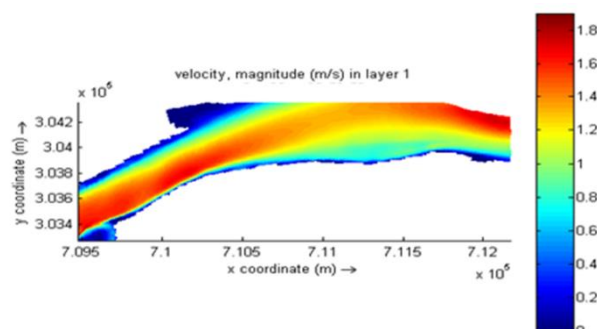


Figura 2.4.110. Distribuția vitezelor apei pe Dunărea Veche în aval de digul de la PC02, $Q=4020 \text{ m}^3/\text{s}$

Pe baza rezultatelor simulărilor numerice pe tronsonul care cuprinde Dunărea Veche la PC02 și brațul Epurașu, sunt prezentate comparativ distribuțiile de viteze în aval de dig, pe brațul Dunărea Veche, pentru 4 situații de debite, de circa $3120 \text{ m}^3/\text{s}$, $3530 \text{ m}^3/\text{s}$, $3860 \text{ m}^3/\text{s}$, $4020 \text{ m}^3/\text{s}$. Vitezele maxime în secțiunile de pe Dunărea Veche au valori în general între 1.2 m/s și 1.7 m/s pe tronsonul prezentat din aval de dig, în situațiile de debite analizate. Valorile vitezelor sunt mai mari în apropierea digului decât la malul stâng.

În ceea ce privește modelarea transportului local al sedimentelor la PC02, rezultatele simulărilor în cele 4 situații de debite menționate sunt prezentate comparativ, pentru aceeași zonă de pe brațul Dunărea Veche din aval de dig. Analizând relația cu valorile debitelor, rezultatele arată creșterea tendințelor de transport local al sedimentelor pe măsura trecerii de la debite medii spre debite mai mari.

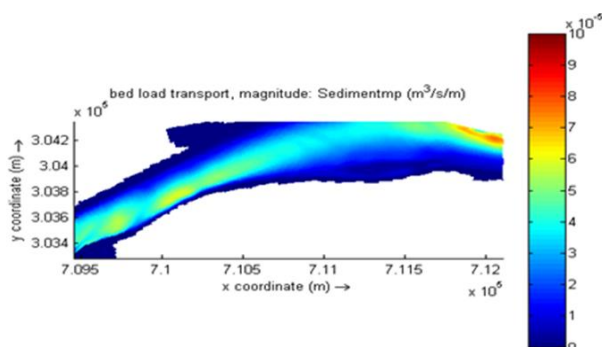


Figura 2.4.111. Tendințe ale transportului local al sedimentelor pe Dunărea Veche în aval de digul de la PC02, $Q=3120 \text{ m}^3/\text{s}$

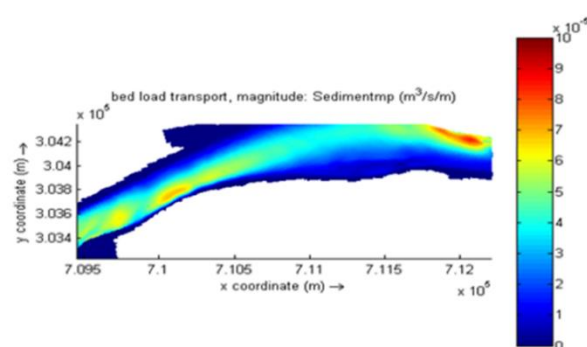


Figura 2.4.112. Tendințe ale transportului local al sedimentelor pe Dunărea Veche în aval de digul de la PC02, $Q=3530 \text{ m}^3/\text{s}$

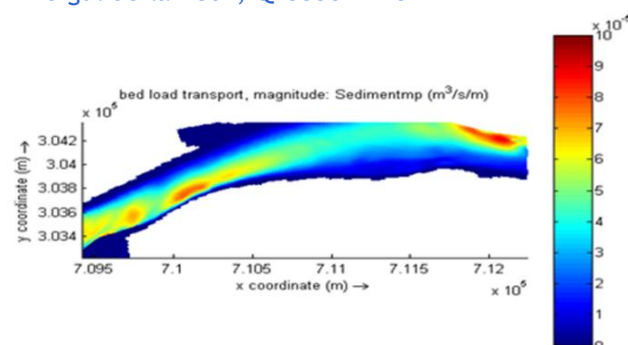
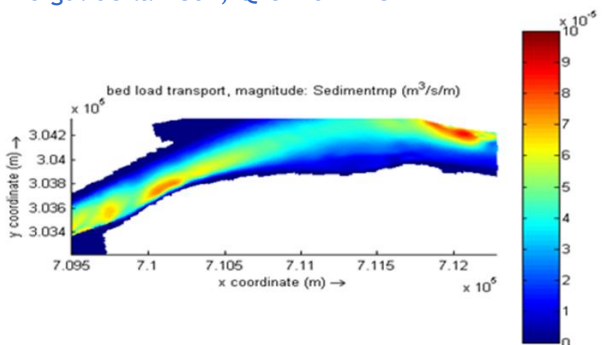


Figura 2.4.113. Tendințe ale transportului local al sedimentelor pe Dunărea Veche în aval de digul de la PC02, $Q=3860 \text{ m}^3/\text{s}$

Figura 2.4.114. Tendințe ale transportului local al sedimentelor pe Dunărea Veche în aval de digul de la PC02, $Q=4020 \text{ m}^3/\text{s}$

Rezultatele simulărilor numerice arată că transportul local al sedimentelor se dezvoltă mai ales în unele arii din albie, unde se intensifică și se extinde treptat o dată cu sporirea valorii debitului pe acest tronson. La debite mai mari, apare și lângă dig o arie cu tendință de creștere a transportului local al sedimentelor.

❖ **Modelare Delft3D privind curgerea pe brațe la PC02 și transportul local al sedimentelor pentru situații de debit din aprilie 2015**

Modelarea Delft3D a curgerii apei pe brațe a fost efectuată pentru unele situații de debite apărute pe Dunăre în luna aprilie 2015, cu valori între 3300 - 4000 m^3/s pe Dunărea Veche la PC02. Distribuțiile de viteze obținute pe baza măsurărilor efectuate în aprilie 2015 sunt relativ asemănătoare cu cele din martie 2015. Vitezele obținute prin simulări numerice sunt în gama valorilor obișnuite pe Dunăre.

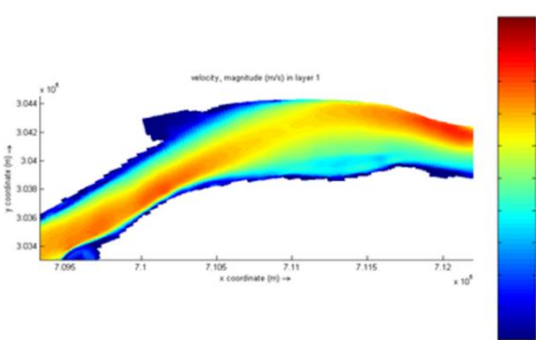


Figura 2.4.115. Distribuția vitezelor apei pe Dunărea Veche în aval de digul de la PC02, $Q=3300 \text{ m}^3/\text{s}$

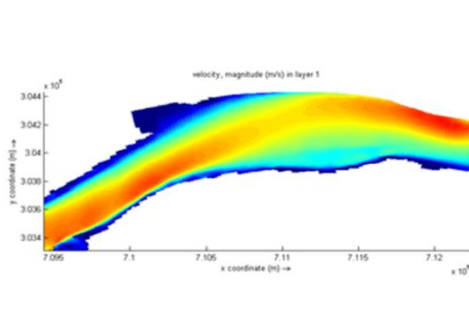


Figura 2.4.116. Distribuția vitezelor apei pe Dunărea Veche în aval de digul de la PC02, $Q=3610 \text{ m}^3/\text{s}$

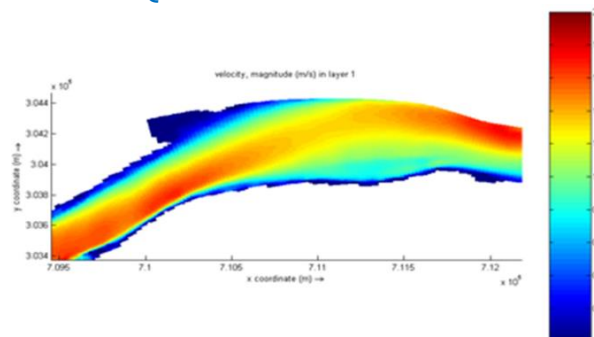


Figura 2.4.117. Distribuția vitezelor apei pe Dunărea Veche în aval de digul de la PC02, $Q=4000 \text{ m}^3/\text{s}$

Simulările numerice privind tendințele de transport local al sedimentelor în diferite porțiuni de pe Dunărea Veche, în zona PC02, au fost efectuate pentru aceleași situații de debite din luna aprilie 2015. Reprezentările grafice ale rezultatelor modelului Delft3D arată că valorile sunt influențate destul de mult de debitul pe brațul Dunărea Veche. La debit mai mare, tendințele de transport local al sedimentelor sunt evident mai intense și apar pe arii mai mari din albie.

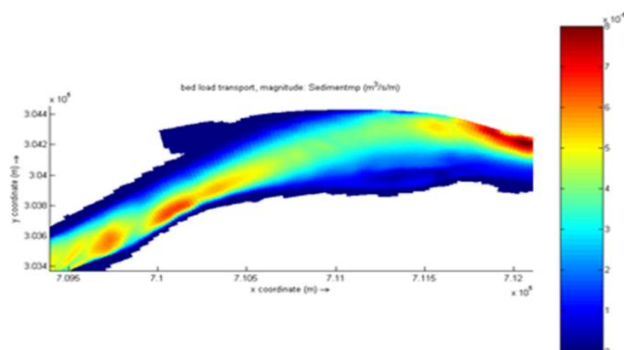


Figura 2.4.118. Tendințe ale transportului local al sedimentelor pe Dunărea Veche în aval de digul de la PC02, $Q=3300 \text{ m}^3/\text{s}$

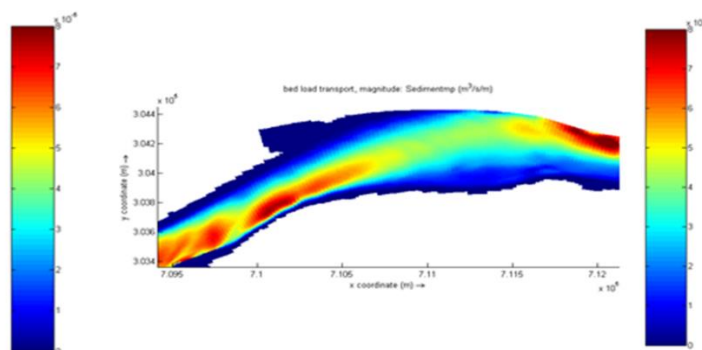


Figura 2.4.119. Tendințe ale transportului local al sedimentelor pe Dunărea Veche în aval de digul de la PC02, $Q=4000 \text{ m}^3/\text{s}$

În toate situațiile de debit la care se referă simulările numerice pentru zona PC02, rezultatele indică tendințe mai mari sau mai reduse de transport local al sedimentelor pe anumite tronsoane ale brațului Dunărea Veche, în funcție de particularitățile albiei. Rezultatele simulărilor arată că tendințele respective nu sunt uniforme, ci depind de detaliile albiei și ale curgerii apei în diferite arii de pe braț.

❖ *Simularea transportului de sedimente la punctul critic PC02, utilizând Delft3D. Scenarii cunetă*

În vederea realizării lucrărilor în spatele construcției hidrotehnice, **cuneta digului de pe brațul Epurașu a fost complet închisă în perioada mai-iunie 2015**. Astfel, pentru a evalua efectele datorate acestei situații, au fost efectuate, în zona PC02, simulări numerice utilizând programul Delft3D, având la bază ultima ridicare batimetrică disponibilă din luna iunie 2015. Totodată, a fost elaborată și varianta în care cuneta este deschisă - situația normală, realizându-se apoi o analiză comparativă între cele două scenarii.

Datele de intrare utilizate au constat în: valori măsurate ale debitelor și nivelurilor apei corespunzătoare, concentrația de sedimente în suspensie de 20 mg/l și diametrul median al sedimentelor de $0,010 \text{ mm}$. În urma calibrării modelului, s-au obținut următorii parametri: coeficientul de rugozitate Manning egal cu $0,025$, vâscozitatea egală cu $0,5 \text{ m}^2/\text{s}$ și difuzivitatea egală cu $0,5 \text{ m}^2/\text{s}$. Pentru ambele situații a fost simulat și transportul de sedimente în suspensie pe o perioadă de până la 3 luni, prin utilizarea unui factor morfologic egal cu 40 (corespunzător unei evoluții a morfologiei albiei pentru această perioadă).



Figura 2.4.120. Secțiunile de control utilizate în modelarea numerică

Scenariul în care digul este prevăzut cu cunetă deschisă a fost rulat pentru un debit $Q=37\text{m}^3/\text{s}$ la intrarea în cunetă. Prin modelare numerică s-au obținut valori ale vitezelor comparabile cu cele rezultate în urma măsurărilor.

Rezultatele modelării arată că transportul sedimentelor în suspensie este mai intens în dreptul cunetei, redistribuindu-se apoi în aval, în funcție de cotele albiei existente, urmând a se reconcentra la intrarea pe brațul Epurașu. Concentrația de sedimente în suspensie este mai mare în dreptul cunetei și continuă să aibă valori ridicate și după intrarea pe brațul Epurașu, până la secțiunea de control S4 (figura 2.4.121).

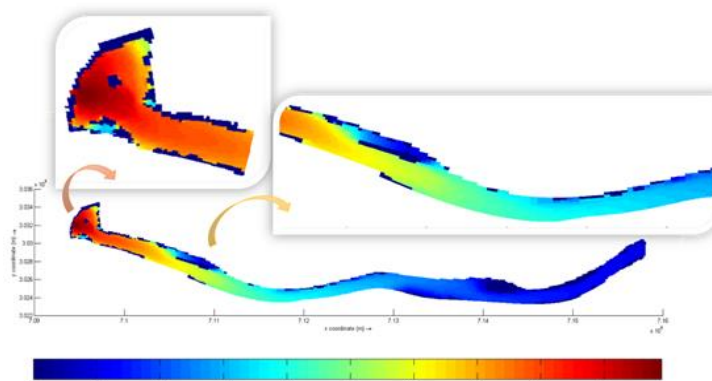


Figura 2.4.121. Evoluția concentrației sedimentelor în suspensie pentru un debit de $37\text{m}^3/\text{s}$

Această diferență a fost evidențiată printr-o analiză comparativă între secțiunile S2 și S5 - în cazul secțiunii S5 au fost obținute valori mai ridicate ale concentrației de sedimente în straturile inferioare ($0,017\text{ mg/l}$), față de secțiunea S2 ($0,003\text{ mg/l}$). Conform analizei privind evoluția în timp a transportului de sedimente aflate în suspensie în zona PC02, s-a observat că pentru debitul de $37\text{m}^3/\text{s}$, fenomenul preponderent ce are loc în această zonă este cel de depunere, depunerile variind de la 2 mm - după 1 lună de rulare, la 1 cm - după 3 luni de rulare (figura 2.4.122).

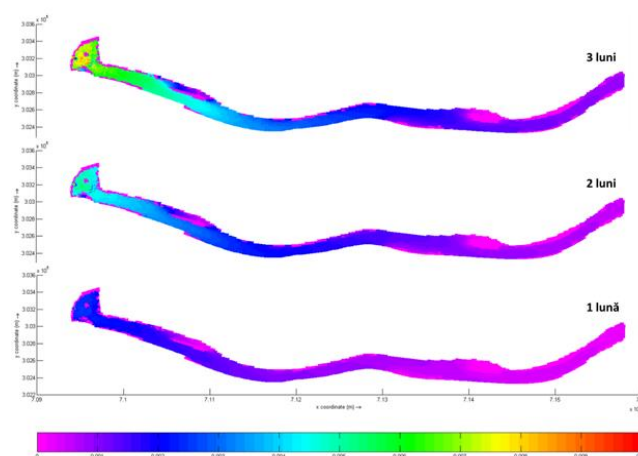


Figura 2.4.122. Fenomenul de sedimentare după diferite perioade de timp, pentru un debit de $37\text{m}^3/\text{s}$

După realizarea simulării transportului sedimentelor târâte pentru situația dig prevăzut cu cunetă deschisă în PC02 pentru o perioadă de 3 luni, la un debit scurs de $276 \text{ m}^3/\text{s}$, s-au observat modificări semnificative ale patului albiei pe tot brațul Epurașu. Astfel, sunt evidențiate schimbări morfologice ale patului albiei la intrarea pe braț, chiar după prima lună de simulare. După trei luni de simulare sunt observate modificări semnificative ale patului albiei, în special în spatele digului submersibil și la intrarea pe braț (fenomene de eroziune și de depunere în succesiune), în zona insulelor și la ieșirea de pe brațul Epurașu (figura 2.4.123).

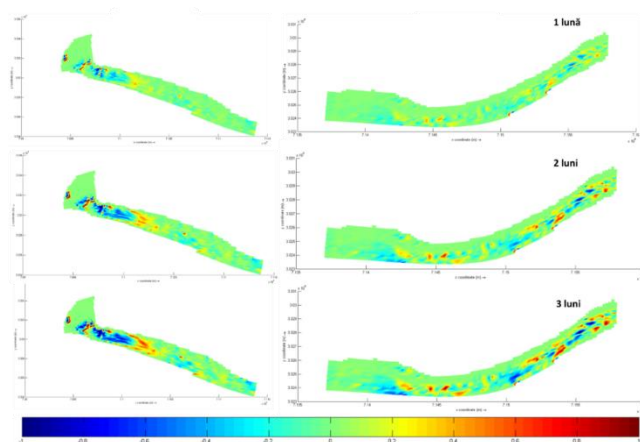


Figura 2.4.123. Fenomene de eroziune/depunere detaliate pentru zonele bancurilor de nisip de pe brațul Epurașu, evidențiate după 1 - 3 luni, pentru un debit de $276 \text{ m}^3/\text{s}$

Scenariul aferent situației dig cu cunetă închisă a fost rulat pentru un debit $Q=14 \text{ m}^3/\text{s}$, considerat ca fiind datorat în exclusivitate infiltrațiilor prin cunetă. Distribuția vitezelor apei pentru întreaga zonă modelată, arată valori scăzute ale acestora, cu un maxim de $0,12 \text{ m/s}$, la intrarea pe brațul Epurașu. Datorita valorilor scăzute ale vitezelor apei, în primii 3 km din model se observă o accentuată depunere a sedimentelor (figura 2.4.124).

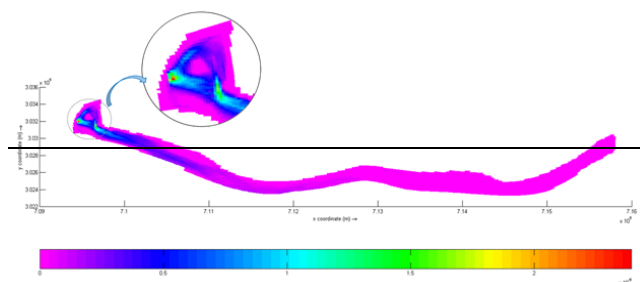


Figura 2.4.124. Transportul sedimentelor în suspensie pentru un debit de $14 \text{ m}^3/\text{s}$

Se remarcă faptul că la debitul de $14 \text{ m}^3/\text{s}$, concentrația sedimentelor prezintă o scădere accentuată în primii km ai modelului, datorită depunerii acestora pe patul albiei, în secțiunea S5, concentrația de sedimente în suspensie este de $0,012 \text{ mg/l}$ în straturile inferioare ale modelului față de $0,0001 \text{ mg/l}$ în secțiunea S2. Distribuția temporală a fenomenului de sedimentare (figura 2.4.125) evidențiază o modificare doar în

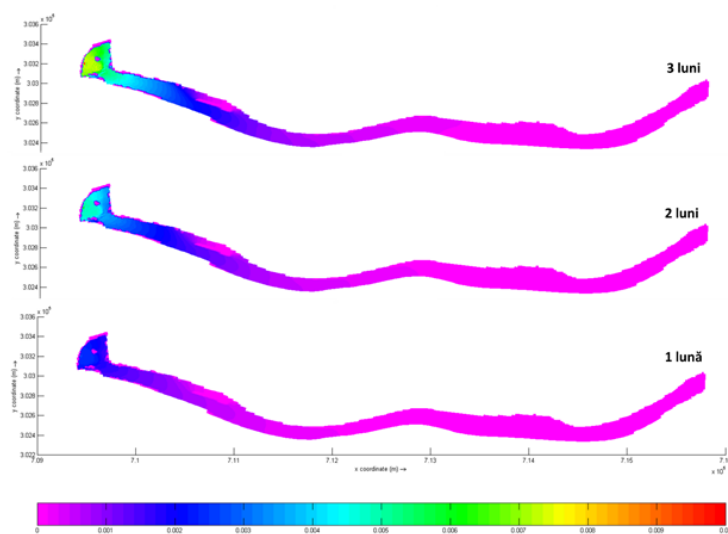


Figura 2.4.125. Fenomenul de sedimentare după

prima parte a modelului prin creșterea cantității de sedimente depuse de la 0,002 m la 0,007 m (după 3 luni simulate).

Comparând cele două scenarii (figura 2.4.126) se remarcă faptul că, depunerea sedimentelor în suspensie este mai ridicată în cazul unor debite mai scăzute. După primul tronson (S4), unde depunerile sunt mari, concentrațiile devin mici și în consecință depunerile sunt mai mici.

diferite perioade de timp, pentru un debit de $14 \text{ m}^3/\text{s}$

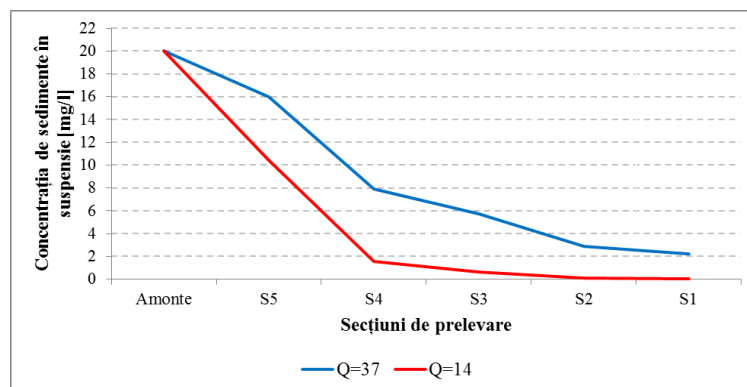


Figura 2.4.126. Comparație între valorile concentrațiilor de sedimente obținute în urma simulării numerice pentru cele 2 scenarii

Punctul critic PC10

Modelarea hidrodinamică și a transportului de sedimente la PC10 s-a realizat integral prin utilizarea modelului Delft3D. Inițial au fost analizate seturile de date batimetrice și hidrologice necesare pentru completarea fișierelor de intrare ale modelului și pentru stabilirea scenariilor care urmau a fi studiate. Seturile de date au fost actualizate și completate pe întreaga perioadă de analiză.

❖ Calcule test privind modelarea mișcării apei

Posibilitățile modelului Delft3D de a simula mișcarea apei Dunării în zona PC10 au fost analizate folosind date specifice din studiile batimetrice și cele hidrologice. Condițiile la limită au fost reprezentate de valori de debit în secțiunea amonte de pe Dunăre și în secțiunea amonte de pe brațul Vâlcui, și de valori ale nivelului apei pe Dunăre în aval de confluența brațului Caleia cu Dunărea. Calculele au fost efectuate în condiții de debit mic pe Dunăre, pentru a testa și observa comportarea modelului.

Au fost utilizate diferite condiții inițiale și diverse valori ale parametrilor. Rezultatele au arătat că modelul are o bună sensibilitate la condițiile locale ale albiei Dunării și la condițiile generale de pe brațe. Valorile calculate au evidențiat variația nivelului apei pe zona studiată a celor două brațe, ca urmare a interacțiunii curenților de apă cu albia fluviului. Modelul a furnizat structura curenților de apă determinată de condițiile generale de curgere și de configurația locală și caracteristicile albiei.

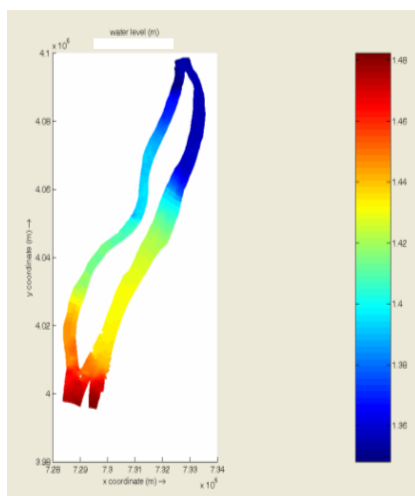


Figura 2.4.127. Nivele calculate ale apei (calcule test)

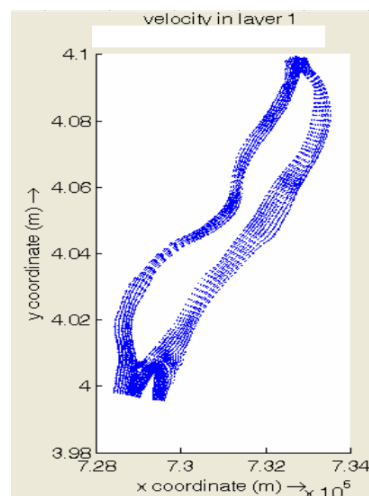


Figura 2.4.128. Viteze calculate ale apei în stratul de la suprafață (calcule test)

❖ **Calcule test privind transportul sedimentelor fine în condițiile locale**

Având în vedere faptul că sedimentele fine, prezente în apa Dunării, atât la debite medii/mari, cât și la debite foarte mici, formează o parte importantă a transportului aluvionar, a fost necesar să fie analizate posibilitățile modelului de a simula transportul sedimentelor fine în suspensie în condițiile specifice existente în zona PC10. Calculele test au fost efectuate pornind de la valori obișnuite ale transportului sedimentelor fine în zona respectivă, în condiții de debit mic pe Dunăre.

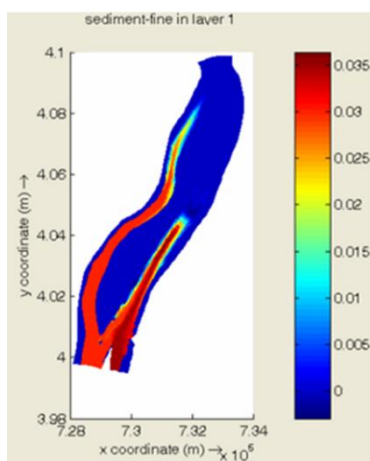


Figura 2.4.129. Distribuția concentrațiilor de sedimente fine transportate din amonte, înainte de parcurgerea sectorului studiat (calcule test)

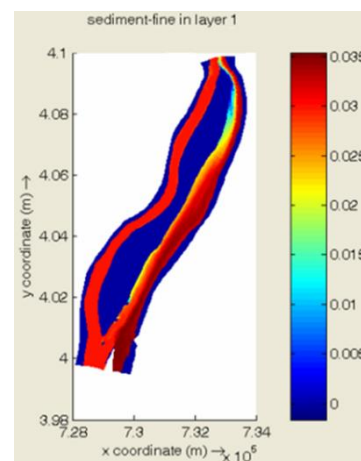


Figura 2.4.130. Distribuția concentrațiilor de sedimente fine transportate din amonte, după parcurgerea sectorului studiat (calcule test)

Au fost testate diferite valori ale parametrilor. Rezultatele au arătat că modelul are capacitatea de a simula transportul sedimentelor fine în zona PC10, pe Dunăre și pe brațul Caleia. Prin urmare, modelul poate simula și transportul sedimentelor fine în condiții tranzitorii (de încărcare variabilă cu aluviuni în apa Dunării).

❖ **Analiza datelor și realizarea unei rețele de calcul detaliate și pregătirea modelului de tip Delft3D al curgerii apei.**

Domeniul de calcul trasat pentru PC10 a ținut seamă de situația brațelor în amonte și în aval de această zonă și a cuprins un tronson de pe Dunăre amonte de brațul Caleia, un tronson de pe brațul Vâlcui, apoi brațul Caleia în întregime și tronsonul corespunzător de pe Dunăre până după confluența cu brațul Caleia.

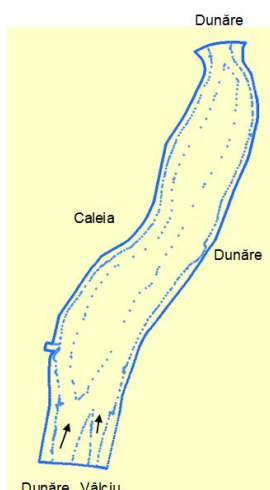


Figura 2.4.131.
Domeniul de calcul
considerat pentru PC10

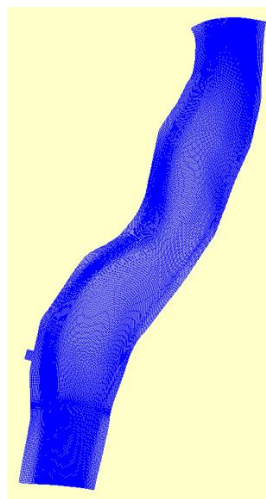


Figura 2.4.132.
Vedere generală a
rețelei de calcul
pentru PC10

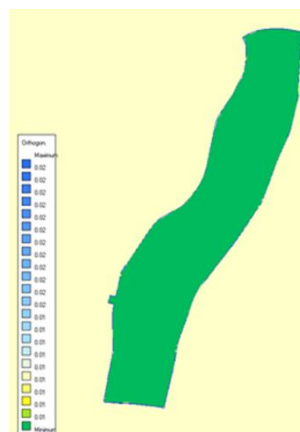


Figura 2.4.133.
Proprietatea de
ortogonalitate a rețelei de
calcul pentru PC10

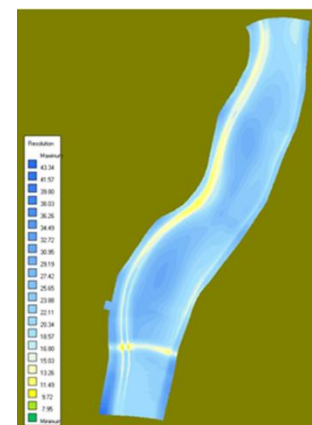


Figura 2.4.134.
Proprietatea referitoare la
rezoluția rețelei de calcul
pentru PC10

Rețeaua de calcul a fost construită luând în considerare diferite elemente: configurațiile brațelor, intrările din amonte, insula, elemente ale construcției de pe brațul Caleia, aria de confluență din aval. Proprietățile rețelei de calcul au fost îmbunătățite treptat, urmărind în primul rând obținerea ortogonalității. Pornind de la această rețea, a putut fi introdusă reprezentarea schematică a construcției din zona ramificației spre brațul Caleia.

Evaluările ortogonalității rețelei de celule indică valori extrem de mici, care permit o precizie foarte bună a rezultatelor modelului Delft3D. Rezoluția obținută a rețelei de calcul pune în evidență finețea acestora și capacitatea de a reprezenta detaliat configurația albiei.

Pornind de la rețeaua de calcul construită, au fost pregătite fișiere necesare modelului de tip Delft3D, care cuprind condiții la limită, situația inițială, intervalul de timp pentru calcule, specificații pentru determinarea debitelor prin anumite secțiuni, precizări asupra reținerii unor rezultate în fișiere și alte elemente. Condițiile la limită precizează debite intrate de pe Dunăre (din amonte de brațul Caleia) și de pe brațul Vâlcui, precum și nivelul apei după confluența brațului Caleia cu Dunărea. Modelul Delft3D permite obținerea valorilor debitelor prin unele secțiuni care sunt parte a rețelei de calcul, la intrare și ieșire sau secțiuni interioare. Fișierele pregătite pentru modelul curgerii apei au fost utilizate pentru calcularea distribuției vitezelor și a nivelelor într-o situație de ape medii.

Distribuțiile de viteze calculate pe brațe pentru condiții de ape medii arată situația diferită pe diverse porțiuni. Reprezentând grafic direcțiile și mărimile vitezelor calculate, au putut fi observate diferențele între curgerea apei pe brațul Caleia și pe Dunăre. Se mai remarcă faptul că, în secțiuni transversale cu distribuție foarte asimetrică a vitezelor de curgere a apei, este important ca rețeaua de calcul să cuprindă suficiente elemente pentru reprezentarea unor porțiuni înguste unde vitezele sunt mai mari

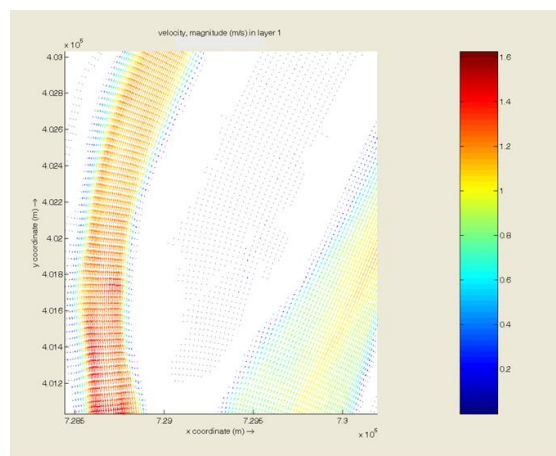


Figura 2.4.135. Rezultate ale modelului Delft3D - distribuția vitezelor apei calculate în zona din aval de bifurcație

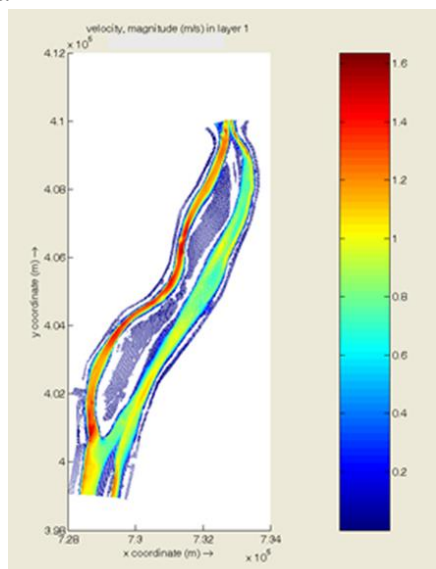


Figura 2.4.136. Rezultate ale modelului Delft3D - distribuția vitezelor apei calculate la debite medii

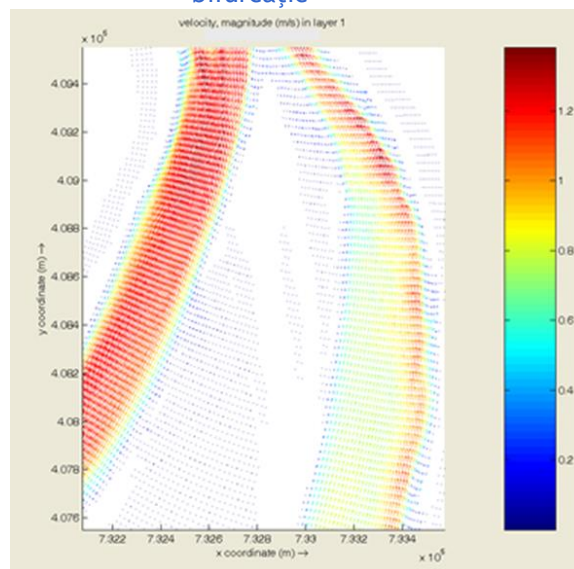


Figura 2.4.137. Rezultate ale modelului Delft3D - distribuția vitezelor apei calculate în zona din amonte de confluență

❖ Teste pentru modelarea transportului sedimentelor la nivelul albiei.

Au fost analizate posibilitățile de aplicare pe un tronson al Dunării a unor metode care utilizează rezultatele calculului mișcării apei pentru estimarea debitului de sedimente la nivelul albiei. Metodele generale pentru calculul transportului sedimentelor din albie, aplicabile în cadrul modelelor de tip Delft3D, au fost preluate din lucrări de specialitate. Ele au fost elaborate în cadrul studiilor privind hidraulica râurilor și transportul sedimentelor, pe baza cercetărilor experimentale sau de teren și au fost aplicate în diferite studii.

Din cauza diversității condițiilor de pe râuri care influențează mișcarea sedimentelor și a diferențelor mari de la un caz la altul, metodele respective furnizează în general rezultate în intervale relativ largi pentru fiecare caz, cu incertitudini mai mari decât la modelarea curgerii apei.

Având în vedere diferențele în elaborarea unor formule și utilitatea comparării mai multor rezultate pentru un tronson de râu, în modelele de tip Delft 3D se poate alege una dintre mai multe metode disponibile pentru calculul transportului sedimentelor din albie pe baza distribuțiilor de viteze calculate.

Debitul de sedimente la nivelul albiei depinde de acțiunea curenților de apă asupra materialului aluvionar. Atât structura curenților cât și componenta sedimentelor sunt complexe și nu pot fi precizate complet prin elemente schematice. În plus, variabilitatea condițiilor din albie de la un loc la altul și modificările determinate de variațiile de debit conduc la valori ale debitelor de sedimente care diferă local și de la un interval de timp la altul.

Testele privind calculul debitului de sedimente la nivelul albiei, efectuate cu metoda Meyer-Peter-Muller în cadrul unui model de tip Delft3D au pus în evidență distribuții de valori care depind de configurația albiei. Valorile la nivelul unor secțiuni transversale sunt influențate de condițiile din porțiunea respectivă a albiei. Rezultatele privind debitele de sedimente la nivelul albiei arată valori în general mai mici pe Dunăre decât pe brațul Caleia, în condițiile din teste privind funcționalitatea metodelor de calcul.

Calculule efectuate cu formula generală prevăzută în lista modelului Delft3D și cu metoda van Rijn 1993 arată, de asemenea, debite de sedimente la nivelul albiei cu valori mai mari pe brațul Caleia decât pe Dunăre în condițiile din teste.

O altă opțiune în cadrul modelelor de tip Delft3D este metoda Ashida - Michiue. Calcululele cu această metodă au dus la estimări în general mai mici ale debitului de sedimente la nivelul albiei.

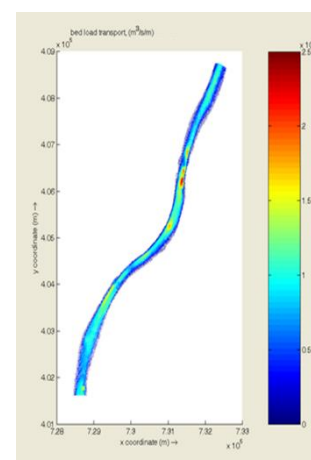


Figura 2.4.138. Valori ale transportului de sedimente la nivelul albiei pe Dunăre în zona punctului critic 10, teste de calcul prin metoda Meyer-Peter-Muller în condiții de debite sub cele medii

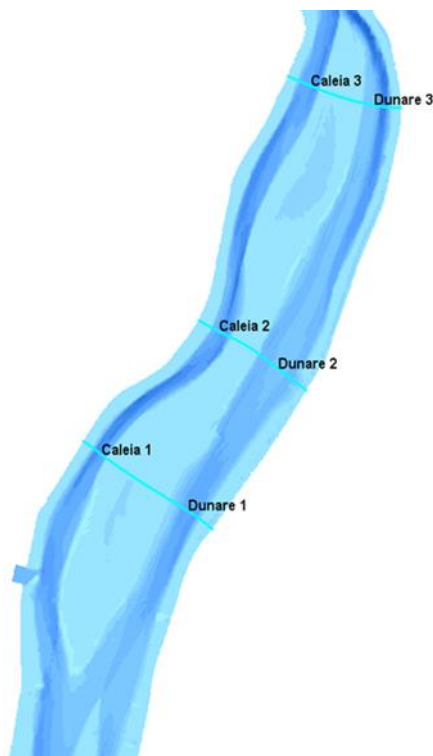


Figura 2.4.139. Secțiuni pentru compararea rezultatelor testelor privind valori calculate ale transportului de sedimente la nivelul albiei pe brațul Caleia și pe Dunăre în zona PC10

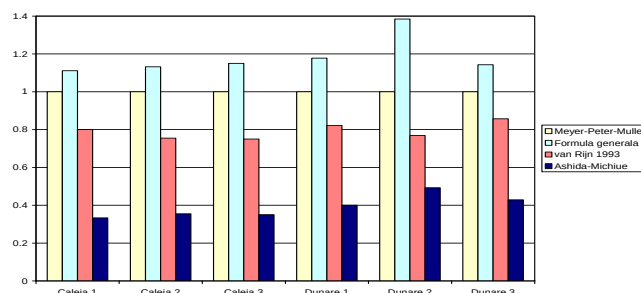


Figura 2.4.140. Valori normalizate ale transportului de sedimente la nivelul albiei în secțiuni de pe brațul Caleia și de pe Dunăre în zona PC10, teste de calcul la debite sub cele medii

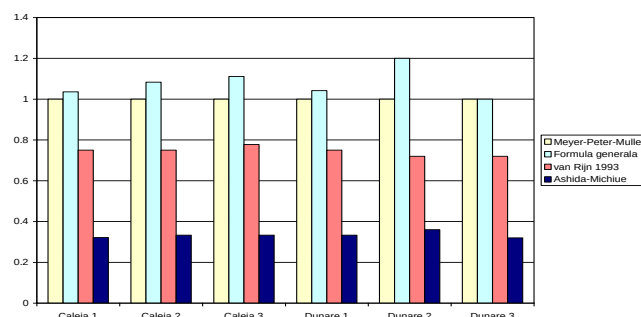


Figura 2.4.141. Valori normalizate ale transportului de sedimente la nivelul albiei în secțiuni de pe brațul Caleia și de pe Dunăre în zona PC10, teste de calcul la debite peste cele medii

Rezultatele testelor privind calculul transportului de sedimente la nivelul albiei, furnizate de diferite metode, au fost analizate comparativ în secțiuni de pe brațul Caleia și secțiuni de pe Dunăre. Valorile normalizate arată unele asemănări între tendințele estimărilor furnizate de metodele menționate la debite sub cele medii și respectiv la debite mai mari.

❖ Teste pentru modelarea transportului mixt al sedimentelor necoezive din albie

Modelarea fenomenelor prin care are loc transportul sedimentelor necoezive poate fi realizată pornind de la anumite componente de bază care sunt aplicabile în cadrul pachetului software Delft3D.

Au fost aplicate metode care țin seamă și de antrenarea sedimentelor în curenții de apă și transportul lor în suspensie. Rezultatele pe care le furnizează în alte cazuri pot depinde mult de diferențele în ceea ce privește condițiile batimetrice și hidraulice, față de cele din cazurile pe baza cărora au fost elaborate. Practic, a fost testată, în condițiile de pe Dunăre, funcționalitatea metodelor de bază care pot fi aplicate în cadrul modelelor de tip Delft3D pentru calculul transportului mixt al sedimentelor necoezive din albie.

Rezultatele privind debitele de sedimente, calculate cu metoda cea mai recentă van Rijn în cadrul unui model de tip Delft3D pentru zona PC10, au arătat distribuții ale transportului în suspensie al sedimentelor din albie care depind de configurația albiei.

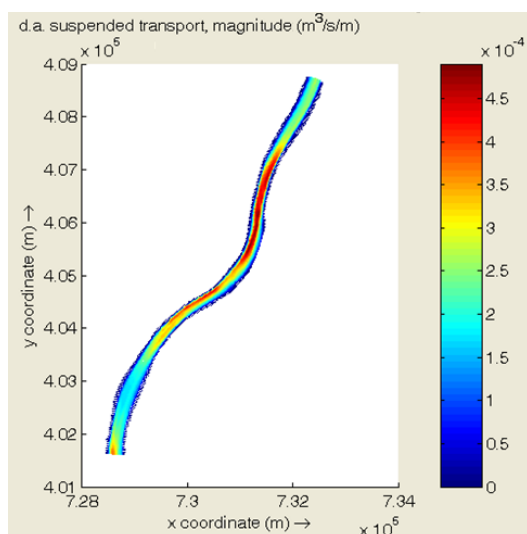


Figura 2.4.142. Valori ale transportului de sedimente necoezive din albie pe brațul Caleia în zona PC10, într-o zonă de deasupra patului albiei, teste de calcul prin metoda van Rijn

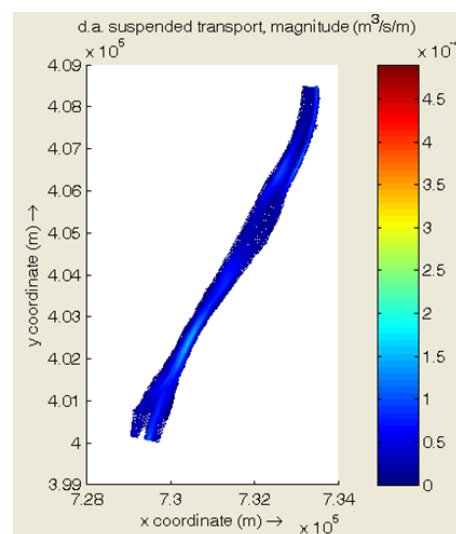


Figura 2.4.143. Valori ale transportului de sedimente necoezive din albie pe Dunăre în zona PC10, într-o zonă de deasupra patului albiei, teste de calcul prin metoda van Rijn

Metoda aplicată a permis să fie pusă în evidență distribuția sedimentelor într-o zonă de deasupra patului albiei. Distribuțiile de valori în secțiuni sunt influențate de forma albiei și de structura locală a curenților de apă.

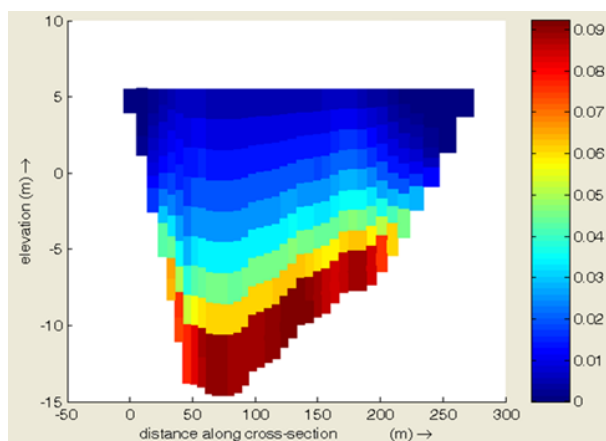


Figura 2.4.144. Distribuție în secțiune transversală a transportului de sedimente necoezive din albie, pe brațul Caleia, în zona PC10, teste de calcul prin metoda van Rijn

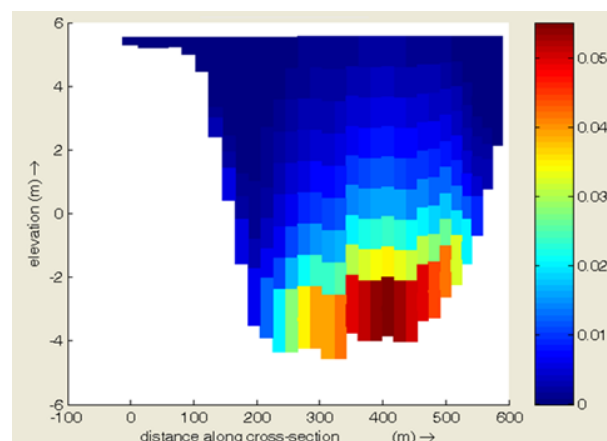


Figura 2.4.145. Distribuție în secțiune transversală a transportului de sedimente necoezive din albie, pe Dunăre, în zona PC10, teste de calcul prin metoda van Rijn

Transportul sedimentelor necoezive din albie a fost calculat prin diverse metode de bază disponibile în cadrul pachetului Delft3D. Calculele au fost efectuate pentru condiții similare, astfel încât să poată fi observate diferențe datorită metodelor. Rezultatele testelor au fost analizate comparativ în secțiuni de pe brațul Caleia și secțiuni de pe Dunăre.

Calculele efectuate cu metoda van Rijn 1984, metoda Soulsby - van Rijn și metoda van Rijn 1993 au arătat diferențe între rezultate, dar ultima a furnizat valori similare cu metoda cea mai recentă van Rijn inclusă în pachetul Delft3D.

O altă opțiune în cadrul modelelor de tip Delft3D este metoda Bijker. Aceasta a furnizat valori în general mai mici în secțiunile reprezentate în figuri.

Debitele totale de sedimente necoezive din albie calculate pe baza metodei Engelund - Hansen au rezultat mai apropiate de valorile obținute prin metoda van Rijn decât cele obținute prin metoda Soulsby sau prin metoda Bijker.

Rezultatele diverselor metode sunt diferite, așa cum se constată în multe studii, datorită varietății cazurilor pentru care au fost pregătite și perfecționate.

Unele diferențe mari între rezultate se datorează faptului că unele metode au fost elaborate pentru studii în zone costiere, unde condițiile naturale de mișcare a apei diferă de cele din râuri, chiar dacă sunt luați în considerare curenți existenți în lungul țărmului.

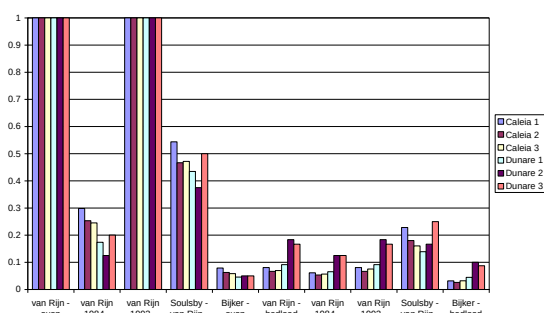


Figura 2.4.146. Valori normalizate ale transportului sedimentelor necoezive din albie în secțiuni de pe brațul Caleia și de pe Dunăre în zona PC10, teste de calcul pentru transportul sedimentelor într-o zonă de deasupra patului albiei și la nivelul acestuia

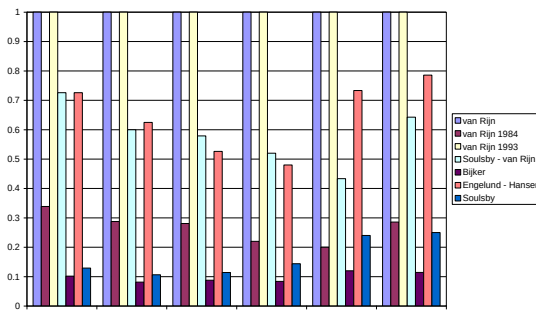


Figura 2.4.147. Valori normalizate totale ale transportului mixt al sedimentelor necoezive din albie în secțiuni de pe brațul Caleia și de pe Dunăre în zona PC10, teste de calcul

❖ *Perfecționarea modelelor hidrodinamice Delft3D.*

În ceea ce privește seturile de date de bază pentru modelare, acestea au fost completate cu cele din condițiile existente pe Dunăre din iunie 2013. Astfel, au fost analizate opțiuni de calcul posibile în cadrul modelelor de tip Delft3D, în ceea ce privește simularea curgerii apei. Modelul general Delft3D permite introducerea în calcul a unor elemente care pot contribui la reprezentarea mai precisă a curgerii, în funcție de particularitățile locale ale albiei. Fenomenele specifice la diverse scări pot fi luate în considerare prin mai multe abordări deoarece dimensiunile gridului limitează în mod inerent includerea în model a efectelor generate de neregularitățile albiei la scară foarte mare, precum și a celor la scară foarte mică.

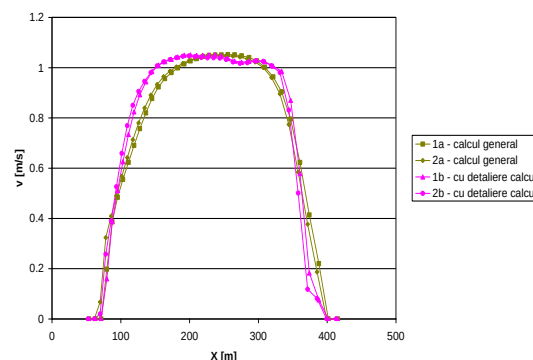


Figura 2.4.148. Valori ale vitezelor calculate în două secțiuni vecine din zona PC10, folosind ecuațiile generale și respectiv cu calcul suplimentar detaliat

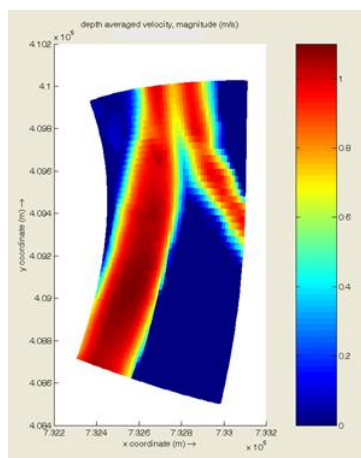


Figura 2.4.149. Valori ale vitezelor calculate aproape de confluența brațului Caleia cu Dunărea, în zona PC10, folosind ecuațiile generale

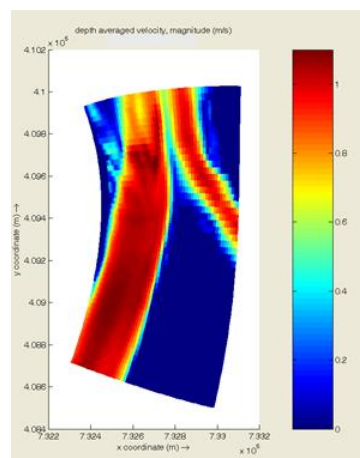


Figura 2.4.150. Valori ale vitezelor calculate aproape de confluența brațului Caleia cu Dunărea, în zona PC10, folosind ecuațiile generale cu opțiune de calcul suplimentar detaliat

❖ Implementarea construcțiilor în modele

Pragul de fund de la PC10 a fost reprezentat în modelul Delft3D pentru situația finală prevăzută.

Calcululele cu modelul Delft3D au furnizat intervale estimative de creștere a fracțiunii de debit pe tronsonul Dunării aflat în dreptul brațului Caleia, datorită lucrărilor.

Au fost obținute estimări ale valorilor vitezelor în straturi de la suprafața apei și de la partea de jos a curentului peste prag. Calcululele au fost efectuate pentru situații obișnuite de debite pe Dunăre în perioada de primăvară. Totodată, au fost efectuate calcule și pentru un debit foarte mic pe Dunăre, conform cerințelor.

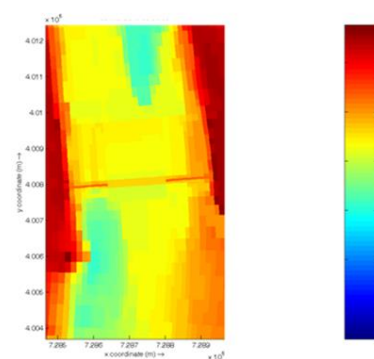


Figura 2.4.151. Reprezentarea pragului de fund de pe brațul Caleia în modelul Delft3D pentru zona PC10

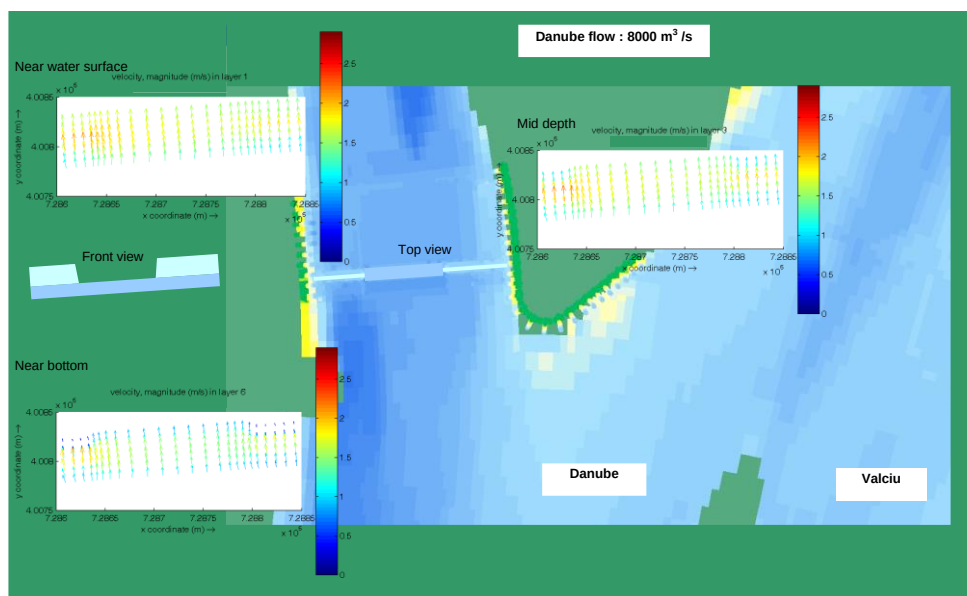


Figura 2.4.152. Viteze calculate cu modelul Delft3D în zona pragului de fund de pe brațul Caleia, la debite obișnuite în perioada de primăvară - ape medii spre mari pe Dunăre

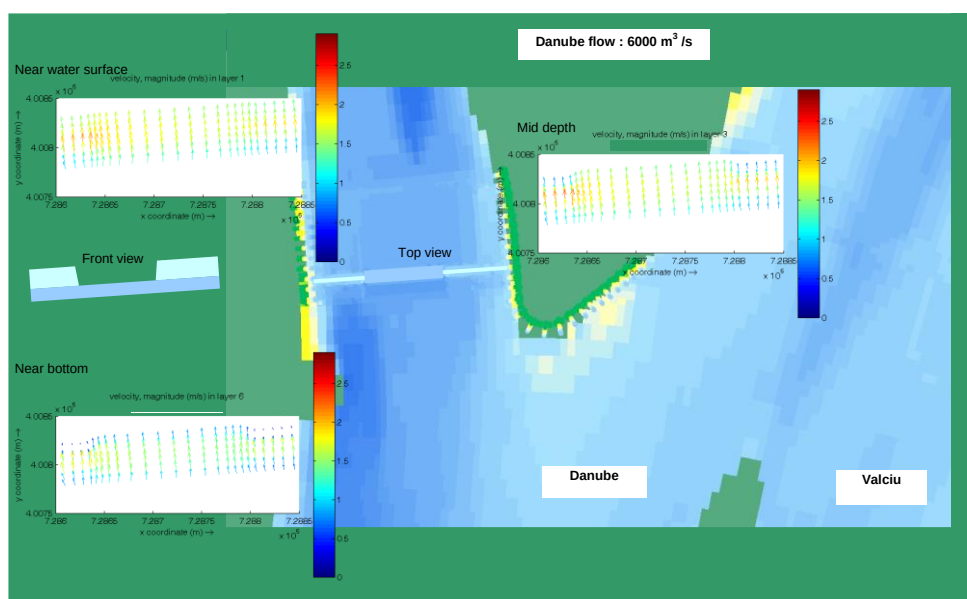


Figura 2.4.153. Viteze calculate cu modelul Delft3D în zona pragului de fund de pe brațul Caleia, la debite obișnuite în perioada de primăvară - ape medii pe Dunăre

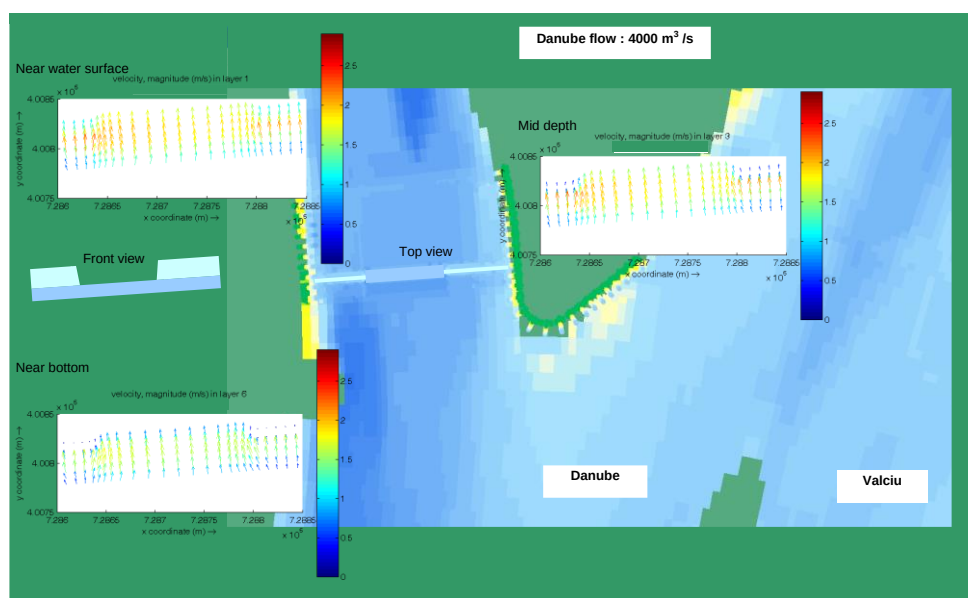


Figura 2.4.154. Viteze calculate cu modelul Delft3D în zona pragului de fund de pe brațul Caleia, la debite obișnuite în perioada de primăvară - ape medii spre mici pe Dunăre

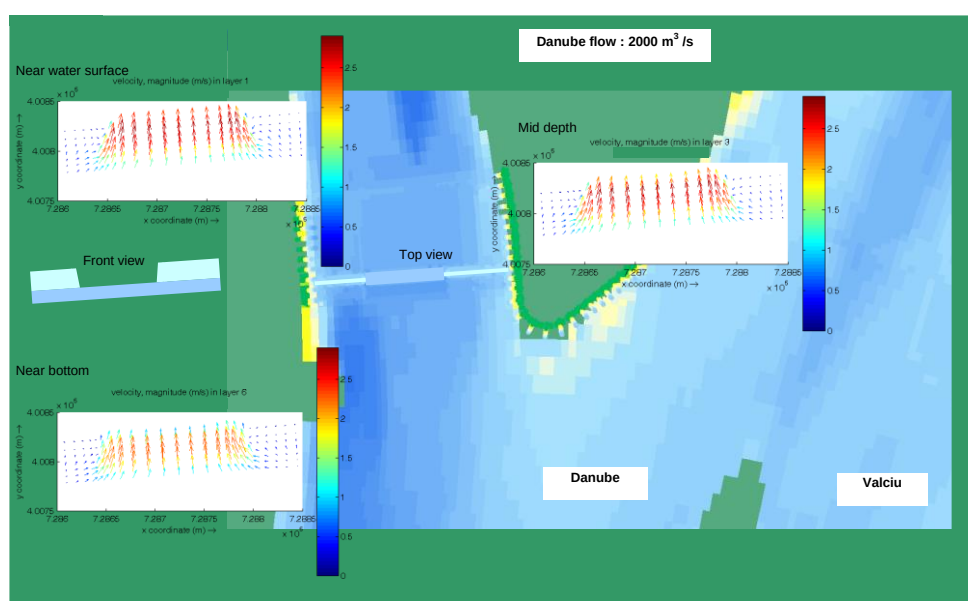


Figura 2.4.155. Viteze calculate cu modelul Delft3D în zona pragului de fund de pe brațul Caleia, la un debit foarte mic pe Dunăre

Datele măsurate în condițiile influenței construcțiilor asupra parametrilor hidraulici în anumite situații de debite au permis ca ulterior să fie efectuate operații de îmbunătățire și de recalibrare a modelelor, pentru a selecta cele mai adecvate opțiuni de calcul disponibile în cadrul modelelor și valori ale parametrilor bazate pe observarea efectelor construcțiilor la scară reală. Astfel, au putut fi obținute rezultate îmbunătățite pentru alte situații de debite pe Dunăre, obținând baza necesară pentru evaluarea mai bine fundamentată a altor efecte.

În ceea ce privește distribuțiile pe verticală ale vitezelor de curgere, acestea sunt influențate de interacțiunea curenților cu albia, precum și de configurația albiei în vecinătatea

fiecărei secțiuni, care determină orientarea curenților spre anumite direcții în aval. Discretizarea pe verticală cu un anumit număr de straturi furnizează un cadru pentru a obține seturi de viteze calculate în diferite poziții în raport cu adâncimile.

Prin adoptarea unei discretizări cu un număr mai mare de straturi pe verticală, s-a putut observa dacă sunt sau nu deosebiri, din punct de vedere practic, între rezultatele calculelor.

Pentru compararea rezultatelor modelului Delft3D bazate pe discretizări diferite în condițiile specifice de pe Dunăre, au fost efectuate calcule cu o rețea cu 20 de straturi, dublu față de cele efectuate cu o rețea cu 10 straturi. În plus una dintre rețele a avut discretizare uniformă pe verticală, iar cealaltă discretizare mai fină în apropierea patului albiei.

Au fost comparate distribuții verticale de viteze ale apei în secțiune, precum și profile verticale de viteze.

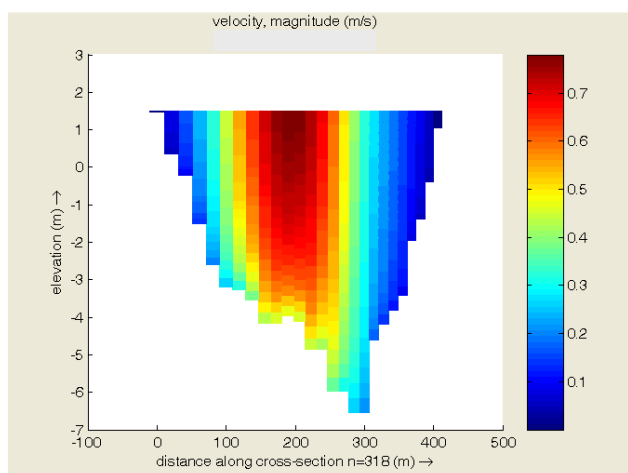


Figura 2.4.156. Distribuția vitezelor apei calculate pe 20 de straturi într-o secțiune de pe Dunăre din zona PC10

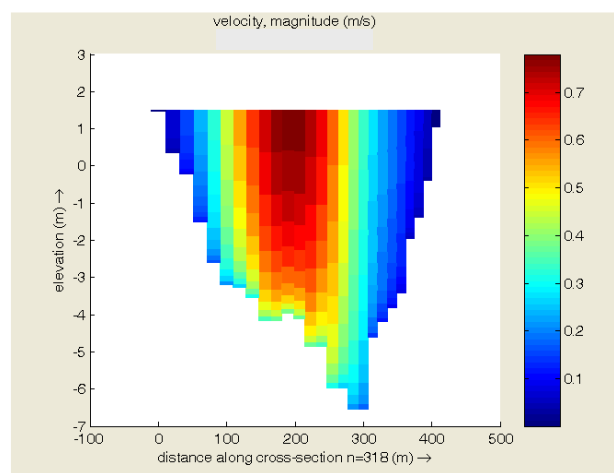


Figura 2.4.157. Distribuția vitezelor apei calculate pe 10 straturi într-o secțiune de pe Dunăre din zona PC10

Reprezentarea grafică arată că discretizarea neuniformă în apropierea albiei a permis obținerea unei descrieri mai detaliate a profilului vertical al vitezei. Prin discretizare mai fină la suprafață, s-au obținut puncte suplimentare pentru partea superioară a profilului vitezelor.

Analiza unor rezultate privind profile verticale de viteze ale apei calculate cu modelul Delft3D a arătat că sensibilitatea acestora este relativ scăzută față de detalierea discretizării pe verticală dincolo de un anumit număr de straturi sau față de caracterizarea efectului rugozității albiei printr-o metodă aproximativ similară în condițiile cazului studiat.

❖ Analiza rezultatelor obținute cu un Z-model comparativ cu un model ne-hidrostatic

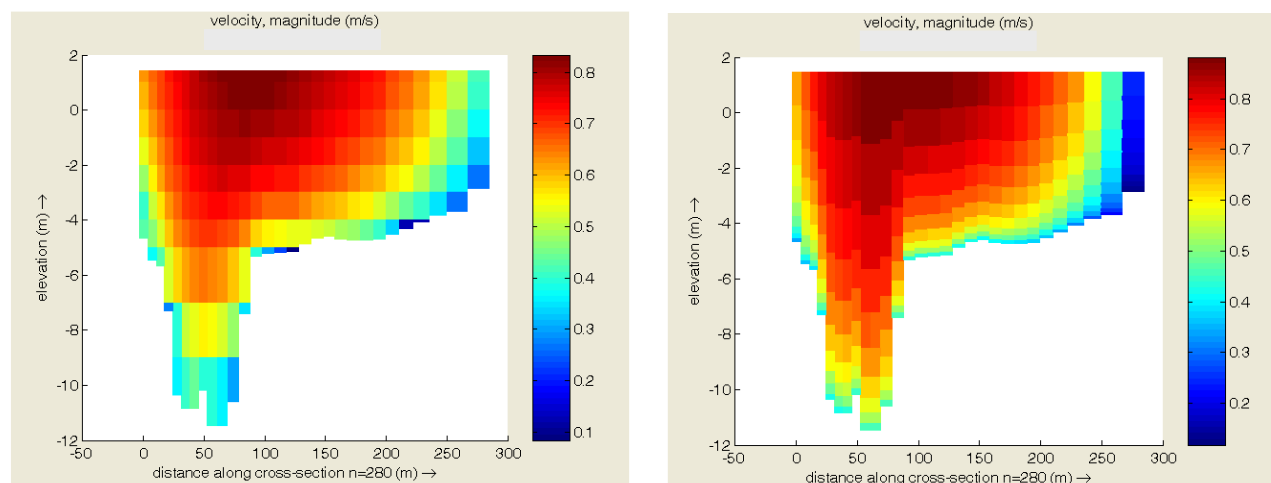
În cadrul modelelor standard de tip Delft3D, cum sunt cele realizate anterior (așa numite σ -modele, utilizate pentru situații foarte diverse), straturile dintr-un grid urmează într-o anumită măsură variațiile adâncimii. Albia Dunării are adâncimi mari în unele porțiuni, alături de zone cu adâncimi relativ mici, iar asemenea situații apar în multe locuri. Ca urmare, calculele sunt efectuate cu elemente vecine care au înălțimi medii diferite.

Alte module de calcul, adăugate la pachetul de modelare Delft3D pentru așa numite Z-modele, permit ca domeniul de calcul să fie reprezentat cu straturi orizontale. În principiu, un Z-

model conține în partea de sus straturi orizontale pe întreaga lățime a albiei, iar sub acestea se află stive de elemente pentru calcul, acolo unde albia are porțiuni mai adânci. De aceea, realizarea și utilizarea unui Z-model pentru o zonă de pe Dunăre ar putea fi, în principiu, o opțiune pentru studiul unor efecte locale, în completarea unui model standard Delft3D.

Pornind de la configurația brațelor Dunării în zona PC10, a fost realizat un Z-model cu straturi care acoperă atât porțiunile cele mai adânci ale albiei, cât și nivelele de curgere a apei la debite obișnuite. Au fost adoptate diferite discretizări pe verticală, pentru a se obține o reprezentare potrivită.

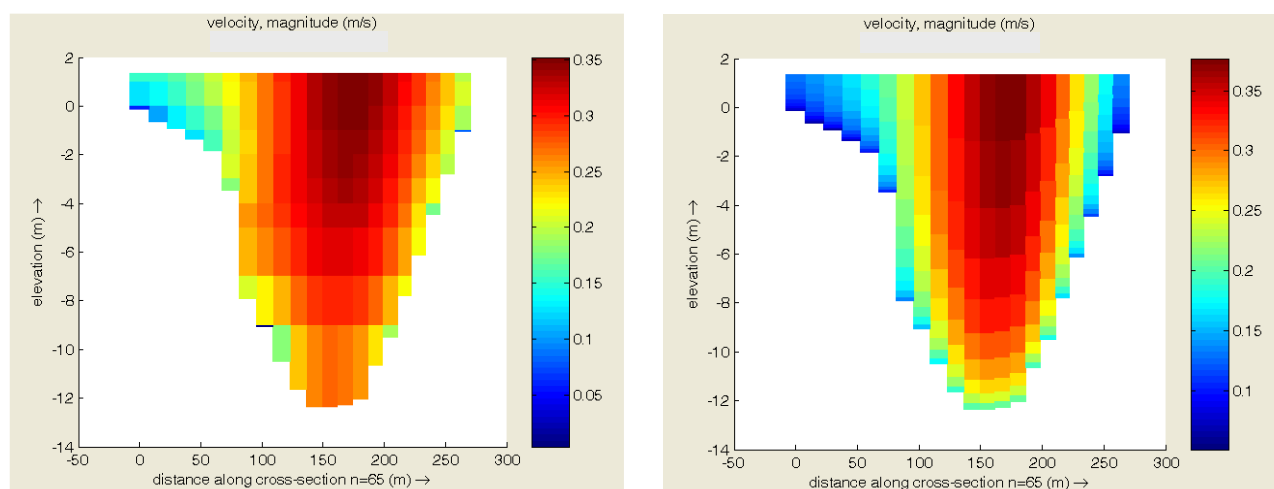
Distribuțiile verticale de viteze în secțiune, calculate cu un Z-model, sunt obținute ca șiruri de valori plasate orizontal și vertical.



a) Viteze calculate cu Z-model

b) Viteze calculate cu model standard

Figura 2.4.158. Comparație între distribuții de viteze calculate într-o secțiune de pe brațul Caleia, folosind un Z-model și respectiv un model standard Delft3D pentru zona PC10



a) Rezultate calculate cu Z-model

b) Rezultate calculate cu model standard

Figura 2.4.159. Distribuții de viteze calculate într-o secțiune de pe Dunăre, folosind un Z-model pentru zona PC10, respectiv un model standard Delft3D

Variațiile pe verticală ale vitezelor în apropierea albiei nu pot fi determinate cu precizie asemănătoare în diferite puncte în cadrul unui Z-model pentru această zonă, deoarece albia se află la distanțe neuniforme față de stratul orizontal cel mai apropiat al modelului. O discretizare mai fină la nivelul albiei Dunării nu poate fi realizată uniform într-un Z-model, din cauză că albia nu are o configurație apropiată de o suprafață plană.

S-a observat că un Z-model poate fi mai greu de rulat în unele situații, din cauza dificultății de obținere a convergenței. Rezultatele privind distribuții de viteze în secțiuni, calculate cu un Z-model și cu un model standard Delft3D, arată că apar diferențe în apropierea albiei, din cauza diferenței între discretizări, iar în rest distribuția vitezelor în curentul principal este aproximativ asemănătoare în condițiile cazului studiat, depinzând de debit. Profilele verticale ale vitezelor sunt approximate în mod diferit în diverse locații de către un Z-model, deoarece acesta nu poate conține un strat care să urmeze configurația albiei și unde să fie calculate viteze aproape de albie, așa cum permite un model standard.

În cadrul pachetului Delft3D, realizarea unui Z-model permite o altă opțiune de modelare, aceea de a lua în considerare influența distribuției presiunii, care poate avea unele variații locale față de valorile presiunii hidrostatice.

Cu un model ne hidrostatic, pot fi calculate diferențe față de distribuția hidrostatică a presiunii, determinate, de exemplu, de unele variații mari ale adâncimii. Un model ne hidrostatic poate completa rezultatele unui model standard Delft3D, cu valori locale bazate pe un model matematic mai fin.

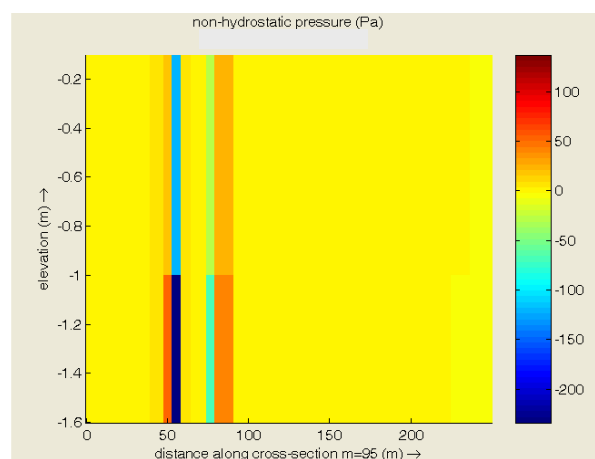


Figura 2.4.160. Diferențe calculate față de presiunea hidrostatică, vedere în plan vertical longitudinal în zona PC10

Rezultatele calculelor au arătat unele diferențe pozitive sau negative între presiunea calculată cu modelul ne hidrostatic și presiunea hidrostatică. Presiunile mai mari sau mai mici decât valorile presiunii hidrostatice transmit asupra curenților de apă din vecinătate influențe datorate neregularităților din albie. Examinând unghiurile calculate ale vitezelor, s-a observat că diferențele de presiune determină unele diferențe mici în orientarea vitezelor în curentul principal. Un Z-model și un model ne hidrostatic pot furniza rezultate în completarea celor obținute cu un model standard Delft3D, dar spre deosebire de un model standard, detalierea în apropierea albiei în condițiile Dunării nu poate fi obținută decât cu aproximație largă în cele două tipuri de modele menționate, din cauza discretizării cu straturi orizontale. În plus, obținerea convergenței calculelor este mai dificilă decât la un model standard. Pe de altă parte, unele diferențe în rezultatele calculelor cu un model ne hidrostatic, față de un Z-model, pot apărea acolo unde este o variație bruscă a secțiunii albiei. Pot rezulta unele modificări ale direcției vitezelor.

Rezultatele modelării arată evaluări ale parametrilor hidraulici în situații cu construcții, față de condițiile inițiale. Sunt evidențiate influențele construcțiilor asupra debitelor, precum și

asupra vitezelor de curgere a apei, în anumite situații. Rezultatele arată în detaliu diferențele între vitezele de curgere la suprafața apei, la mijlocul adâncimii și la fundul albiei, în diverse secțiuni de interes.

Modelarea hidrodinamică și analiza efectelor directe ale construcțiilor furnizează suport pentru fundamentarea unor soluții tehnice și pentru evaluarea influenței construcțiilor asupra unor componente ale mediului. În acest sens au fost analizate rezultatele referitoare la debitele pe brațe, în situațiile de referință cu debite totale pe Dunăre de 2000 m³/s, 4000 m³/s, 6000 m³/s, 8000 m³/s.

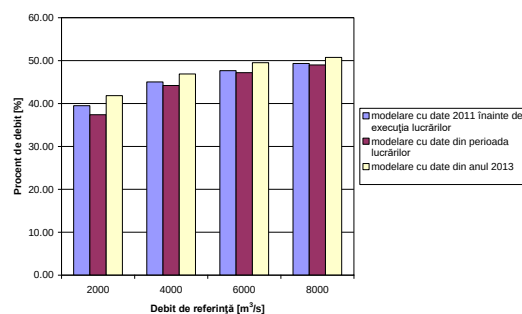


Figura 2.4.161. Rezultatele simulărilor privind efectele lucrărilor asupra distribuției debitelor pe brațe la PC10; procente de debit pe Dunăre, în dreptul brațului Caleia

Distribuțiile de viteze pe Dunăre în zona aval de intrarea pe brațul Caleia au reflectat configurația actuală a albiei Dunării. Forma secțiunilor și neregularitățile naturale ale albiei pe Dunăre determină o variabilitate destul de mare a distribuțiilor de viteze de la o secțiune la alta, precum și în funcție de debit. Distribuțiile de viteze din figuri au fost calculate pentru un debit de referință de 4000 m³/s.

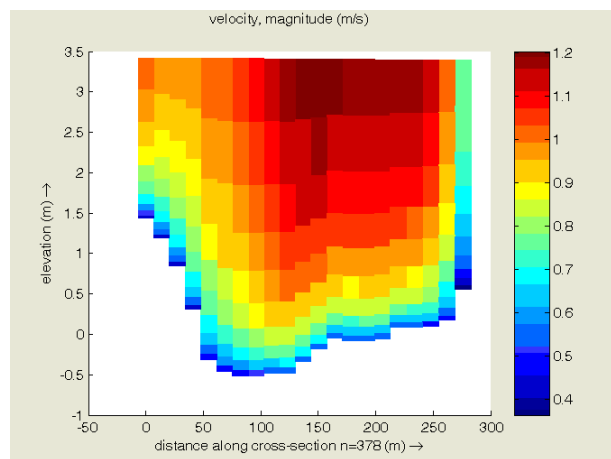


Figura 2.4.162. Rezultatele simulării privind distribuții de viteze într-o secțiune de pe Dunăre la PC10; în dreptul intrării pe brațul Caleia, Q=4000 m³/s

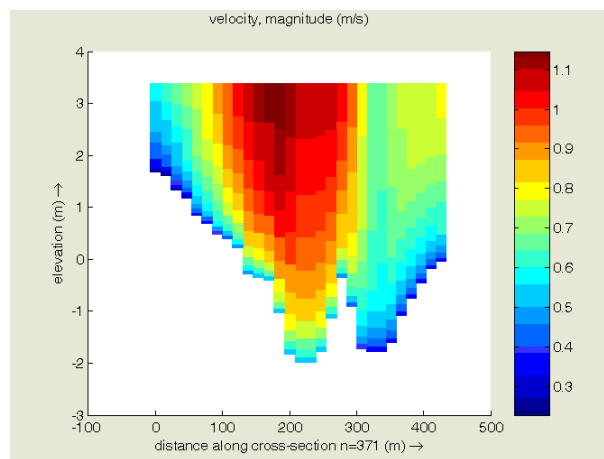


Figura 2.4.163. Rezultatele simulării privind distribuții de viteze într-o secțiune de pe Dunăre la PC10; în aval de intrarea pe brațul Caleia, Q=4000 m³/s

Vitezele maxime de curgere a apei calculate pe pragul de fund au valori ceva mai mici decât cele estimate cu date anterioare, datorită valorii mai mici a debitului pe brațul Caleia. Deoarece secțiunile de curgere și debitele rezultă din calcule care implică ambele brațe, cu datele lor specifice, precum și influența condițiilor de curgere din aval de domeniul de calcul, relația între vitezele de curgere a apei printr-o secțiune transversală și debitul respectiv nu este liniară la modificări ale batimetriei

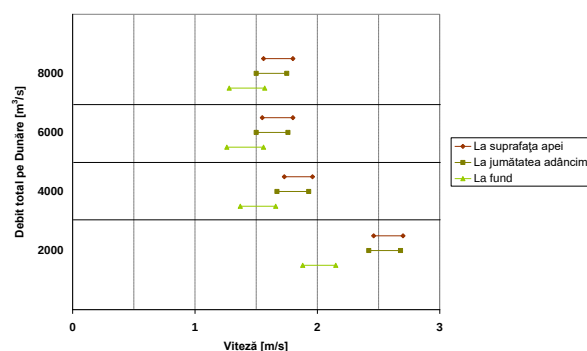


Figura 2.4.164. Rezultatele simulărilor privind vitezele maxime pe porțiunea din mijloc a pragului de fund de pe brațul Caleia

Rezultatele simulărilor arată că, într-o anumită situație de referință, la descreșterea debitului pe brațul Caleia datorită modificărilor configurației albiei pe Dunăre în zona ramificației, limita inferioară a intervalului de viteze maxime pe prag se diminuează. Astfel, intervalul de viteze maxime pe prag, la debitul de referință de 2000 m³/s pe Dunăre, ajunge să aibă un subinterval de valori la fundul albiei sub 2 m/s, adică sub estimările obținute din calcule cu datele batimetrice din perioadele anterioare.

❖ Simulări ale efectelor variantelor de dragaje în zona PC10

Efectele lucrărilor de menținere a șenalului navigabil pe Dunăre se adaugă la efectul de redistribuire a debitelor pe brațe datorită pragului de fund de pe brațul Caleia. Rezultatele se referă la varianta cu dragaje până la ENR-2.5 m (varianta A) și respectiv la cea cu dragaje până la ENR-3.5 m (varianta B) pe traseul specificat.

Distribuția debitelor calculate în aceste variante, cu construcțiile existente și dragaje pe Dunăre, este comparată cu situația determinată numai de construcții. Procentele de debit sunt calculate față de suma debitelor pe cele două brațe de la PC10.

Distribuțiile de viteze se modifică în secțiunile cu dragaje, urmând configurația albiei și sporirea procentului de debit. În unele secțiuni, unde sunt depuneri importante de sedimente, au apărut modificări pe întreaga porțiune de pe șenalul navigabil. În alte secțiuni, cu depuneri mai mici de sedimente, modificările au fost pe unele porțiuni foarte reduse. Analiza rezultatelor pentru situația de referință cu debit de 2000 m³/s arată că, în variantele A și B, în condițiile particulare din zona respectivă, vitezele cele mai mari calculate în ariile cu dragaje nu cresc în urma adâncirii albiei datorită acestor lucrări.

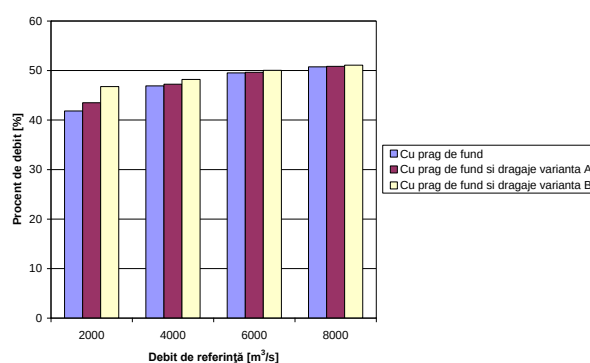


Figura 2.4.165. Rezultatele simulărilor privind efectele dragajelor adăugate la cele ale pragului de fund asupra procentului de debit pe tronsonul Dunării din dreptul brațului Caleia

În general, distribuțiile de viteze în variantele cu dragaje au valori ceva mai mici pe brațul Caleia și ceva mai mari pe Dunăre, în funcție de modificările procentelor de debit pe cele două brațe. Valorile vitezelor în zona pragului de fund scad în variantele cu dragaje, datorită creșterii debitului pe Dunăre aval de Gropeni și diminuării corespunzătoare pe brațul Caleia.

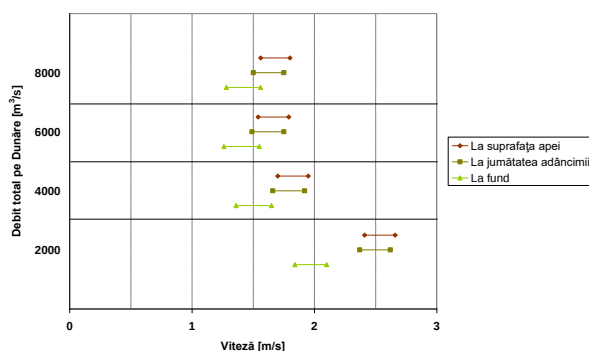


Figura 2.4.166. Rezultatele simulărilor privind vitezele maxime ale apei pe porțiunea din mijloc a pragului de fund de pe brațul Caleia, situația cu dragaje varianta A

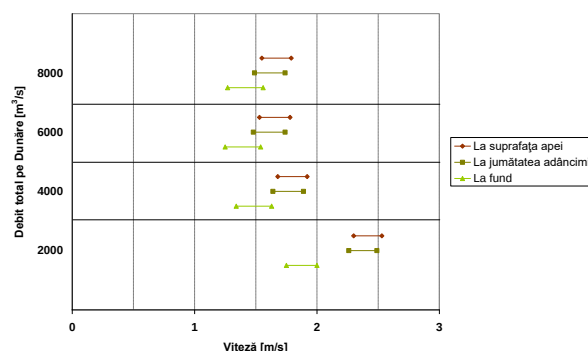


Figura 2.4.167. Rezultatele simulărilor privind vitezele maxime ale apei pe porțiunea din mijloc a pragului de fund de pe brațul Caleia, situația cu dragaje varianta B

Rezultatele obținute cu prag de fund și configurația actualizată a albiei Dunării au fost reprezentate grafic împreună cu cele calculate pentru estimarea efectelor la finalul dragajelor pe Dunăre. Procentele de debit sunt calculate în raport cu suma debitelor pe cele două brațe de la PC10.

La debitul de referință de 2000 m³/s, rezultatele simulării efectuate cu date batimetrice din luna octombrie și cu datele prevăzute pentru pragul de fund arată procente de debit pe Dunăre puțin mai mari decât cele calculate cu date din vara anului 2013.

La debite de referință mai mari, procentele de debit pe Dunăre sunt asemănătoare cu cele calculate pe baza datelor batimetrice anterioare.

Modificările secțiunilor de curgere la finalul dragajelor determină creșteri ale procentului de debit pe Dunăre, mai vizibile în cazul variantei B de dragaje.

Rezultatele simulărilor privind vitezele maxime ale apei pe porțiunea din mijloc a pragului de fund de pe brațul Caleia sunt prezentate sub forma intervalelor de valori calculate pe baza datelor batimetrice actualizate. Vitezele maxime calculate pe mijlocul pragului au legătură cu procentul de debit pe brațul Caleia.

În situațiile cu dragaje, acest procent scade datorită creșterii secțiunii de curgere pe Dunăre în zona lucrărilor respective și vitezele maxime pe pragul de fund devin ceva mai mici în variantele cu dragaje față de efectul datorat doar pragului de fund.

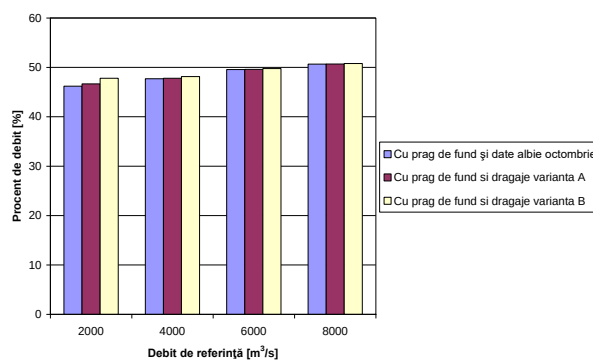


Figura 2.4.168. Rezultatele simulărilor privind procentele de debit pe Dunăre, în raport cu debitul total la PC10, calculate pe baza datelor batimetrice actualizate

Datorită influenței neregularităților albiei asupra curenților de apă, vitezele maxime la fund sunt mai mici decât cele de la suprafața apei și de la jumătatea adâncimii.

Valorile calculate ale distribuțiilor de viteze arată că diferențele între vitezele la suprafață și la fund sunt mai mari în situațiile cu debit mic, când și adâncimile apei în domeniul de calcul sunt mai mici.

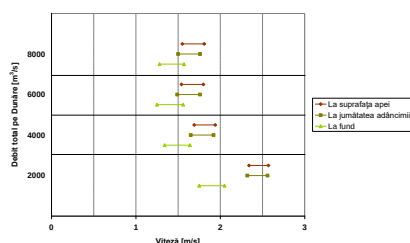


Figura 2.4.169.

Rezultatele simulărilor privind vitezele maxime pe porțiunea din mijloc a pragului de fund de la PC10, calculate pe baza datelor batimetrice actualizate, octombrie 2013

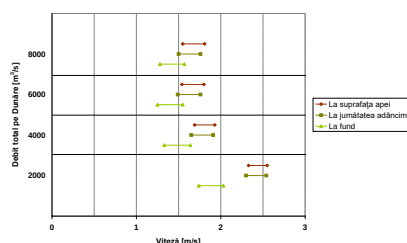


Figura 2.4.170.

Rezultatele simulărilor privind vitezele maxime pe porțiunea din mijloc a pragului de fund de la PC10, calculate cu date batimetrice actualizate și dragaje în varianta A

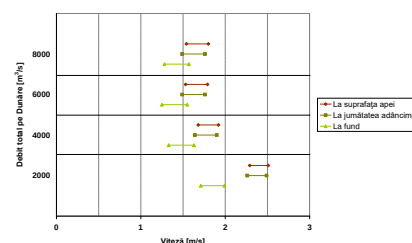


Figura 2.4.171. Rezultatele simulărilor privind vitezele maxime pe porțiunea din mijloc a pragului de fund de la PC10, calculate cu date batimetrice actualizate și dragaje în varianta B

❖ Modelare hidrodinamică pentru debite mari pe Dunăre

În situația unor debite mari, la debitele pe brațul Caleia și pe tronsonul Dunării din dreptul acestuia se adaugă debite care rezultă din curgerea apei pe porțiuni ale insulei dintre brațele menționate. Simulările au fost efectuate pe baza datelor batimetrice măsurate în zona PC10 până în luna octombrie 2013.

La debitul de referință de 10.000 m³/s, debitele calculate pe partea stângă (care cuprinde brațul Caleia) și pe partea dreaptă (cu tronsonul Dunării care mărginește insula) sunt comparabile, valorile fiind ceva mai mari pe partea dreaptă.

La debitul de referință de 12.000 m³/s, debitul care trece pe Dunăre este mai mare decât cel care trece pe brațul Caleia. Curgerea apei pe suprafața insulei depinde mult de nivelul apei și de acoperirea cu apă a unor porțiuni mici sau mai mari.

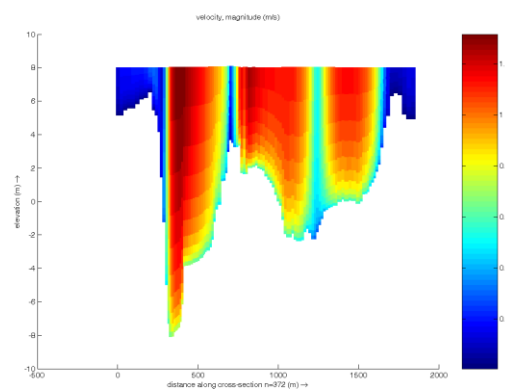


Figura 2.4.172. Rezultatele simulării privind distribuția vitezelor de curgere într-o secțiune transversală de la capătul amonte al insulei, la debit total de 12000 m³/s

La un debit total pe Dunăre de 10.000 m³/s, vitezele de curgere pe insulă sunt foarte mici, depinzând de adâncimile din diferite locuri și de traseele de acces al apei între brațe și interiorul insulei.

La un debit total pe Dunăre de 12.000 m³/s, vitezele de curgere pe insulă sunt vizibil mai mari decât la 10.000 m³/s, datorită adâncimilor mai mari și accesului mai direct al apei care trece din albia minoră spre suprafața insulei și apoi se scurge din nou în albia minoră. Totuși, rezultatele au arătat că vitezele de curgere a apei peste insulă sunt mult mai reduse decât vitezele pe cele două brațe.

Rezultatele simulărilor cu varianta de dragaje la ENR-3.5 m arată că influența modificărilor în albie datorită acestor lucrări este extrem de mică în situații cu debite totale pe Dunăre de 10.000 m³/s și 12.000 m³/s. Debitele pe partea dreaptă a secțiunii extinse de curgere sunt practic similare în varianta cu dragaje. Prin urmare, influența dragajelor nu apare practic dincolo de intervalul debitelor mici și medii pe Dunăre.

În cele ce urmează prezentăm câteva rezultate obținute pentru simulări ale debitelor observate în diferite perioade, precum și comparații cu măsurătorile de viteze și debite realizate în perioadele respective.

❖ Modelare privind situațiile observate în perioada octombrie-decembrie 2013

Simulările cu modelul Delft3D au fost efectuate folosind ca date de intrare debite măsurate pe Dunăre și pe brațul Vâlcu în secțiuni amonte de zona PC10.

Au fost folosite date batimetrice din luna octombrie și datele prevăzute privind secțiunea pragului de fund de pe brațul Caleia.

Utilizând debite de intrare bazate pe măsurătorile din lunile octombrie, noiembrie și decembrie 2013, au fost obținute distribuții ale debitelor între brațul Caleia și tronsonul corespunzător al Dunării.

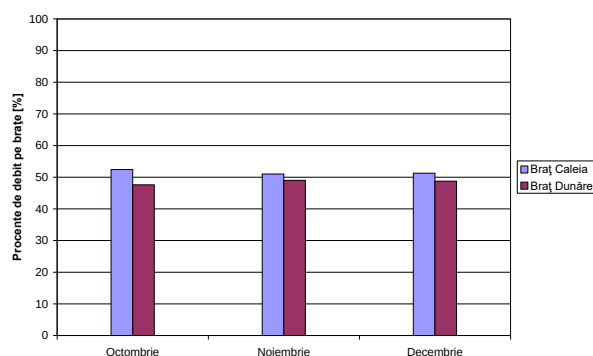


Figura 2.4.174. Rezultate ale simulărilor cu modelul Delft3D, privind procente de debit pe brațul Caleia și pe Dunăre în dreptul acestui braț

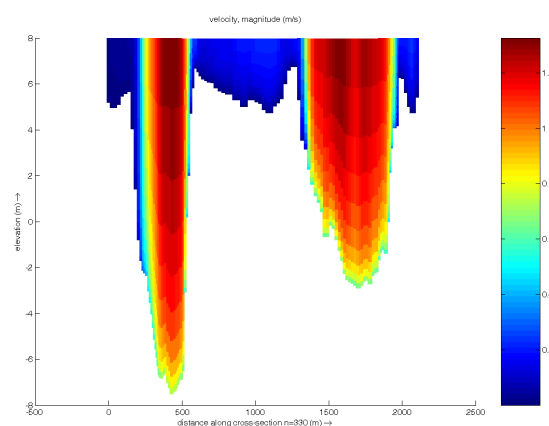


Figura 2.4.173. Rezultate ale simulării privind viteze de curgere într-o secțiune transversală prin brațe și peste o porțiune a insulei, la debit total de 12000 m³ /s

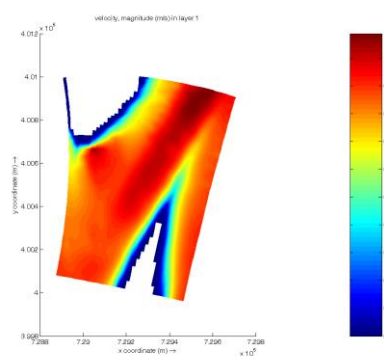


Figura 2.4.175. Rezultate ale simulărilor cu modelul Delft3D, privind vitezele pe Dunăre la suprafață, la ramificația de la PC10, în condițiile din luna decembrie

Rezultatele simulărilor indică procente de debit pe Dunăre de peste 47% în situațiile analizate din cele 3 luni, în condițiile secțiunii prevăzute a pragului de fund.

Calcululele arată și vitezele de curgere a apei pe Dunăre, la ramificația din dreptul PC10. De exemplu, sunt prezentate valorile obținute pentru condițiile din luna decembrie.

Rezultatele simulărilor pentru situațiile din lunile octombrie, noiembrie, decembrie 2013 pun în evidență efectele lucrărilor de la PC10, privind procente de debit pe Dunăre în dreptul brațului Caleia.

❖ *Rezultate ale simulărilor bazate pe date măsurate din ianuarie și februarie 2014*

Au fost folosite date batimetrice din luna octombrie 2013, actualizate cu datele prevăzute pentru secțiunea pragului de fund de pe brațul Caleia. Simulările cu modelul Delft3D au furnizat distribuții de debite pe brațul Caleia și pe tronsonul respectiv al Dunării.

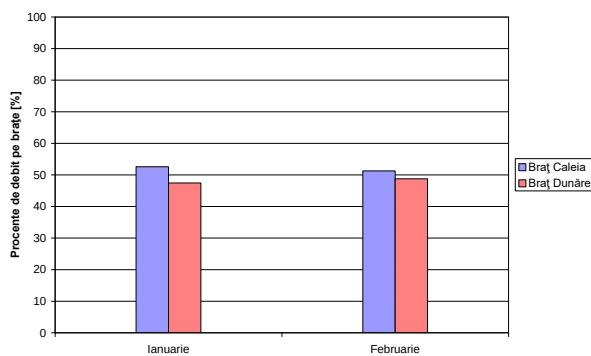


Figura 2.4.176. Rezultate ale simulărilor cu modelul Delft3D, privind procente de debit pe brațul Caleia și pe Dunăre în dreptul acestui braț, în situații din ianuarie și februarie 2014

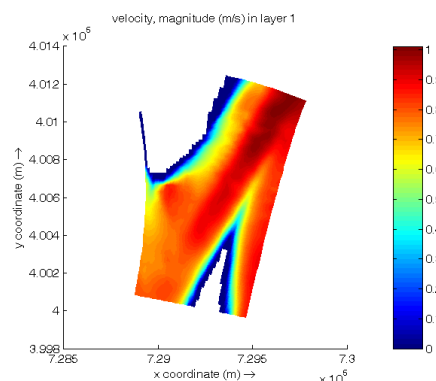


Figura 2.4.177. Rezultate ale simulărilor cu modelul Delft3D, privind vitezele pe Dunăre la suprafață, la ramificația de la PC10, în condiții din luna februarie

Calcululele arată că procente de debit pe Dunăre sunt de peste 47% în situațiile menționate din ianuarie și februarie 2014. Rezultatele simulărilor în condițiile din ianuarie și februarie 2014 au pus în evidență efectele lucrărilor de la PC10, privind creșterea debitelor pe Dunăre în dreptul brațului Caleia și implicit îmbunătățirea condițiilor pentru navigație.

❖ *Rezultate ale simulărilor bazate pe date măsurate din martie 2014*

Folosind modelul Delft3D, au fost efectuate simulări pentru studiul parametrilor hidraulici în zona PC10, pe baza datelor măsurate în luna martie 2014.

Pe baza rezultatelor simulărilor, sunt prezentate procente de debit pe brațe în zona PC10, care determină implicit adâncimile pe Dunăre. În situațiile simulate din luna martie, procentul de debit pe Dunăre este apropiat de cel pe brațul Caleia.

Rezultatele simulărilor mai cuprind distribuțiile de viteze pe brațul Caleia și pe Dunăre, precum și valorile altor parametri care caracterizează mișcarea curenților de apă și interacțiunea cu albia.

Rezultatele modelului se înscriu pe linia celor obținute pentru situații anterioare de pe Dunăre, arătând că lucrările efectuate au dus la reducerea diferențelor dintre debitul pe brațul Caleia și debitul pe Dunăre.

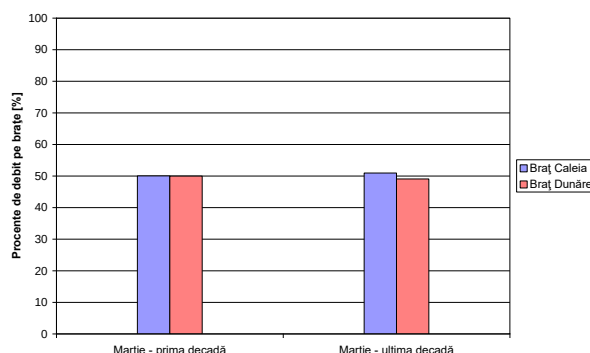


Figura 2.4.178. Rezultate ale simulărilor cu modelul Delft3D, procente de debit pe brațe la PC10

Ca urmare a acestor lucrări, situația în perioada respectiva a distribuției debitelor pe brațe la PC10 este mai favorabilă în ceea ce privește adâncimile pentru navigație pe Dunăre.

❖ Rezultate ale simulărilor bazate pe date măsurate din aprilie 2014

Activitățile de modelare la PC10 au continuat cu simularea unei situații observate în luna aprilie 2014 și studierea rezultatelor. A fost utilizat modelul Delft3D cu date batimetrice din luna octombrie 2013 și cu secțiunea prevăzută a pragului de fund de pe brațul Caleia. Adâncimile pe Dunăre la PC10, obținute din calcul, ajung la peste 6m în această situație cu debit peste medie, pe porțiunea unde erau probleme pentru navigație. Vitezele calculate la suprafață ajung în general la 0.8 - 1.1 m/s pe porțiunea respectivă a Dunării.

În aceste condiții de debit total pe Dunăre peste medie, rezultatele calculelor au arătat un debit puțin mai mare pe tronsonul Dunării din zona PC10 decât pe Caleia.

Având în vedere că debitul total pe Dunăre era în apropierea capacității de curgere până la limita malurilor albiei minore, au fost analizate rezultatele calculelor și în ceea ce privește influența curgerii eventuale a apei în arii ale insulei și albiei majore. Rezultatele nu indică un transfer de debit între brațe, peste insulă. Distribuțiile de viteze arată că debitele din situația respectivă nu determinau decât cel mult curgeri locale cu viteze foarte mici în afara albiei minore.

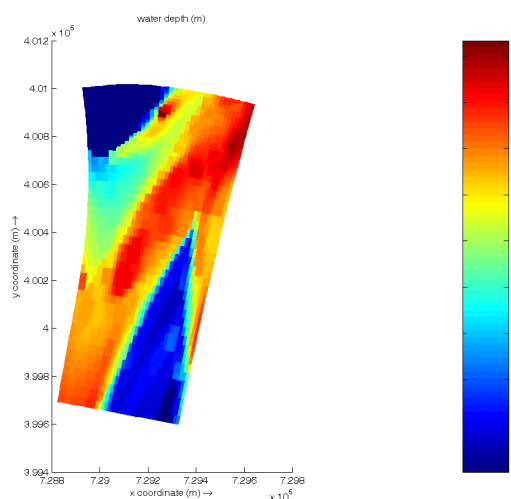


Figura 2.4.179. Rezultate ale simulării cu modelul Delft3D, adâncimi ale apei pe Dunăre la PC10, în situația din aprilie

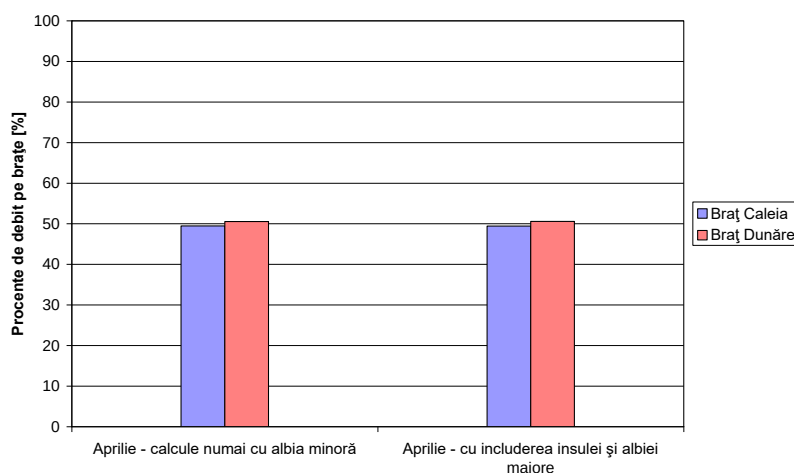


Figura 2.4.180. Rezultatele simulărilor cu modelul Delft3D, procente de debit pe Dunăre în zona PC10 și pe brațul Caleia în aval, în situația din aprilie

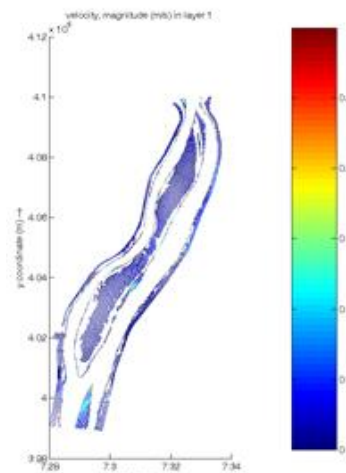


Figura 2.4.181. Rezultate ale simulării cu modelul Delft3D, zone cu viteze sub 0.3 m/s la suprafață, în situația din aprilie

Datele care vor proveni din activitățile de monitorizare în etapa de post construcție vor permite să fie efectuate simulări numerice și pentru alte situații de debite pe Dunăre, foarte mici sau mari și să fie analizate aspecte privind modificări în albie și influența acestora.

❖ Simularea cu modelul Delft3D a parametrilor curgerii apei, în condiții de debite din luna iunie 2014

Rezultatele simulării cu modelul Delft3D arată o valoare a procentului de debit pe Dunăre puțin mai mică decât procentul de debit pe brațul Caleia, cele două valori fiind relativ apropiate. Această situație este asemănătoare cu cele observate anterior, arătând că lucrările efectuate la PC10 au avut efecte importante în ceea ce privește echilibrarea distribuției debitelor pe Dunăre în raport cu brațul Caleia.

Distribuțiile de viteze obținute prin simulare numerică în zona PC10, în amonte de intrarea pe tronsonul Dunării din dreptul brațului Caleia, indică valori întâlnite în mod obișnuit și pe alte sectoare ale Dunării.

Distribuția vitezelor calculate într-o secțiune aflată în amonte de brațul Caleia pune în evidență efecte datorate curgerii apei spre cele două laturi ale insulei și respectiv influența debitului de pe brațul Vâlcui. Distribuția de valori este asemănătoare cu cea

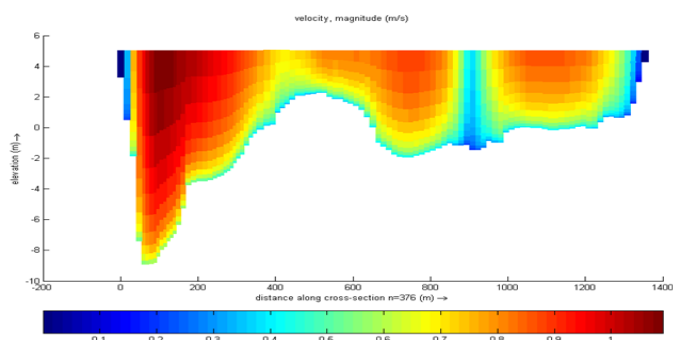


Figura 2.4.182. Distribuția vitezelor apei în secțiune transversală pe Dunăre la PC10, în amonte de brațul Caleia

obținută pe baza măsurării vitezelor și debitului printr-o secțiune foarte apropiată. Valorile măsurate conțin și fluctuații din cauza turbulenței curgerii apei.

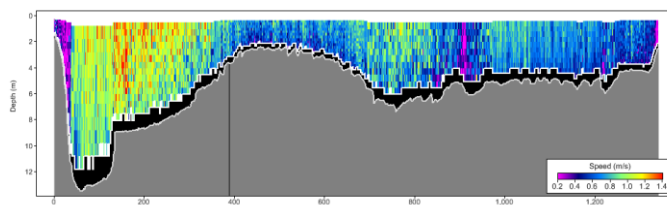


Figura 2.4.183. Distribuția vitezelor apei în secțiune transversală pe Dunăre la PC10, în amonte de brațul Caleia, reprezentare pe baza datelor măsurate

❖ **Simularea cu modelul Delft3D a parametrilor curgerii apei, în condiții de debite din luna iulie 2014**

Cu aceste date au fost efectuate simulări numerice pentru situații de debite pe Dunăre din luna iulie 2014. Rezultatele privind procente de debit pe Dunăre și pe brațul Caleia au fost comparate cu cele obținute folosind date batimetrice din octombrie 2013.

Se constată că procente de debit pe Dunăre calculate cu datele batimetrice din iulie sunt foarte apropiate de cele calculate pe baza datelor batimetrice din octombrie 2013. Prin urmare, distribuția debitelor pe Dunăre și pe brațul Caleia s-a păstrat practic similară în această perioadă pentru debite întâlnite în iunie și iulie 2014.

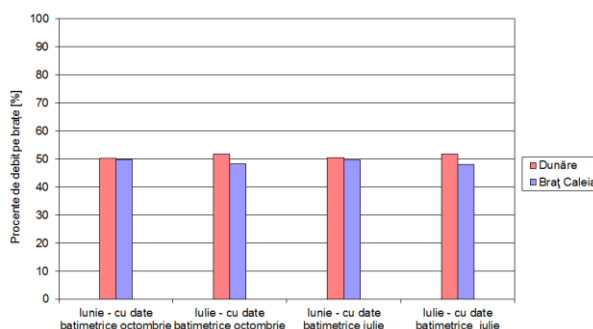


Figura 2.4.184. Rezultate ale simulărilor numerice Delft3D cu date batimetrice actualizate din iulie 2014, comparativ cu cele din octombrie 2013, procente de debit pe Dunăre și Caleia la PC10

❖ **Analiza unor rezultate locale pe Dunăre și la prag ale simulărilor cu model Delft3D pentru situații după efectuarea lucrărilor la punctul critic 10**

Având în vedere modificările parametrilor hidraulici după execuția lucrărilor la PC10, au fost analizate rezultatele privind distribuțiile locale de valori ale unor parametri în noua configurație a albiei. Unele dintre aceste rezultate au pus în evidență interacțiunea curentului principal cu albia Dunării, iar altele oferă posibilitatea de comparare cu rezultate ale activității de monitorizare la pragul de fund.

Folosind rezultate ale simulărilor Delft3D cu date din perioada imediat de după efectuarea lucrărilor hidrotehnice, au fost analizate diferențe privind eforturile generate la nivelul albiei de către curentul de apă, precum și turbulența curgerii apei, pe tronsonul Dunării de la PC10 și în arii învecinate ale albiei din amonte și din aval. Au fost utilizate distribuții de valori calculate pentru situații din lunile martie și aprilie 2014. Rezultatele simulărilor arată eforturi la nivelul albiei care au valori

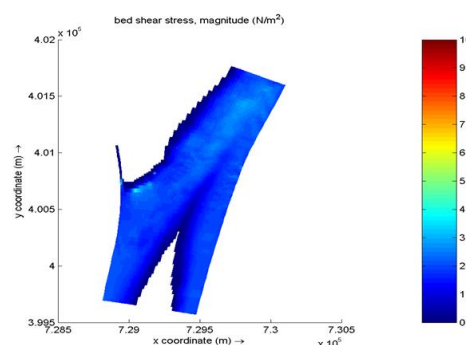


Figura 2.4.185. Rezultate locale ale simulării numerice într-o situație din luna martie, distribuția eforturilor la nivelul albiei Dunării la PC10 și în arii din amonte și din aval

asemănătoare pe Dunăre la PC10, în comparație cu cele de pe tronsoane învecinate din amonte și aval.

Aceste distribuții ale eforturilor la nivelul albiei pe Dunăre, pentru situații de după efectuarea lucrărilor hidrotehnice, pun în evidență interacțiuni practic uniforme în direcție longitudinală ale curentului principal cu albia, în noile condiții de pe acest tronson al Dunării.

De asemenea, distribuțiile longitudinale ale valorilor energiei turbulente pe Dunăre la PC10, în situațiile analizate de după efectuarea lucrărilor hidrotehnice, nu arată decât mici diferențe de la o secțiune la alta.

Prin urmare, interacțiunile curentului principal cu albia, în situațiile menționate, sunt aproape uniforme pe tronsonul Dunării de la PC10, favorizând fenomene uniforme.

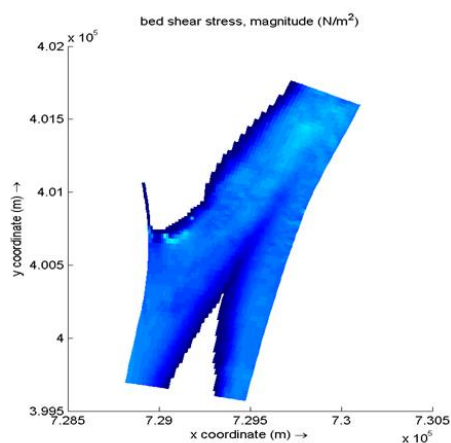


Figura 2.4.186. Rezultate locale ale simulării numerice într-o situație din luna aprilie, distribuția eforturilor la nivelul albiei Dunării la PC10 și în arii din amonte și din aval

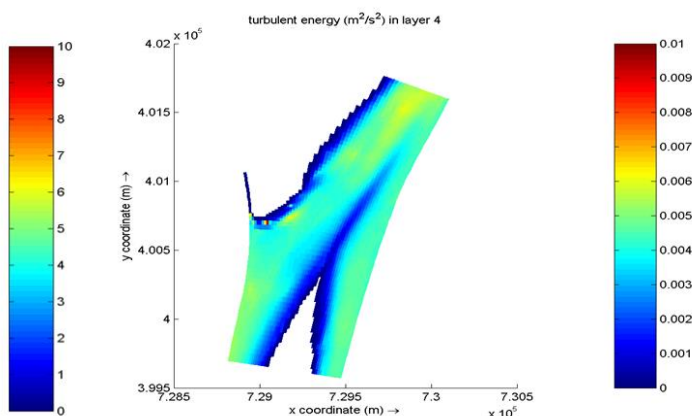


Figura 2.4.187. Rezultate locale ale simulării numerice într-o situație din luna aprilie, valorile energiei turbulente la mijlocul adâncimii, pe Dunăre, la PC10 și în arii din amonte și din aval

Din analiza rezultatelor locale ale simulărilor și rezultatelor din monitoring, privind distribuții de viteze în secțiuni apropiate, la debite comparabile peste pragul de fund, au fost observate valori în general asemănătoare în porțiunea de mijloc a pragului. Taluzele de la capetele porțiunii din mijloc sunt reprezentate conform scării gridului și prezența lor contribuie la unele diferențe în valorile vitezelor în punctele respective, față de cele din puncte învecinate.

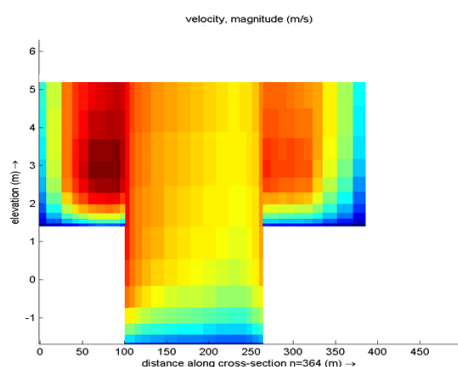


Figura 2.4.188 Rezultate locale ale simulării la debit de circa 3020 m³/s, distribuția vitezelor la pragul de fund de la PC10

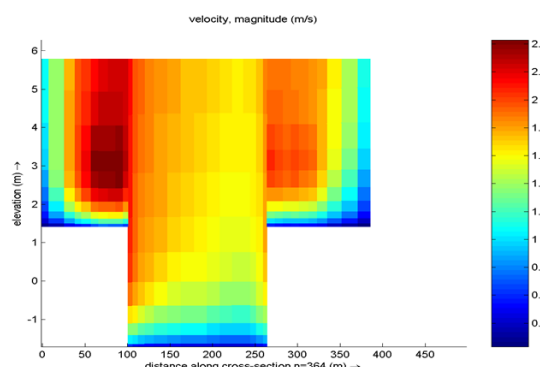


Figura 2.4.189. Rezultate locale ale simulării la debit de circa 3650 m³/s, distribuția vitezelor la pragul de fund de la PC10

Au fost observate și diferențe în unele porțiuni, de exemplu într-o arie din partea stângă față de porțiunea din mijloc, datorate probabil fluctuațiilor curgerii apei și reprezentării schematizate a albiei și crestei pragului pe grid. Alte diferențe, dincolo de capetele porțiunii din mijloc, se datorează faptului că secțiunile de măsurare ajung în arii cu curenți secundari locali, de exemplu aproape de ieșirea curentului din mijloc de pe prag.

Comparația rezultatelor modelului Delft3D cu seturi de rezultate obținute prîn măsurători a arătat că o mare parte dintre valori sunt în general asemănătoare, mai ales pe porțiunea din mijloc a pragului, dar fluctuațiile curgerii apei determină în permanență diferențe atât între vitezele măsurate în puncte apropiate, cât și față de valorile punctuale calculate. Se observă și că o reprezentare mai fină a crestei pragului ar putea contribui la perfecționarea rezultatelor pentru compararea cu date din activitățile de monitoring.

2.4.3 Perioada Postconstrucție

Punctul critic PC01

Perioada de monitorizare post construcție la PC01 trebuia să fie de 36 de luni. Din motive contractuale, aceasta nu s-a finalizat și a durat doar 23 de luni (mai 2016-martie 2018). În consecință, datele obținute în această perioadă nu permit tragerea unor concluzii finale. Aceste rezultate ar fi avut grade de precizie și de încredere mai ridicate dacă în analiză ar fi fost utilizate măsurători întinse pe o durată 36 luni.

Pentru arealul PC01, specialiștii de la INCDPM au realizat analize comparative ce au fost utilizate ca date de referință pentru modelarea numerică. De asemenea, aceștia au configurat un model hidrodinamic quasi 3D la scară medie, utilizând softul *Delft3D* și, pe baza acestuia, au realizat scenarii în vederea analizei capacității de înot a sturionilor.

❖ Analize comparative utilizate ca date de referință pentru modelarea numerică

În vederea analizei capacității de înot a sturionilor, au fost efectuate simulări numerice având ca date de intrare geometria actualizată și datele hidrologice din perioada în care sturionii au traversat pragul de fund de pe brațul Bala.

Inițial, pe baza datelor obținute din măsurătorile din teren efectuate pe parcursul perioadei de monitorizare, au fost realizate investigații prin care să se evidențieze diferențele hidromorfologice și hidrodinamice din perioada de preconstrucție și postconstrucție a pragului de fund, din zona PC01.

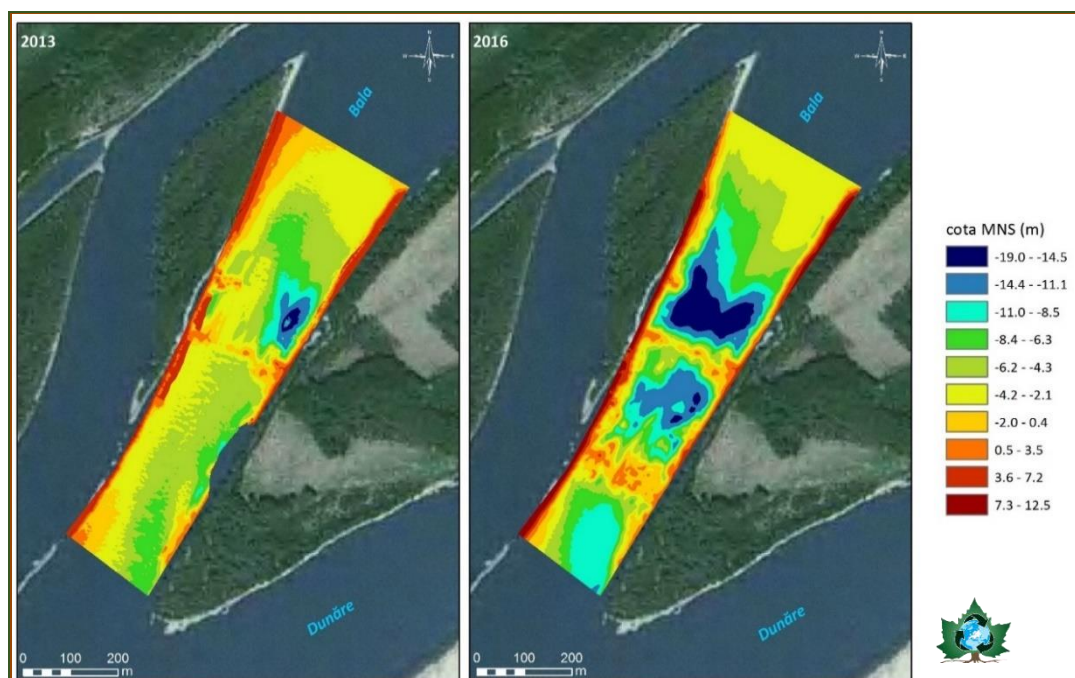


Figura 2.4.190. Reprezentarea patului albiei în zona braț Bala în perioada de pre construcție [2013] și post construcție [2016]

Astfel, în zona de interes au fost analizate geometria patului albiei și distribuțiile vitezei curentului de apă, în luna iunie 2013 (pre construcție) și martie 2016 (post construcție). Pentru a evidenția schimbările morfologice ce au avut loc în zona PC01 în urma construcției noului prag de fund, în *figura 190* a fost reprezentat patul albiei, în iunie 2013, respectiv în mai 2016. Aceste interpretări au fost efectuate pe baza măsurărilor batimetrice *multi-beam*. Diferențele înregistrate în această perioadă pot fi observate și în reprezentarea tridimensională din *figura 2.4.191*.

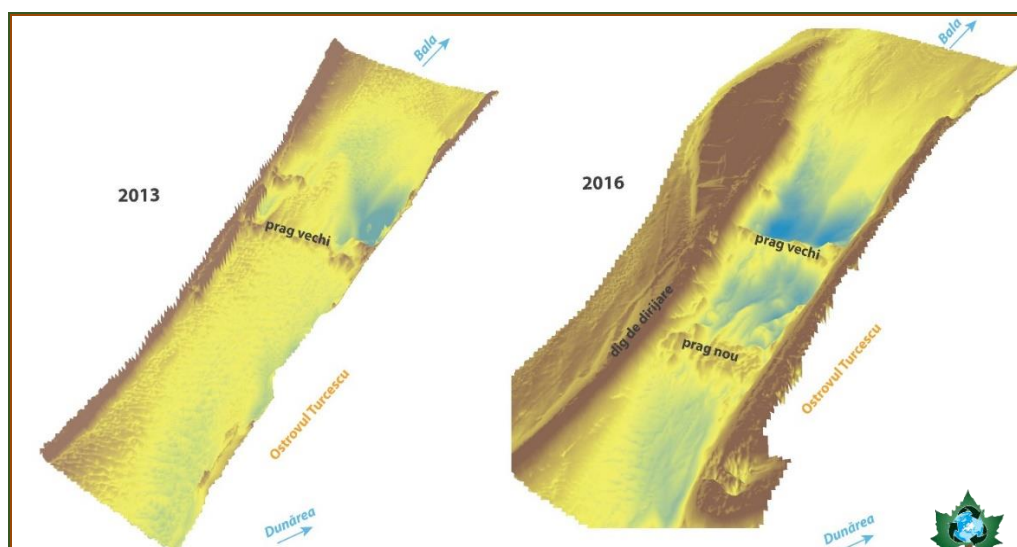


Figura 2.4.191. Detaliu privind reprezentarea 3D a patului albiei în zona braț Bala în perioada de pre construcție [2013] și post construcție [2016]

Pentru o analiză mai detaliată, au fost analizate modificările geometriei albiei pe secțiunile longitudinale de control SLCB1, SLCB2 și SLCB3 (figura 2.4.192).

În acest sens, în figura 2.4.193 este reprezentată analiza comparativă a reliefului patului albiei rezultat în urma măsurărilor batimetrice din iunie 2013 și din martie 2016, în secțiunea longitudinală de control 1, localizată în apropierea malului drept al brațului Bala.

În ceea ce privește distribuția vitezei curentului de apă, pe secțiunea longitudinală de control 1, în perioada de pre construcție au fost observate valori maxime de cca. 2,0 m/s, înregistrate în dreptul vechiului prag de fund (figura 2.4.194).



Figura 2.4.192. Localizarea secțiunilor longitudinale de control

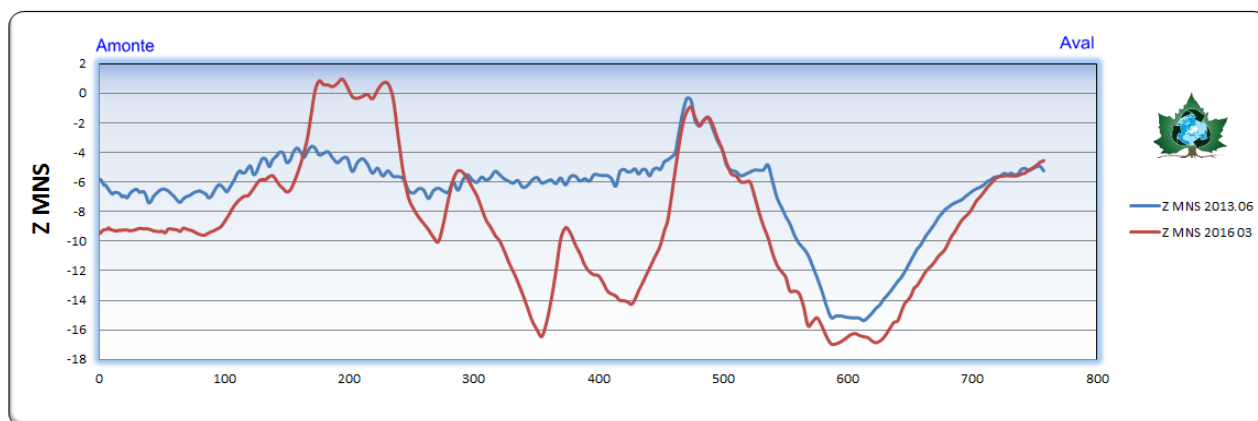


Figura 2.4.193. Secțiunea longitudinală 1 reprezentând patul albiei în perioada pre construcție și post construcție

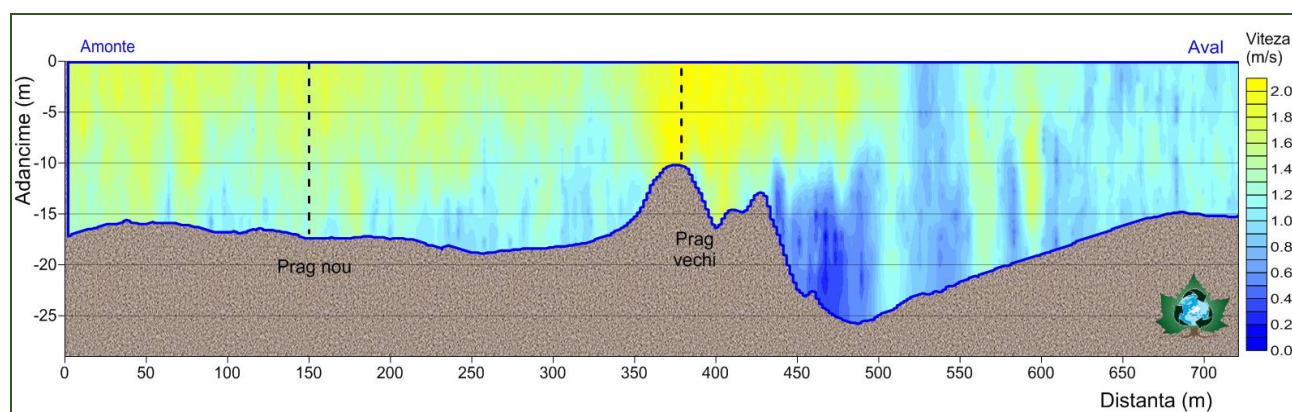


Figura 2.4.194. Secțiunea longitudinală 1 cu distribuția vitezei curentului de apă - perioada pre construcție [2013]

Conform histogramei de viteză, se remarcă faptul că cele mai frecvente valori de viteză, în stratul superior al cursului de apă, au fost de cca. 1,7 m/s, iar în stratul de la patul albiei au fost de cca. 1,1 m/s.

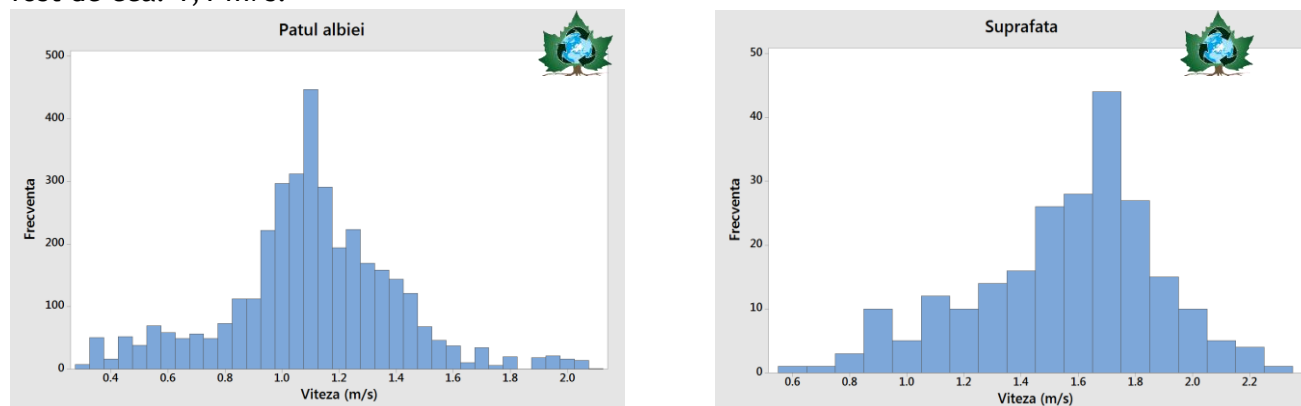


Figura 2.4.195. Histograme de viteză - secțiunea longitudinală de control 1, perioada preconstrucție [2013]

În urma analizei distribuției vitezei curentului de apă în secțiunea longitudinală de control 1, în perioada postconstrucție, au fost înregistrate valori maxime de peste 3 m/s în dreptul noului prag de fund.

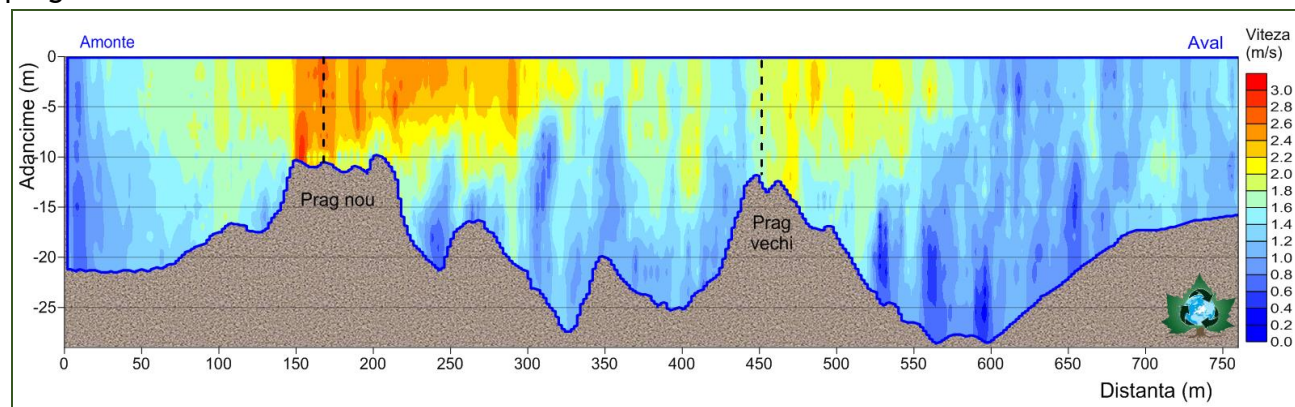


Figura 2.4.196. Secțiunea longitudinală 1 cu distribuția vitezei curentului de apă - perioada postconstrucție [2016]

În această situație, cele mai frecvente valori de viteză înregistrate în stratul superior al cursului de apă au fost de cca. 1,4 m/s, iar la nivelul patului albiei, de cca. 1,05 m/s (figura 2.4.197).

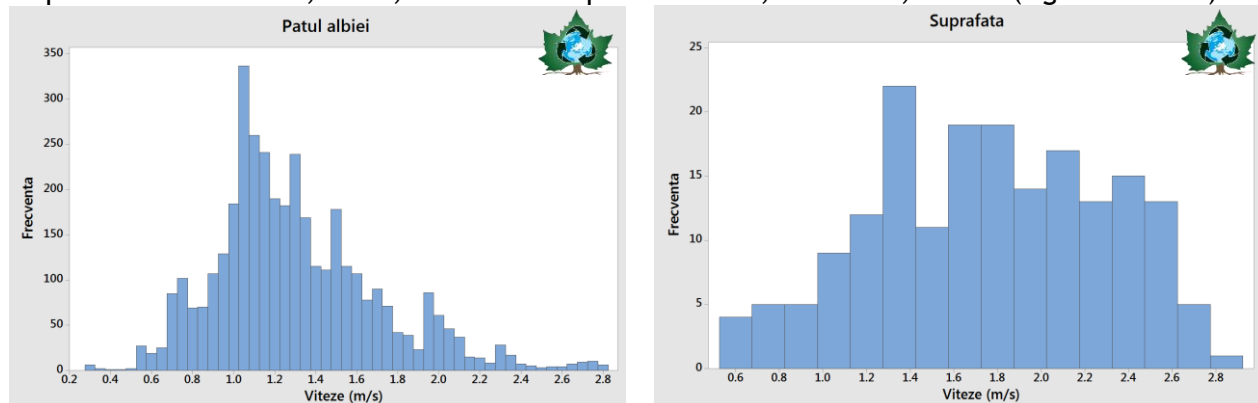


Figura 2.4.197. Histograme de viteză - secțiunea longitudinală de control 1, perioada postconstrucție [2016]

Secțiunea longitudinală de control 2 este localizată pe centrul brațului Bala. În figura 2.4.198 pot fi remarcate modificările patului albiei ca urmare a realizării structuri hidrotehnice (geometria noului prag de fund, groapă de eroziune aval de pragul nou, extinderea gropii de eroziune formate în aval de pragul vechi de fund către malul drept).

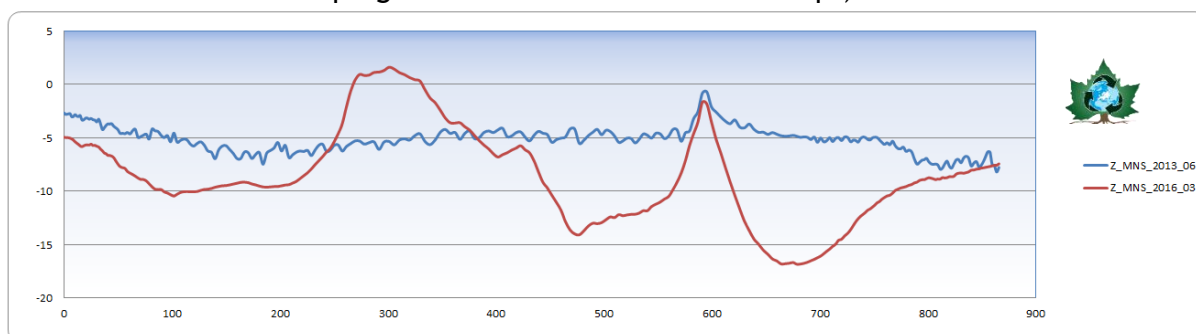


Figura 2.4.198. Secțiunea longitudinală 2 reprezentând patul albiei în perioada preconstrucție și postconstrucție

Referitor la distribuția vitezei curentului de apă în această secțiune, în perioada preconstrucție valorile maxime au fost de cca. 2,0 m/s, maximul fiind înregistrat în dreptul vechiului prag de fund (figura 2.4.199).

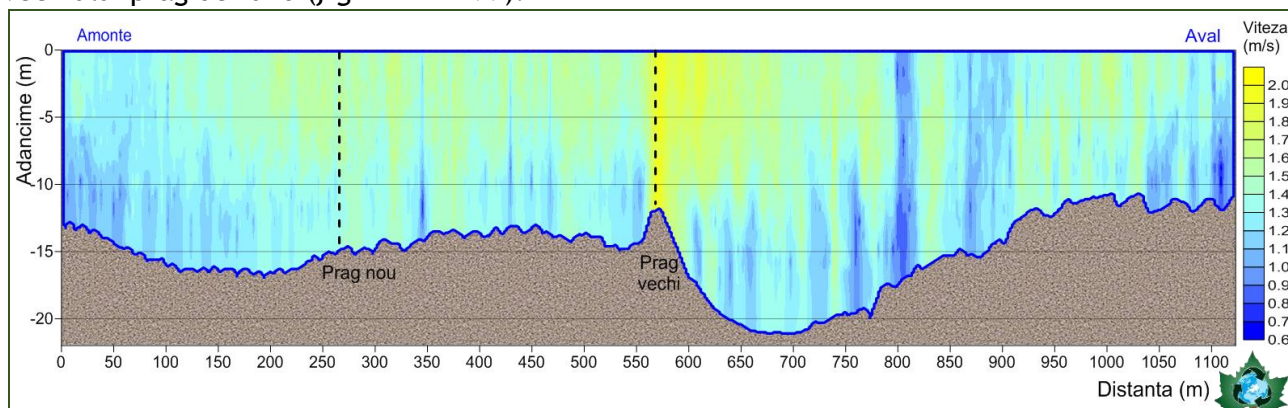


Figura 2.4.199 - Secțiunea longitudinală 2 cu distribuția vitezei curentului de apă - perioada preconstrucție [2013]

Din histogramele de viteză (figura 2.4.200) reiese faptul că cele mai frecvente valori de viteză a apei înregistrate, în perioada de preconstrucție, sunt cele de cca. 1,5 m/s în stratul superior și de cca. 1,32 m/s în stratul de la nivelul patului albiei.

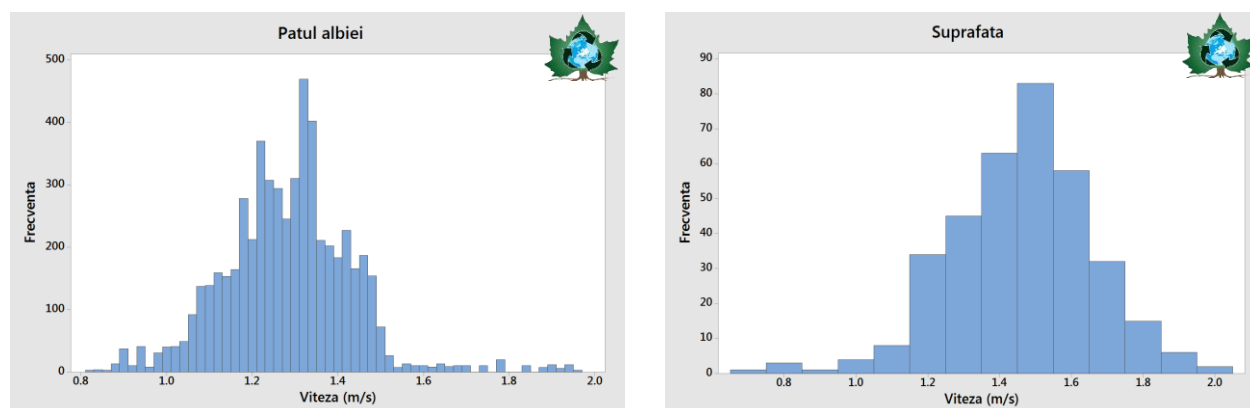


Figura 2.4.200 - Histograme de viteză - secțiunea longitudinală de control 2, perioada preconstrucție [2013]

În perioada de postconstrucție, ca urmare a micșorării secțiunii de curgere, valorile maxime ale vitezelor apei au fost de cca 3,4 m/s.

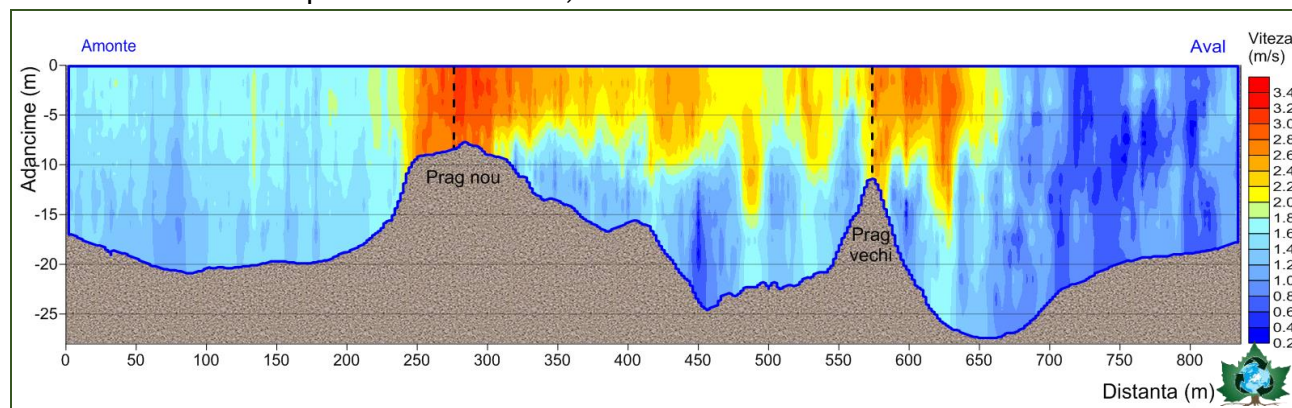


Figura 2.4.201 - Secțiunea longitudinală 2 cu distribuția vitezei curentului de apă - perioada postconstrucție [2016]

În acest context, pe toată secțiunea analizată, cele mai frecvente valori de viteză a apei înregistrate în stratul superior au fost de cca. 1,6 m/s, iar în cazul stratului de la nivelul patului albiei de cca. 1,35 m/s (figura 2.4.202).

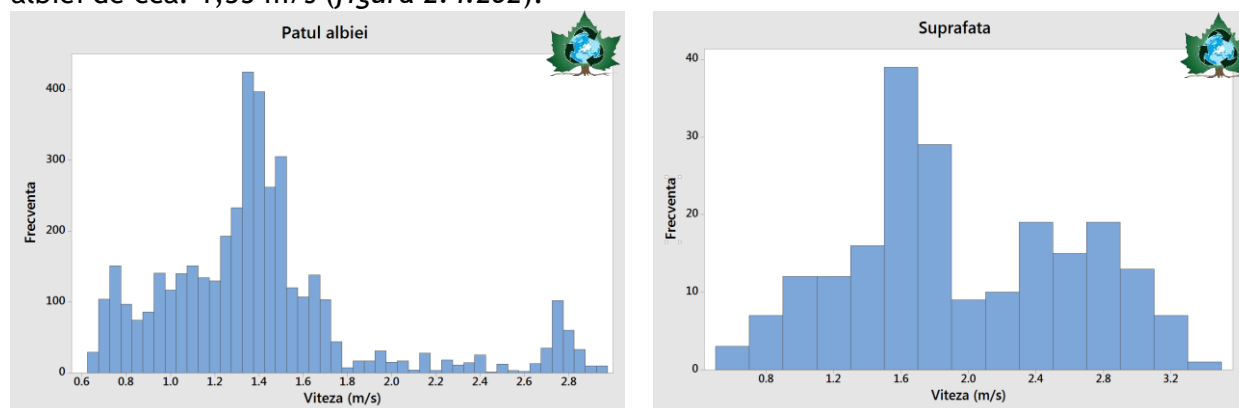


Figura 2.4.202 - Histograme de viteză - secțiunea longitudinală de control 2, perioada postconstrucție [2016]

În cazul secțiunii longitudinale de control 3, localizată în dreptul malului stâng al brațului Bala, din punct de vedere al geometriei patului albiei, la nivelul anului 2016, aval de noul și vechiul prag de fund s-au format o gropi de eroziune.

Proiect: MONITORIZAREA IMPACTULUI ASUPRA MEDIULUI A LUCRĂRILOR DE ÎMBUNĂTĂȚIRE A CONDIȚIILOR DE NAVIGAȚIE PE DUNĂRE ÎNTRE CĂLĂRAȘI ȘI BRĂILA, km 375 și km 175

RAPORT FINAL

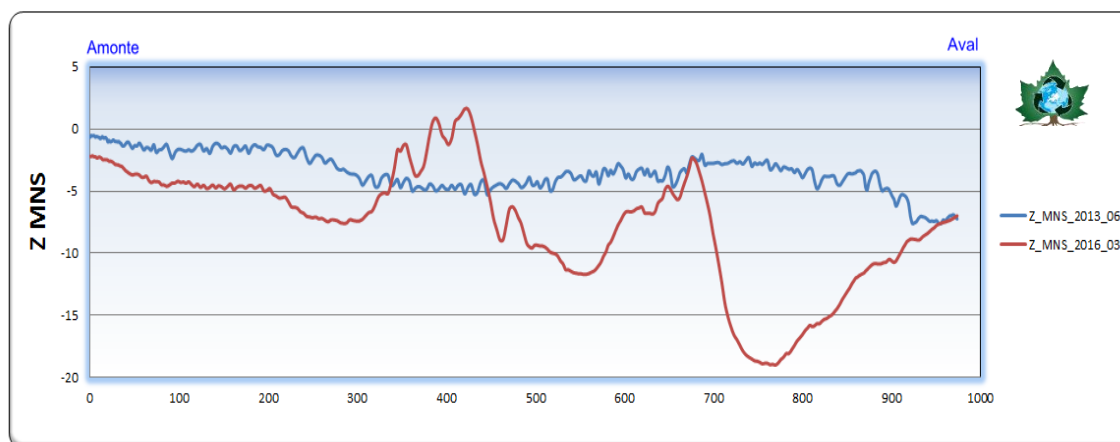


Figura 2.4.203 - Secțiunea longitudinală 3 reprezentând patul albiei în perioada preconstrucție și postconstrucție

Spre deosebire de celelalte două secțiuni, în secțiunea longitudinală din dreptul malului stâng, în perioada de preconstrucție au fost înregistrate viteze ale cursului de apă mai mari, maximul fiind de aprox. 2,5 m/s.

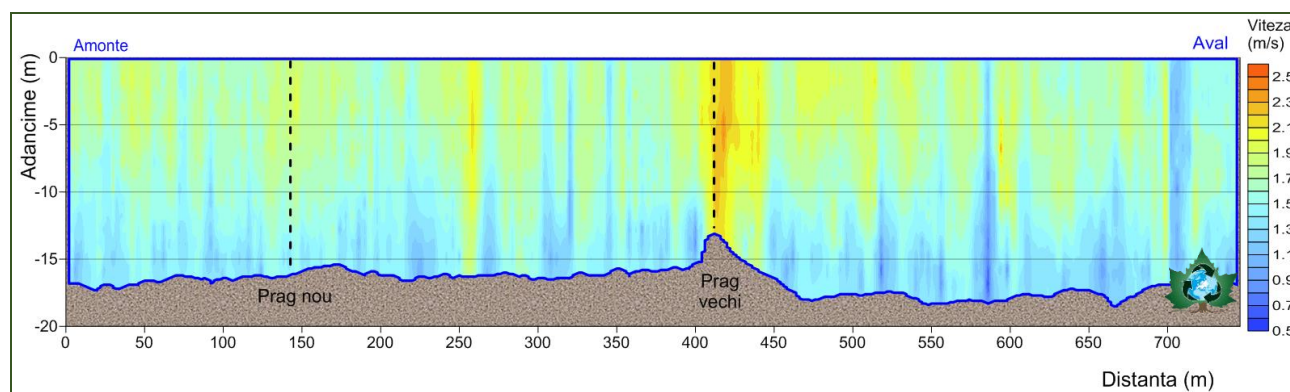


Figura 2.4.204 - Secțiunea longitudinală 3 cu distribuția vitezei curentului de apă - perioada preconstrucție [2013]

Conform histogramelor de viteză din figura 2.4.205, se poate observa că cele mai frecvente valori de viteză a apei înregistrate în stratul superior sunt de cca. 1,7 m/s, iar în cazul stratului de la nivelul albiei, sunt de cca. 1,4 m/s.

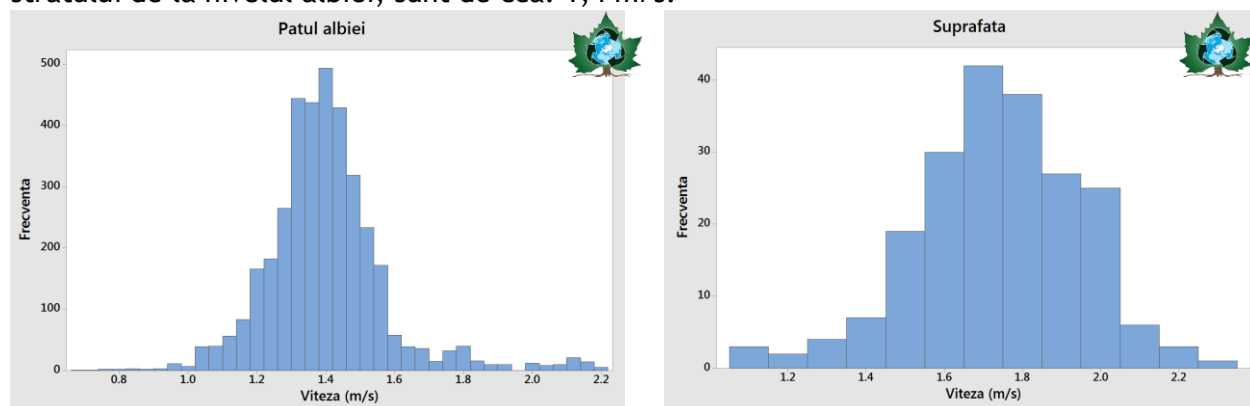


Figura 2.4.205- Histograme de viteză - secțiunea longitudinală de control 3, perioada preconstrucție [2013]

În perioada de postconstrucție, au fost înregistrate valori maxime ale vitezei curentului de apă de cca. 3,4 m/s, în dreptul noului prag de fund.

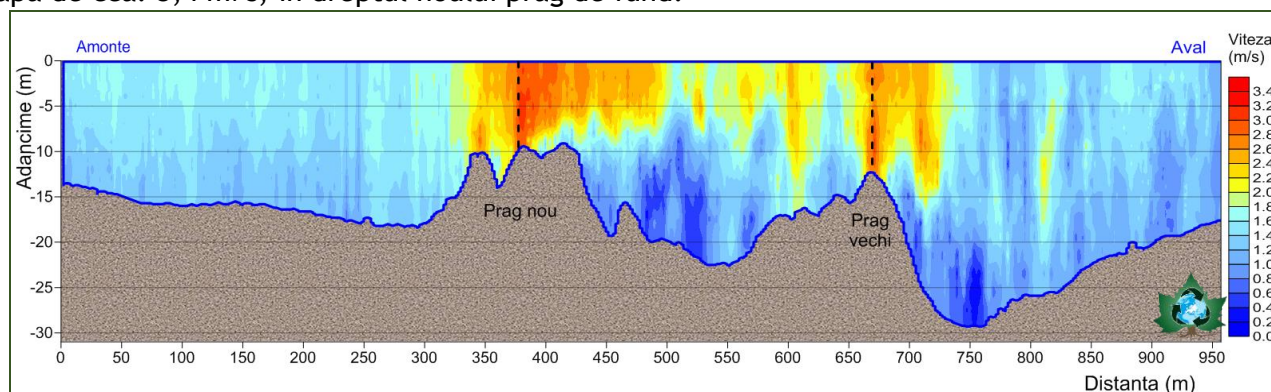


Figura 2.4.206 - Secțiunea longitudinală 3 cu distribuția vitezei curentului de apă - perioada postconstrucție [2016]

În acest context, cele mai frecvente valori de viteză ale apei înregistrate au fost de cca. 1,6 m/s în stratul superior al cursului de apă și de cca. 1,3 m/s în stratul inferior, la nivelul patului albiei.

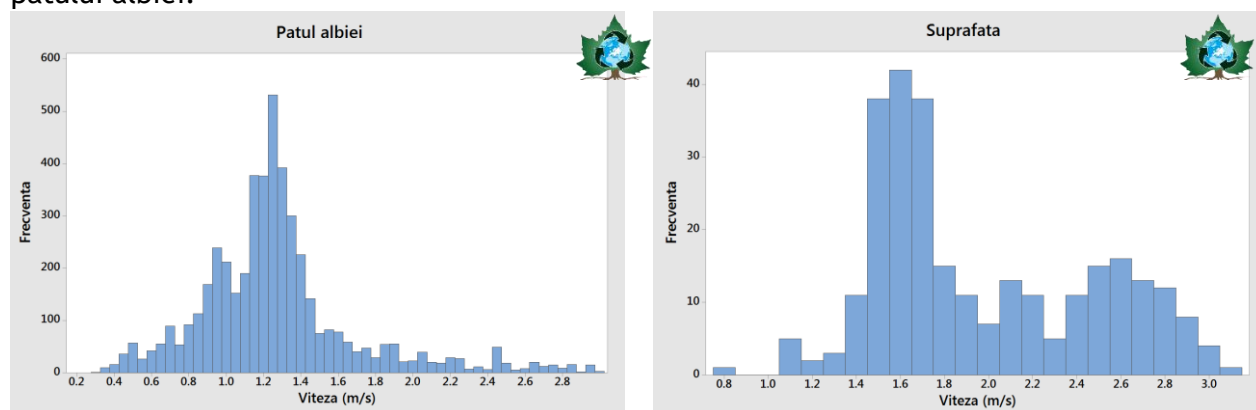


Figura 2.4.207- Histograme de viteză - secțiunea longitudinală de control 3, perioada postconstrucție [2016]

După cum reiese din aceste investigații, construcția pragului de fund de pe brațul Bala a condus la o serie de modificări morfologice și hidrodinamice. Geometria patului albiei s-a schimbat, imediat aval de noul prag de fund formându-se o groapă de eroziune din cauza pierderii controlului asupra execuției lucrării în iulie 2013. Totodată, în comparație cu perioada de dinainte de construcție, groapa de eroziune din aval de vechiul prag de fund s-a extins. Prin implementarea noii construcții, secțiunea de curgere s-a micșorat, astfel, valorile vitezei apei au crescut semnificativ în comparație cu cele înregistrate în perioada preconstrucție.

❖ Crearea modelului hidrodinamic quasi 3D la scară medie, utilizând softul Delft3D

Având la bază datele obținute în urma măsurătorilor din teren efectuate în lunile mai-iunie 2017, a fost configurat modelul hidrodinamic în zona PC01. Aria de studiu este reprezentată de zona de bifurcație braț Bala - Dunărea Veche (între km 348 - km 344 Dunărea Veche și km 9 braț Bala).

Rețeaua de celule construită pe acest sector este alcătuită din 355 de celule pe direcția longitudinală și 103 celule pe direcția transversală și, în urma prelucrărilor, îndeplinește condițiile de ortogonalitate, rezoluție, netezime și raport de aspect.

Având la bază rețeaua de celule și datele batimetrice *multi-beam* obținute în urma măsurătorilor din teren efectuate de către echipa INCDDM în lunile mai-iunie 2017, a fost creat modelul geometric pentru aria studiată.

Premergător acestei operații a fost actualizată analiza comparativă privind evoluția morfologică a patului albiei (descrisă anterior), prin utilizarea datelor din anul 2017.



Figura 2.4.208 - Rețeaua de celule aferentă sectorului studiat

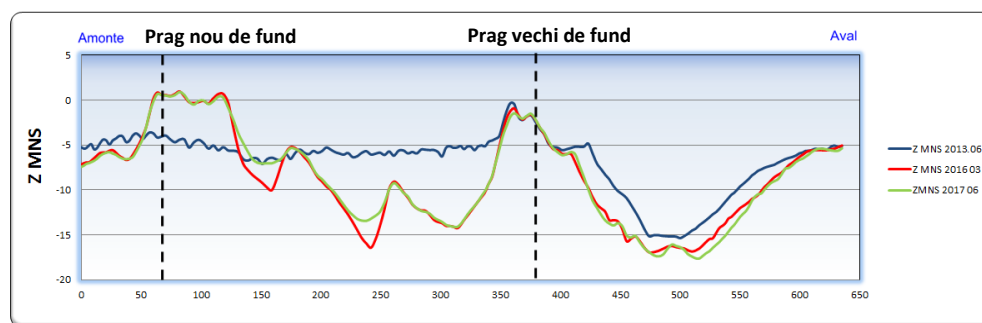


Figura 2.4.209- Secțiunea longitudinală SLCB1 reprezentând patul albiei în 2013, 2016 și 2017

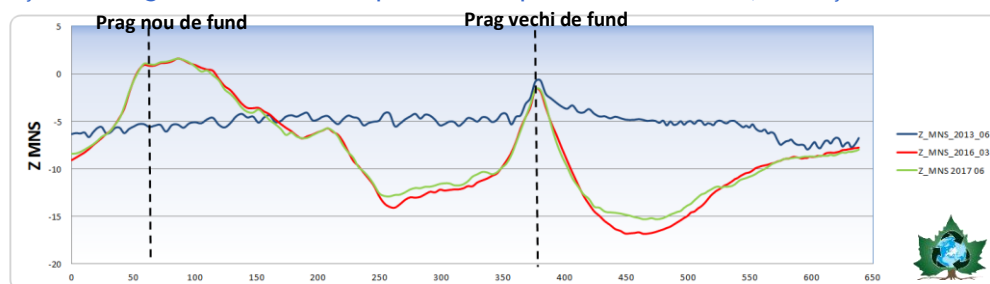


Figura 2.4.210 - Secțiunea longitudinală SLCB2 reprezentând patul albiei în 2013, 2016 și 2017

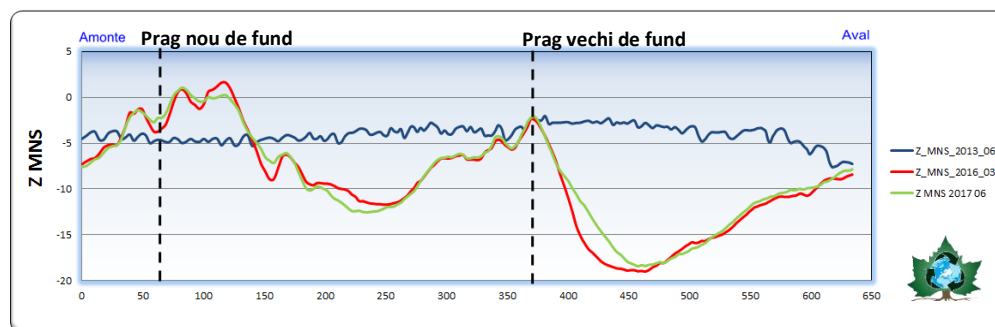


Figura 2.4.211 - Secțiunea longitudinală SLCB3 reprezentând patul albiei în 2013, 2016 și 2017

După cum poate fi remarcat (*figurile 2.4.209 - 211*), sunt diferențe semnificative între perioada de preconstrucție și cea de postconstrucție, în secțiunile longitudinale de control fiind evidențiat noul prag de fund și gropile de fund formate în aval de noul și de vechiul prag de fund.

În ceea ce privește morfologia patului albiei între secțiunile longitudinale de control, nu sunt înregistrate modificări majore între situația din martie 2016 și cea din mai-iunie 2017.

Ținând cont și de aceste informații, modelul geometric (*figura 2.4.212*) a fost construit prin corelarea automată dintre coordonatele centrelor celulelor ce formează rețeaua de calcul și informația georeferențială în același sistem de coordonate. Suprapunerea datelor batimetrice peste celulele rețelei s-a realizat prin utilizarea modulului *QUICKIN* al programului *Delft3D*.

Datele de batimetrie *multi-beam* au fost prelucrate astfel încât fiecărei celule a rețelei i s-a atribuit valoarea cotei absolute - în sistem Stereo 70 MNS - a patului albiei Dunării.

Pentru realizarea modelului hidrodinamic, după determinarea domeniului de calcul (rețea de celule, model geometric, interval de analiză, pas de timp etc.), au fost stabilite datele privind condițiile la limită. Acestea constau în introducerea valorii de debit la intrarea amonte a sectorului studiat și a nivelului apei la ieșirea din rețea, fiind obținute rezultate în zone intermediare.

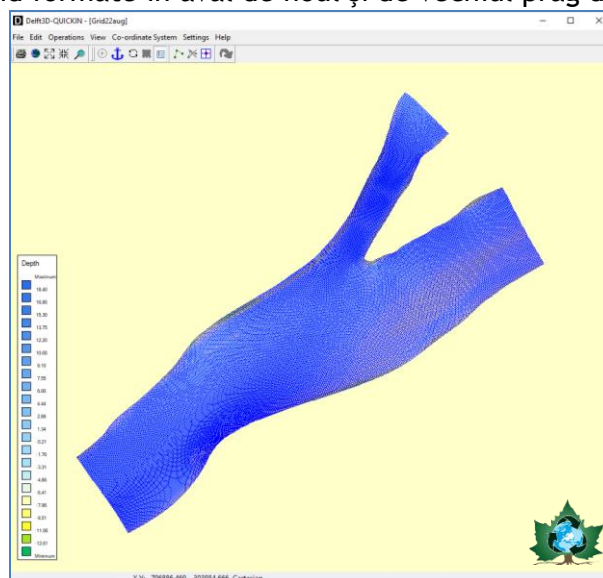


Figura 2.4.212 - Rețeaua de calcul în zona Bala cu date batimetrice

Tabelul 2.4.3 - Condiții la limită utilizate în realizarea modelului hidrodinamic

	Amonte	Aval	
	Dunăre km348	Braț Bala km9	Braț Dunărea Veche km344
Debit [m ³ /s]	6644	3984	2660
Nivel [m MNS]	9,85	9,53	9,59

Introducerea debitelor și nivelelor în model, punerea în funcțiune a modelului și calibrarea preliminară pornesc de la datele provenite din măsurătorile din teren (tabel 2.4.3). În vederea realizării modelului hidrodinamic a fost stabilit debitul de 6644 m³/s în secțiunea amonte, întrucât această valoare a fost înregistrată (din măsurătorile *ADCP*) în perioada cea mai apropiată campaniei de măsurători *multi-beam*.

În primă fază, prin programul *Delft3D* au fost create modele test, prin intermediul cărora s-a propus să se observe aspectele legate de calitatea și veridicitatea rezultatelor. Pentru ca valorile parametrilor hidrodinamici specifici curgerii apei, rezultate în urma modelării numerice să fie similare celor determinate prin măsurători, a fost necesar să se realizeze calibrarea

modelului hidrodinamic în funcție de nivelul apei, debit și vitezele de curgere. Această operație a fost realizată prin modificarea valorilor de rugozitate și vâscozitate dinamică. În ceea ce privește valoarea pasului de timp, s-a ținut cont de faptul că un pas de timp mare permite ca rezultatele să fie obținute rapid, dar și că acest lucru poate conduce la probleme legate de convergența modelului. Astfel, pentru a asigura convergența modelului, a fost folosit un pas de timp de 15 secunde.

Pentru a obține rezultate cu un înalt grad de încredere, au fost construite fișiere de tipul *.rgh în care au fost selectate valori variabile ale rugozității pe sectorul analizat. Totodată, valoarea vâscozității dinamice a fost modificată. Procesul de calibrare s-a realizat treptat, în funcție de rezultatul primului model creat fiind modificate valorile parametrilor de calibrare pentru cel de-al doilea model. La final s-a urmărit ca valorile parametrilor hidrodinamici (debit, nivel al apei, viteze de curgere) să fie similare cu cele rezultate în urma măsurătorilor. Comparațiile au fost efectuate atât la limitele amonte și aval, cât și în secțiunile de control.

După analize succesive ale modelelor test, a rezultat un model numeric care a furnizat rezultate cu înalt grad de încredere. Calculele numerice corespunzătoare acestui model quasi-3D au fost de tip sigma și au avut un număr de straturi egal cu zece. În cazul rugozității, s-a folosit un fișier *.rgh (figura 2.4.213) în care a fost luată în considerare formula elaborată de Manning. Pentru vâscozitatea dinamică a fost utilizată valoarea 1,0 m²/s pe orizontală și 0,45 m²/s pe verticală.

Valorile de debit și nivel al apei rezultate în urma procesului de rulare sunt reprezentate în tabelul 3.2, alături de cele obținute din măsurători.

Diferența rezultată din comparația valorilor măsurate cu cele modelate este calculată în funcție eroarea relativă procentuală (A):

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

în care,

A - eroarea relativă procentuală

P - parametru rezultat din măsurători

P_s - parametru rezultat din simulări numerice

Tabel 2.4.4 - Centralizarea rezultatelor obținute în urma calibrării modelului hidrodinamic

			Măsurători	Modelare	Abatere [%]
Limita amonte	Dunărea	Debit [m ³ /s]	6644	6644	0
		Nivel [m MNS]	9.85	9.85	0
Limita aval	Braț Bala	Debit [m ³ /s]	3984	3986	0.05%
		Nivel [m MNS]	9.53	9.53	0
	Dunărea Veche	Debit [m ³ /s]	2660	2658	0.07%
		Nivel [m MNS]	9.59	9.59	0

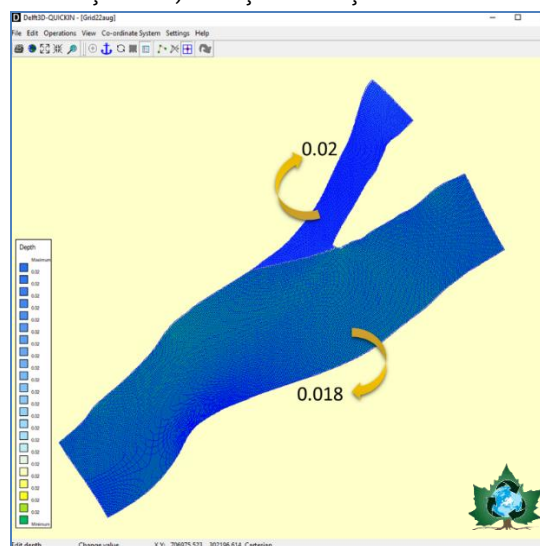


Figura 2.4.213 - Valori ale rugozității atribuite sectorului analizat [m^{-1/3} s]

În vederea calibrării modelului în funcție de viteza curentului de apă, s-au comparat vitezele de curgere rezultate din modelare cu vitezele apei măsurate prin tehnica ADCP (*Acoustic Doppler Current Profiler*), în secțiunile de control din teren.

Având în vedere specificul geometriei patului albiei au fost selectate două secțiuni transversale pe brațul Bala (figura 2.4.214) după care au fost comparate distribuțiile vitezelor curentului de apă.

Comparația între rezultatele furnizate de modelul numeric și valorile obținute din măsurători a fost realizată, luând în considerare valorile mediate pe verticală ale vitezelor curentului de apă, pe secțiunile transversale (figurile 2.4.215 și 2.4.216). În analiza comparativă efectuată, s-a ținut cont de faptul că dimensiunea celulelor rețelei de calcul este diferită de cea a celulelor din seriile de măsurători (cca. 100 x 40 cm).

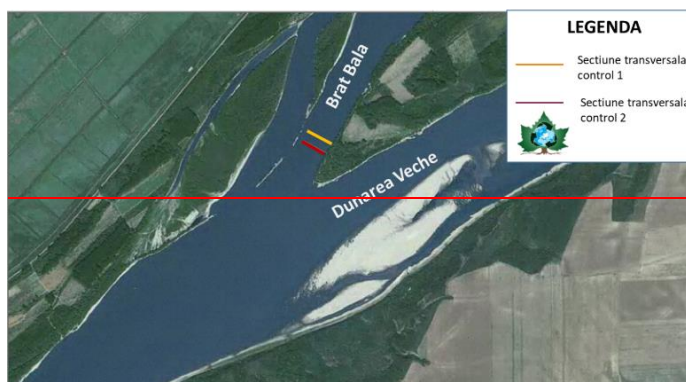


Figura 2.4.214 - Secțiunile transversale analizate pentru realizarea comparației vitezelor rezultate în urma simulării numerice cu cele obținute în urma măsurătorilor *in situ*

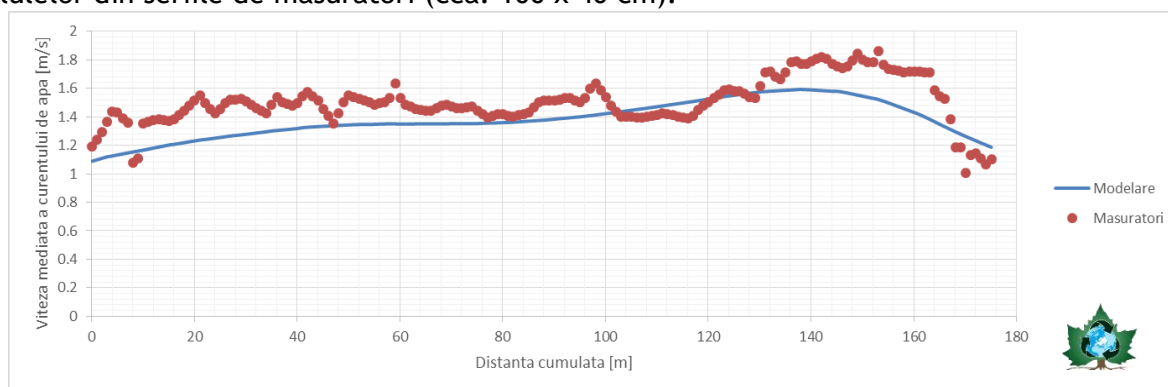


Figura 2.4.215 - Diferențele dintre valorile mediate pe verticală ale vitezelor curentului de apă obținute în urma măsurătorilor *in situ* și cele rezultate în urma modelării numerice - Secțiunea 1

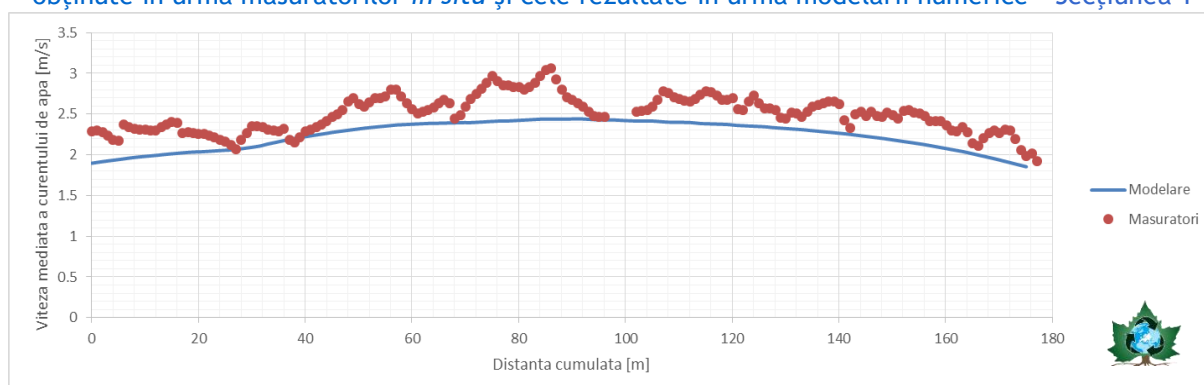


Figura 2.4.216 - Diferențele dintre valorile mediate pe verticală ale vitezelor curentului de apă obținute în urma măsurătorilor *in situ* și cele rezultate în urma modelării numerice - Secțiunea 2

În general, în secțiunile analizate se menține o tendință asemănătoare între valorile mediate pe verticală ale vitezelor curentului de apă obținute în urma măsurătorilor și cele

rezultate în urma modelării numerice, confirmând astfel faptul că modelul furnizează rezultate cu un înalt grad de încredere.

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

Tabel 2.4.5 - 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	6.4	2315	6.02	685	6.08
10800	13.0	5575	12.60	5225	12.66

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 mai mic, de 3000 m³/s și respectiv un debit mare, de 10800 m³/s. 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 2.4.6 - Centralizarea rezultatelor simulărilor numerice, obținute în etapa de validare

				Măsurători	Modelare	Abatere [%]
Limita amonte	Dunărea	MIN	Debit [m ³ /s]	3000	3000	0
			Nivel [m MNS]	6,4	6,4	0
		MAX	Debit [m ³ /s]	10800	10800	0
			Nivel [m MNS]	13,0	13,0	0
Limita aval	Braț Bala	MIN	Debit [m ³ /s]	2315	2354	1,64
			Nivel [m MNS]	6,02	6,02	0
		MAX	Debit [m ³ /s]	5575	5528	0,84
			Nivel [m MNS]	12,60	12,60	0
	Dunărea Veche	MIN	Debit [m ³ /s]	685	646	5,69
			Nivel [m MNS]	6,08	6,08	0
		MAX	Debit [m ³ /s]	5225	5272	0,9
			Nivel [m MNS]	12,66	12,66	0

În tabelul anterior sunt prezentate comparativ valorile debitelor și ale nivelurilor de apă corespunzătoare acestora, rezultate în cadrul etapei de validare.

Pentru debitul de 3000 m³/s înregistrat la Dunăre km 348, 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 1,64% la limita aval de pe brațul Bala și de 5,69% la limita aval de pe Dunărea Veche. În cazul debitului de 10800 m³/s, diferența între valorile simulate și cele determinate prin măsurători este de 0,84% pe brațul Bala și de 0,9% 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.

❖ Realizarea unor scenarii în vederea analizei capacității de înot a sturionilor

Întrucât viteza de curgere a apei are un rol important în investigarea ecosistemelor acvatice, au fost realizate analize privind capacitatea de înot a sturionilor luând în considerare variația vitezei curentului de apă, în funcție de valoarea debitului din secțiunea amonte a modelului.

În acest sens, au fost selectate două secțiuni transversale de control, în dreptul celor două praguri de fund, secțiuni în care este analizată distribuția vitezei curentului de apă în situația în care la limita amonte a modelului (km 348) se aplică o valoare a debitului de $3000 \text{ m}^3/\text{s}$ și de $7700 \text{ m}^3/\text{s}$.



Figura 2.4.217 - Secțiuni transversale de control

A. Scenariu $Q = 3000 \text{ m}^3/\text{s}$

În acest caz, din simularea numerică au rezultat că la stratul superior al apei valorile vitezei curentului de apă ating un maxim de $2,8 \text{ m/s}$, în dreptul celor două praguri de fund construite pe brațul Bala. Pe Dunărea Veche au fost obținute viteze ale apei cu valori mai mici de 1 m/s .

În figura 2.4.218 a fost reprezentată distribuția vitezei curentului de apă, în secțiunea transversală localizată în dreptul pragului nou de fund. În acest caz, valorile ating un maxim de $2,6 \text{ m/s}$.

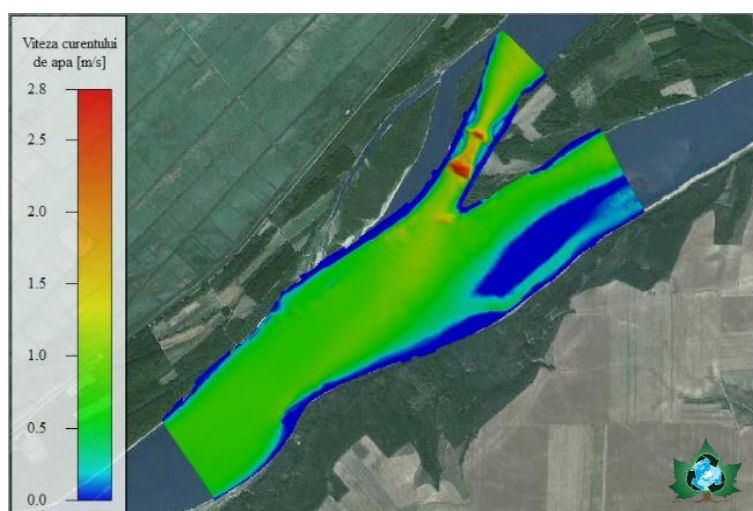


Figura 2.4.218 - Distribuția vitezei curentului de apă pe sectorul analizat - strat 1 [$Q = 3000 \text{ m}^3/\text{s}$]

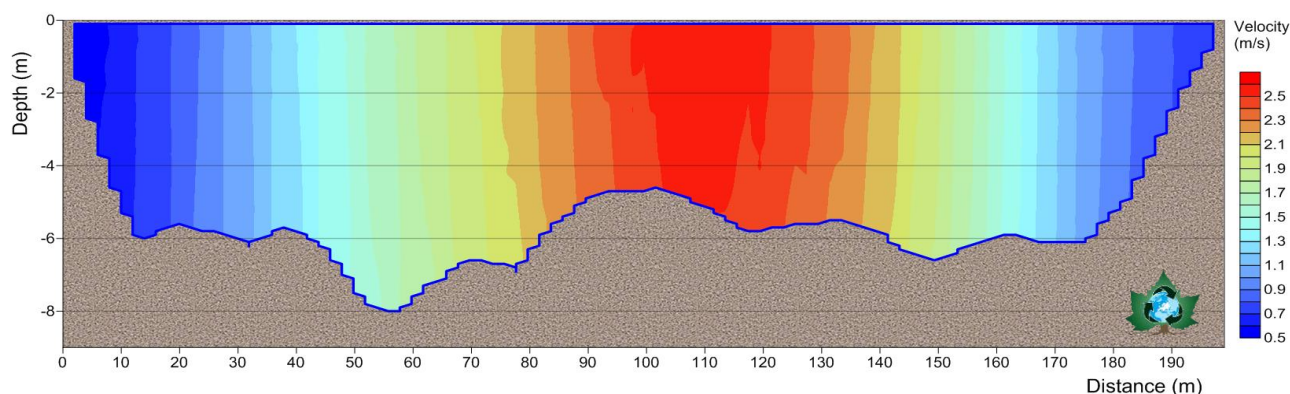


Figura 2.4.219 - Distribuția vitezei curentului de apă - secțiune transversală prag nou [$Q = 3000 \text{ m}^3/\text{s}$]

În ceea ce privește secțiunea transversală ce corespunde pragului vechi de fund (figura 2.4.220), valoarea maximă a curentului de apă, nu depășește 2,65 m/s.

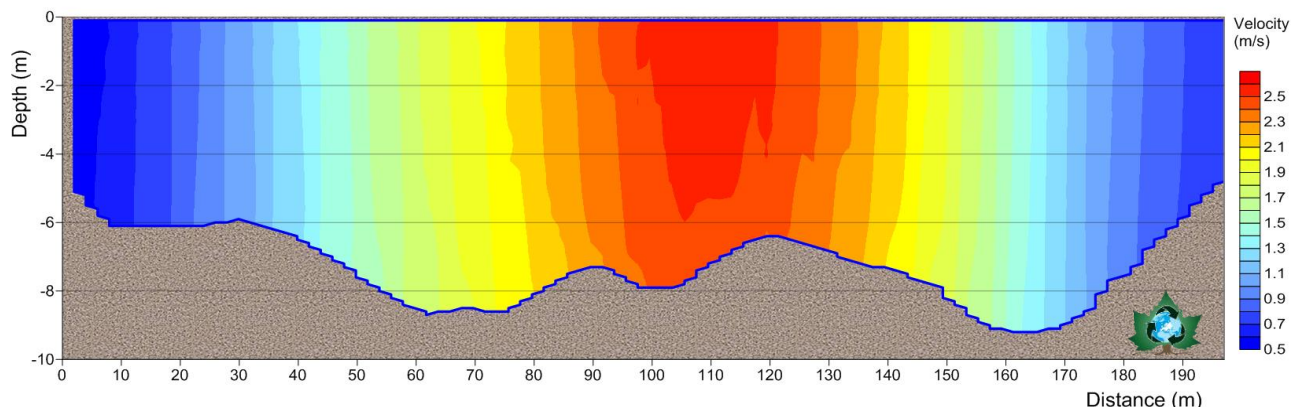


Figura 2.4.220 - Distribuția vitezei curentului de apă - secțiune transversală prag vechi [$Q = 3000 \text{ m}^3/\text{s}$]

B. Scenariu $Q = 7700 \text{ m}^3/\text{s}$

În acest caz, din simularea numerică a rezultat că, în stratul superior al apei valorile maxime ale vitezei curentului de apă sunt pe brațul Bala, în dreptul celor două praguri de fund. În comparație cu primul scenariu, în această situație valoarea maximă a vitezei rezultată a fost de 2,62 m/s.

În figura 2.4.222 a fost reprezentată distribuția vitezei curentului de apă, în secțiunea transversală localizată în dreptul pragului nou de fund. În acest caz, valorile ating un maxim de 2,5 m/s.

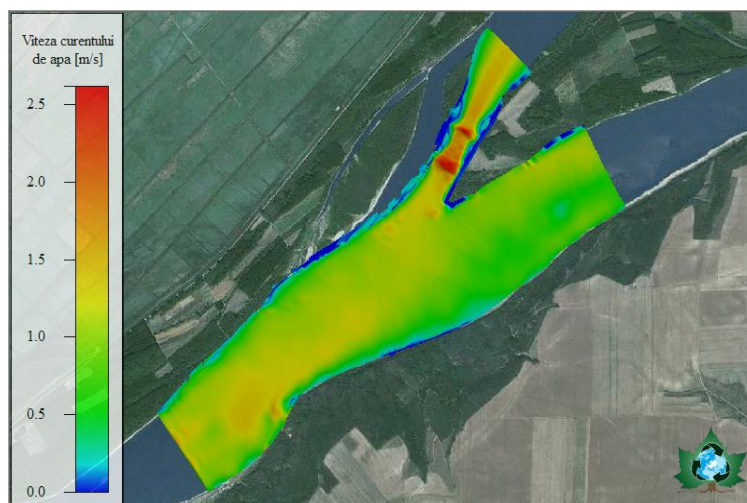


Figura 2.4.221 - Distribuția vitezei curentului de apă pe sectorul analizat - strat 1 [$Q = 7700 \text{ m}^3/\text{s}$]

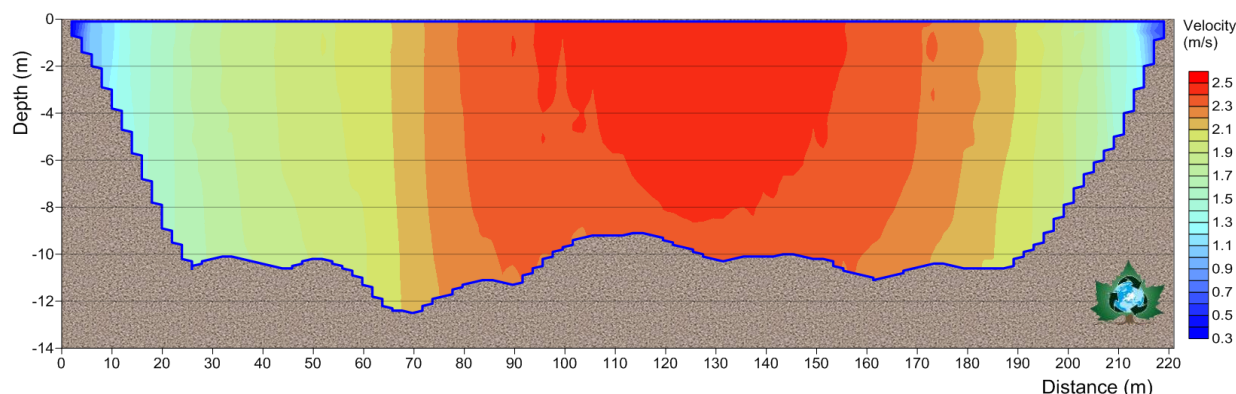


Figura 2.4.222 - Distribuția vitezei curentului de apă - secțiune transversală prag nou [$Q = 7700 \text{ m}^3/\text{s}$]

În secțiunea transversală ce corespunde pragului vechi de fund, valoarea maximă a curentului de apă nu depășește 2,61 m/s.

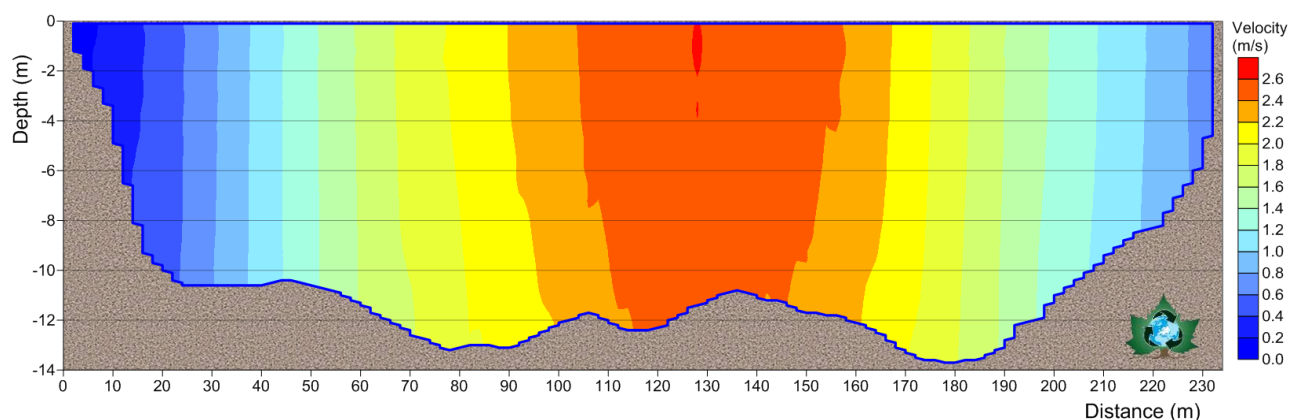


Figura 2.4.223 - Distribuția vitezei curentului de apă - secțiune transversală prag nou
[$Q = 7700 \text{ m}^3/\text{s}$]

În analiza capacității de înot a sturionilor a fost luat în considerare volumul de informații obținut de către echipa INCDPM pe parcursul perioadei de monitorizare a sturionilor marcați ultrasonic, informații ce au fost prezentate în rapoartele intermediare anterioare. Din investigațiile *in-situ* s-a observat că exemplare de sturioni marcați ultrasonic au traversat înspre amonte pragul de fund în condiții în care viteza apei avea valori mai mari decât cele rezultate din aceste scenarii. Astfel, pe baza acestor date se poate menționa faptul că valorile vitezelor curentului de apă obținute din simulările numerice nu influențează comportamentul migrațional al sturionilor, în cazul acestei geometrii a pragului de fund.

Din volumul informațional aferent perioadei de postconstrucție - monitorizare nefinalizată (monitorizându-se doar 23 luni din totalul de 36), nu se poate concluziona dacă pragul de fund manifestă un impact negativ major asupra migrațiilor speciilor de sturioni. Imposibilitatea tragerii unei concluzii concrete sub aspect al influenței pragului de fund asupra migrației speciilor de sturioni a fost influențată direct de întreruperea monitorizării de către Beneficiar din motive independente de noi.

În aceste condiții se recomandă respectarea cerințelor din Caietul de sarcini al proiectului (Caiet de sarcini, capitolul II, pag. 14; 32; 47; 52 și 84), de realizare a pasajului de pești atașat pragului de fund, coroborată cu monitorizarea intensivă a acestuia din punct de vedere hidrodinamic și a capacității de înot contra curentului a sturionilor marcați ultrasonic.

Această monitorizare trebuie combinată cu modelul numeric nou creat ce include geometria pasajului de pești atașat pragului de fund construit pe brațul Bala, astfel încât să se poate realiza predicții privind eficiența pasajului și a asigura premise favorabile luării unor măsuri preventive în caz de necesitate, pentru a evita orice risc de întrerupere a traseelor de migrație în această zonă.

Punctul Critic PC02

Perioada de monitorizare postconstrucție la PC02 trebuia să fie de 36 de luni. Din motive contractuale, aceasta nu s-a finalizat și a durat doar 28 de luni (decembrie 2015-martie 2018). În consecință, datele obținute în această perioadă nu permit tragerea unor concluzii finale. Aceste rezultate ar fi avut grade de precizie și de încredere mai ridicate dacă în analiză ar fi fost utilizate măsurători întinse pe o durată 36 luni.

❖ Analiza privind evoluția morfologică a brațului Epurașu ca urmare a construcției lucrărilor hidrotehnice

În vederea realizării analizei privind evoluția morfologică a brațului Epurașu, inițial au fost centralizate informațiile transmise către autoritatea contractantă, pe parcursul perioadei de monitorizare.

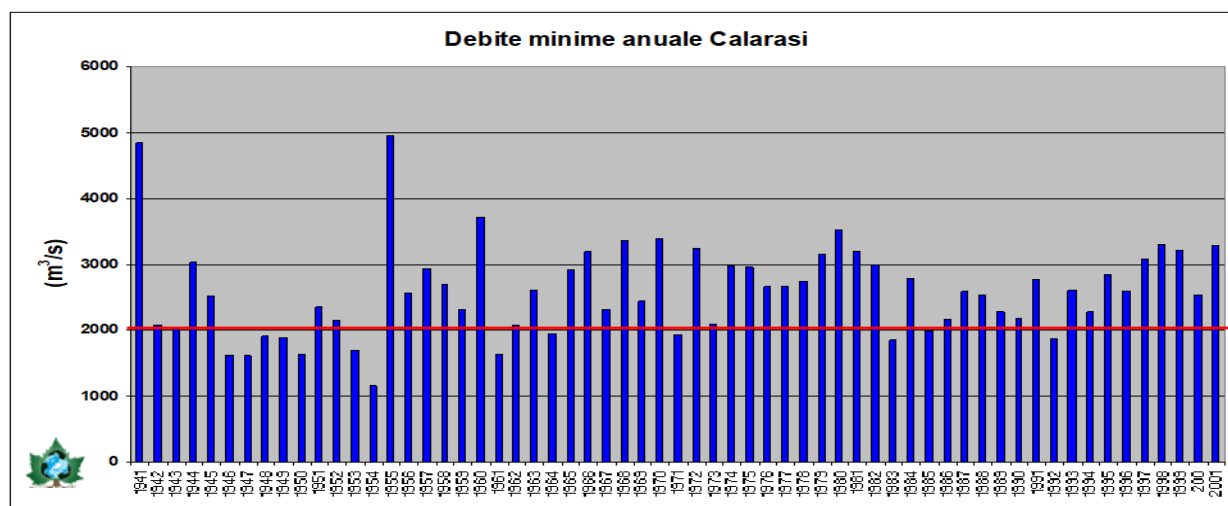


Figura 2.4.224 - Debite la Călărași - Chiciu - date de la Comisia Dunării pentru perioada 1941-2001 - date statistice lunare multianuale

În luna decembrie a anului 2012 experții INCDPM au realizat un raport ad-hoc în care au fost prezentate condițiile hidromorfologice ce caracterizează PC02 și au fost propuse soluții pentru asigurarea conectivității brațului Epurașu cu Dunărea Veche. Premergător analizei, au fost expuse debitele la Călărași-Chiciu

Observații legate de debitele și nivelele din afirmațiile proiectantului

Debitului - așa-zis mediu multianual - de 6000 m³/s la Călărași-Chiciu îi corespunde un debit de 5570 m³/s la Izvoarele și un debit de 2275 m³/s pe Dunărea Veche aval de bifurcația cu brațul Bala. Din cheia limnometrică Izvoarele 2011 (date ANAR) acestui debit îi corespunde un nivel relativ de +250 cm la Izvoarele.

- ✓ Cota abs. Epurașu = Cota abs. Izvoarele - 40 cm (la o pantă medie pe acest tronson de 5,7 cm/km).
- ✓ Mira "0" Izvoarele = 586cm (MNS)+68=654
- ✓ 250+586+68= 836+68=904 (MNS); 836-40+68 =796+68=864 (MNS), cota absolută în zona digului Epurașu= +8,42m (MNC).

Deci la debitul de 6000 m³/s la Călărași-Chiciu apa nu deversează digul de la Epurașu nici măcar în zona mai joasă a acestuia (cota +9,50 MNC).

Pentru ca nivelul apei să ajungă la cota coronamentului, cel puțin în zona cea mai joasă a acestuia, mai este necesar ca nivelul apei să crească cu 1,08m, ceea ce înseamnă un nivel la Izvoarele de $250+108=+358\text{cm}$.

Acestui nivel îi corespunde din cheia limnometrică de la Izvoarele un debit de cca. $6800\text{m}^3/\text{s}$ la Izvoarele, pentru care se cere un debit de cca. $7500\text{m}^3/\text{s}$ la Călărași-Chiciu - cu frecvența de depășire de cca. 17%, ceea ce înseamnă ca digul devine submersibil - cel puțin în partea cea mai joasă a sa - numai pe o perioadă de cca. **62 de zile** dintr-un an calendaristic mediu (de exemplu la nivelul anului 2011 acest debit a fost depășit numai în 39 de zile).

Pentru a asigura conectivitatea brațului Epurașu cu Dunărea Veche, experții INCDPM au propus realizarea unei cunete în corpul digului submersibil. Această soluție a fost analizată prin intermediul modelării numerice, rezultatele obținute fiind prezentate în etapa de construcție.

Tabel 2.4.7 - Valori ale debitelor și nivelelor utilizate în modelare numerică pentru analiza variantelor de cunetă

Data	Debite			
	Dunărea Veche amonte dig (m^3/s)	Braț Epurașu (m^3/s)	Dunărea Veche aval dig (m^3/s)	(%) pe Braț Epurașu
26.03.2012	2060	260	1800	12.62
27.04.2012	2600	390	2210	15.00
31.05.2012	3300	550	2750	16.67
09.06.2012	2460	355	2105	14.43
28/29.07.2012	1900	240	1660	12.63
14.09.2012	776	7	769	0.90
20.10.2012	678	4	674	0.59
07.11.2012	1150	54	1096	4.70
08.11.2012	1200	66	1134	5.50
18.11.2012	1800	200	1600	11.11
20.11.2012	1830	200	1630	10.93
25.11.2012	1480	140	1340	9.46
28.11.2012	1310	110	1200	8.40
01.12.2012	1085	73	1012	6.73
05.12.2012	920	45	875	4.89

Pentru calibrarea și validarea datelor modelului numeric quasi3D s-au utilizat mai multe debite și nivele măsurate de specialiștii INCDPM.

Pentru fiecare variantă de amplasament a cunetei, prin modelare numerică a fost analizată distribuția direcției de curgere și a vitezei apei, în primul *layer* (la suprafața apei) - cu o aceeași deschidere în baza a cunetei și pentru aceleași valori de debite pe Dunărea Veche, în amonte de digul de la Epurașu, selectându-se apoi amplasamentul cunetei.

Prelucrarea datelor de ieșire ale programului *Delft3D* - nivele și debite ale apei în diferite locații pe Dunărea Veche, pe brațul Epurașu și în cunetă, viteze medii și maxime ale apei prin

cunetă, a condus la realizarea unor grafice ce prezintă diverse corelații între acești parametri, pe baza cărora au fost luate decizii privind amplasarea și dimensionarea optimă a cunetei.

În urma modelării numerice s-a constatat faptul că viteza medie a apei prin cunetă nu depășește valoarea de 0,9 m/s. Valoarea maximă corespunde pentru toate cele 3 deschideri considerate situației limită, în care nivelul apei în cunetă urcă până la cota coronamentului - 9,72m. De asemenea, s-a observat că mărirea deschiderii cunetei în bază nu conduce la creșteri semnificative ale vitezei medii a apei scurse prin cunetă.

S-a constatat că debitul procentual scurs prin cunetă se situează sub valoarea de 6,2% pentru toate geometriile pentru care s-au efectuat calcule analitice. Mărirea deschiderii în bază a cunetei are o influență asupra acestor debite procentuale, în special pentru debite mari în amonte de digul de la Epurașu.

Pentru situații cu construcții în albie, au fost pregătite modele care includ detalii privind digul din zona de intrare spre brațul Epurașu și au fost efectuate calcule test în diferite variante. Efectele digului asupra curgerii apei au fost puse în evidență prin reprezentarea grafică a distribuțiilor de viteze calculate.

Lucrările efectuate pentru modelare au continuat cu analiza modalităților de realizare a rețelei de calcul pentru situații cu construcții locale mai complicate în albie (dig și trecere transversală prin el) și analiza funcționalității și rezultatelor modelului de tip *Delft3D* în asemenea cazuri.

În ceea ce privește execuția lucrărilor hidrotehnice, construcția la digul de dirijare Epurașu a demarat practic în luna iunie 2012. Până în luna mai 2012 au fost create stocurile de piatră, din luna iunie 2012 a început procedura de umplere a corpului digului.

În perioada 2011-2012, au existat perioade în care debitele pe Dunăre (s.h. Călărași-Chiciu) au fost extrem de reduse - în perioadele 1 noiembrie-23 decembrie 2011, 6 ianuarie-12 ianuarie 2012 și respectiv 15 februarie-23 februarie 2012 debitele au fost sub 3200 m³/s, cu o valoare minimă de 2080 m³/s.

Tabel 2.4.8 - Distribuția debitelor în zona brațului Epurașu în luna noiembrie 2012, când debitele la s.h. Călărași-Chiciu s-au situat între 4000 și 5500 m³/s.

Data	Debite (m ³ /s)		
	Amonte dig Epurașu	Braț Epurașu	Dunărea Veche
07.11.2012	1153	63	1090
18.11.2012	1980	220	1760
20.11.2012	1830	200	1630
25.11.2012	1480	140	1340
28.11.2012	1310	110	1200

În zilele de 21.07.2015 și 27-28.07.2015 s-au realizat măsurători batimetrice *single-beam* și ADCP (debite și viteze) în zona cunetei din corpul digului Epurașu.

Proiect: MONITORIZAREA IMPACTULUI ASUPRA MEDIULUI A LUCRĂRILOR DE ÎMBUNĂTĂȚIRE A CONDIȚIILOR DE NAVIGAȚIE PE DUNĂRE ÎNTRE CĂLĂRAȘI ȘI BRĂILA, km 375 și km 175

RAPORT FINAL

Tabel 2.4.9 - Debite și nivele din lunile iulie 2015 și septembrie 2012 - la debit comparativ la s.h. Călărași

Data	Debit Călărași (m ³ /s)	Nivel apă Izvoarele (m, MNS)	Nivel apă dig Epurașu (m, MNS)
21.07.2015	3590	6,91	6,51
27.07.2015	3190	6,55	6,15
23.09.2012	3200	6,57	6,17

Debitele scurse pe brațul Epurașu au fost de cca. 12,5 m³/s în data de 21.07.2015 și respectiv de cca. 7 m³/s în data de 27.07.2015. Debitele intrate prin cunetă au fost de cca. 23 m³/s în data de 21.07.2015 și respectiv de cca. 8 m³/s în data de 27.07.2015.

O situație similară - din punct de vedere al debitelor - cu cea din 27 iulie 2015 s-a înregistrat în 23 septembrie 2012, la puțin timp după începerea construcției digului de la Epurașu, debitul măsurat pe brațul Epurașu fiind de 6 m³/s.

În figura 2.4.225 a fost prezentat un detaliu 3D cu zona din spatele cunetei din digul de la Epurașu până către intrarea pe braț (ridicare topobatimetrică realizată în luna iunie 2015 de către INCDPM).

După cum se poate remarca, materialul dislocat din groapa formată în spatele cunetei din corpul digului a fost transportat și taluzat în aval de groapă, formând-se un prag conectat cu insulița aflată în spatele digului. În spatele acestui prag, la intrarea pe brațul Epurașu, s-a format o a doua groapă de eroziune. În această situație, apa a săpat un canal circular în jurul acestei insulițe, către intrarea pe braț.

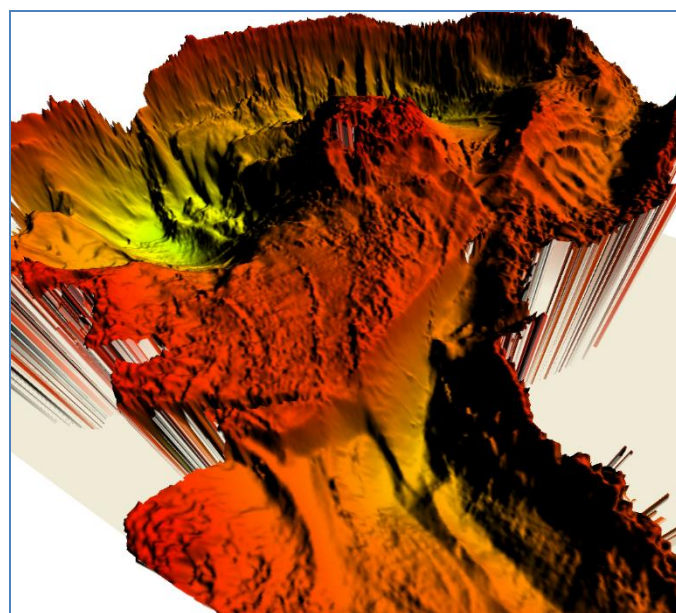


Figura 2.4.225 - Vedere 3D dinspre brațul Epurașu către dig

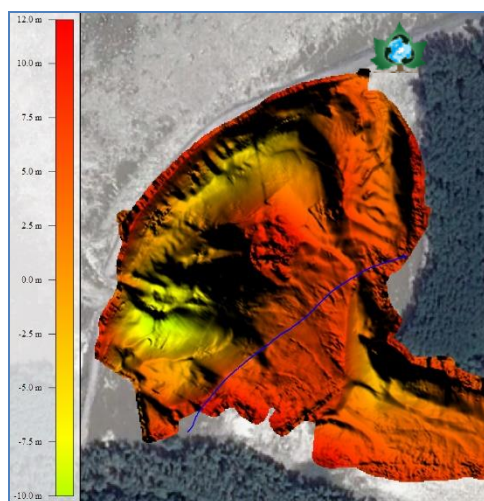


Figura 2.4.226 - Secțiunea amonte de intrarea pe brațul Epurașu

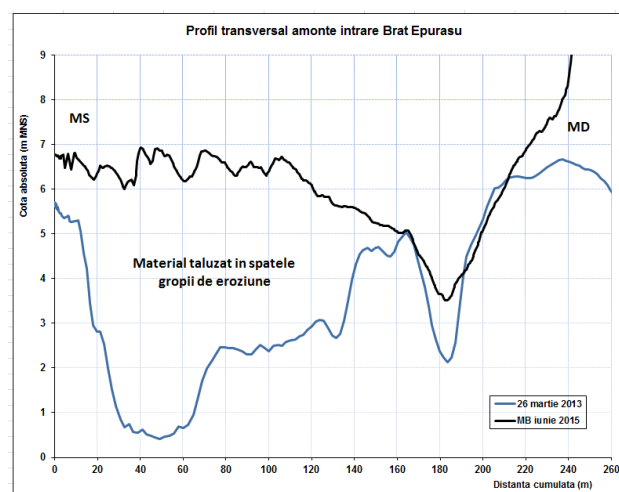


Figura 2.4.227 - Analiză comparativă pentru secțiunea localizată în amonte de intrarea pe brațul Epurașu

Pentru a permite o analiză comparativă a acestor evoluții, a fost comparată situația din iunie 2015 cu cea din martie 2013 (figura 2.4.226). Din graficul prezentat în figura 2.4.227 s-a constatat o ridicare foarte pronunțată (de peste 6 m) a patului albiei în perioada martie 2013 - iunie 2015 în aval de groapa de eroziune formată în spatele cunetei.

În figura 2.4.228 a fost prezentată secțiunea transversală cea mai ridicată, situată la intrarea pe brațul Epurașu, secțiune care blochează curgerea apei în aval către braț, în situațiile în care cota la oglinda apei este sub 6,02 m MNS în zona acestei secțiuni. Acest nivel corespunde unui debit la Călărași de cca. 3100 m³/s (grad de asigurare de cca. 15%).

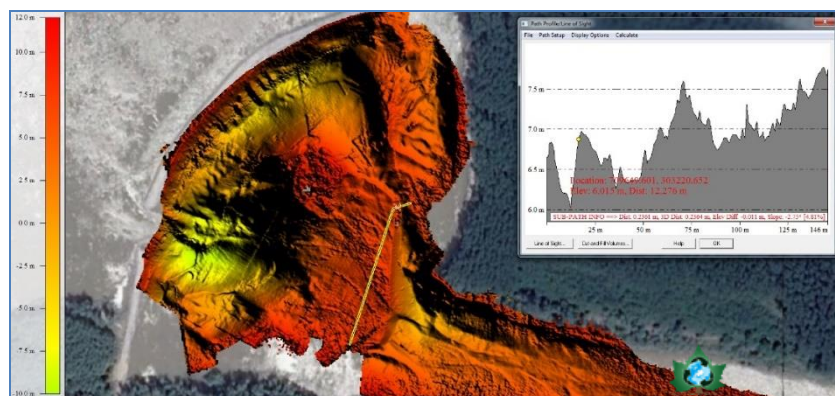


Figura 2.4.228 - Vedere 3D dinspre dig către intrarea pe brațul Epurașu

Astfel, în luna august 2015, s-a constatat că pentru un nivel al apei de 6,50 m MNS (ce corespunde unui debit la Călărași de cca. 3600 m³/s) se asigură o secțiune de curgere ce permite tranzitarea unui debit extrem de scăzut către intrarea pe braț.

În acest sens, autoritatea contractantă a fost avertizată că există riscul întreruperii conectivității longitudinale pe acest braț pe perioade de timp de până la 2 luni la nivelul unui an hidrologic mediu. Pentru a rezolva această problemă, experții INCDPM au propus efectuarea lucrărilor de dragare pe centrul pragului format între cele 2 gropi de eroziune. Unui canal de dragare cu lățimea de 25m, lungimea de 100m (pe direcția către braț), dragat până la cota de +4m MNS - îi corespunde un volum ce trebuie dragat de cca. 5200 m³.

Pentru a urmări evoluția modificărilor la nivelul patului albiei, în intervalul cuprins între luna aprilie 2012 (înainte de începerea execuției propriu-zise a lucrărilor la digul submersibil de la PC02) și luna octombrie 2015 (finalizarea lucrărilor la digul cu cunetă) a fost realizată o analiză

pe baza a 3 modele batimetrice 3D ale albiei, în zona din spatele digului și până la intrarea pe brațul Epurașu, și anume: situația din aprilie 2012, martie 2013 și mai 2015.

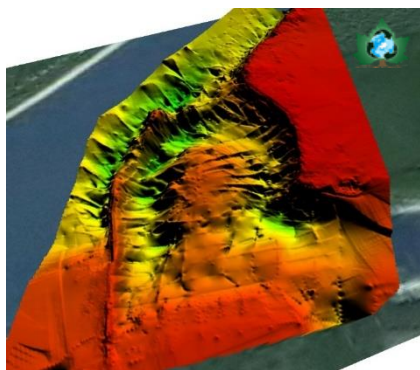


Figura 2.4.229 - Reprezentare 3D - aprilie 2012 înainte de începerea lucrărilor la dig

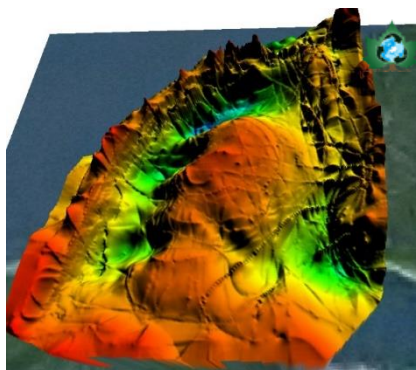


Figura 2.4.230 - Reprezentare 3D - martie 2013 - în timpul lucrărilor la dig

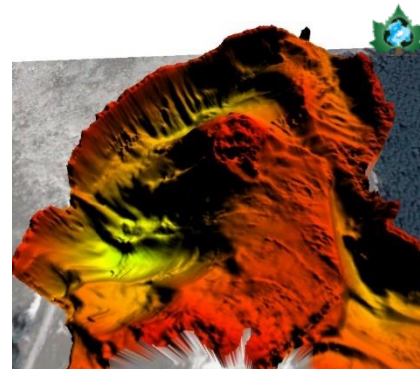


Figura 2.4.231 - Reprezentare 3D - mai 2015 înainte de finalizarea lucrărilor la digul submersibil

În figura 2.4.231 au fost puse în evidență, următoarele aspecte:

- existența cunetei construite în corpul digului;
- groapa de eroziune formată în spatele cunetei;
- o îngustare și blocare prin sedimentare a canalului ce înconjoară insulița din spatele digului;
- materialul dislocat din groapa de eroziune formată în spatele cunetei a fost transportat și taluzat în aval de groapă, formându-se un prag conectat cu insulița aflată în spatele digului. Acest prag s-a extins către intrarea spre brațul Epurașu.

În perioada 2011-2012, înainte de demararea lucrărilor de execuție a digului Epurașu, au existat perioade în care debitele pe Dunăre (s.h. Călărași-Chiciu) au fost extrem de reduse. Astfel, în perioadele 1 noiembrie-23 decembrie 2011, 6 ianuarie-12 ianuarie 2012 și 15 februarie-23 februarie 2012 debitele au fost sub 3200 m³/s, cu o valoare minimă de 2080 m³/s.

Experții INCDPM au expus din nou problema legată de neasigurarea conectivității dintre Dunăre la intrarea în cuneta digului submersibil și brațul Epurașu. În acest sens, în perioadele cu nivel scăzut al apei, apa intră prin cunetă, dar nu coboară pe braț și rămâne în interiorul golfului din spatele cunetei.

Pentru a permite o analiză comparativă a acestor evoluții, a fost prezentat un profil longitudinal din amonte de cunetă, către intrarea pe brațul Epurașu, profil pe care au fost realizate măsurători în data de 20 octombrie 2015.

În figurile 2.4.233 și 2.4.234 au fost prezentate, pentru acest profil, comparații între situațiile de dinainte de începerea lucrărilor la digul submersibil, din martie 2013, mai 2015 și octombrie 2015. Pe grafice a fost evidențiată cuneta la cota +3 m MNS și evoluția gropii de eroziune formată în spatele cunetei. S-a observat că acel cordon de nisip ce făcea legătura între malul drept și insulița din mijlocul golfului, s-a mutat cu cca. 100 m către intrarea pe braț. În același timp, canalul aflat în fața digului, pe Dunăre, s-a ridicat cu cca. 3 m față de situația de dinainte de începerea construirii digului.

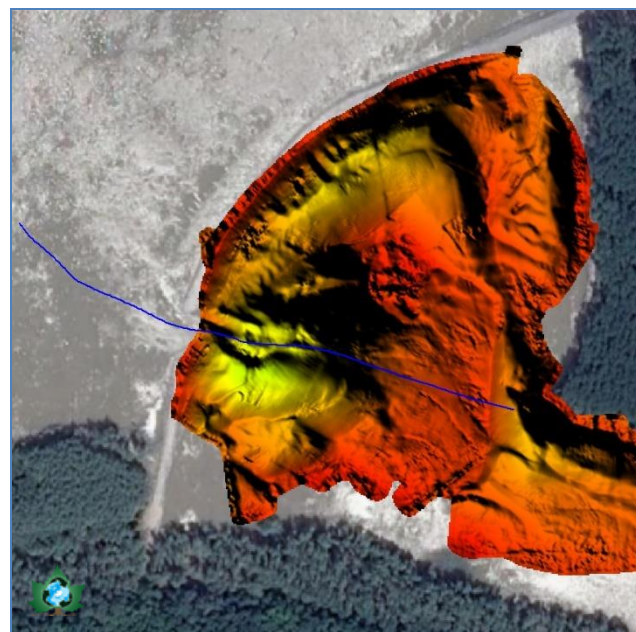


Figura 2.4.232 - Localizarea profilului longitudinal

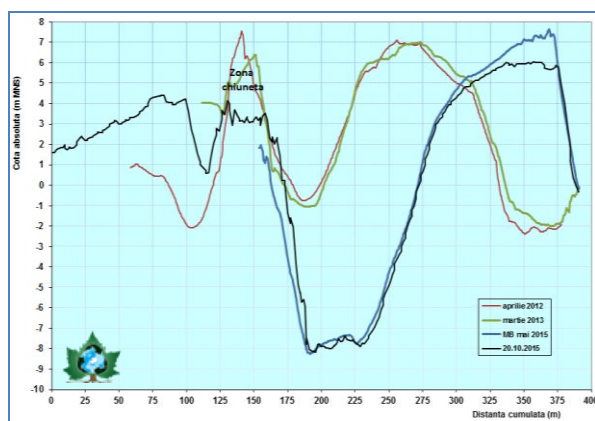


Figura 2.4.233 - Analiză comparativă - profil batimetric longitudinal aprilie 2012, martie 2013, mai 2015 și octombrie 2015

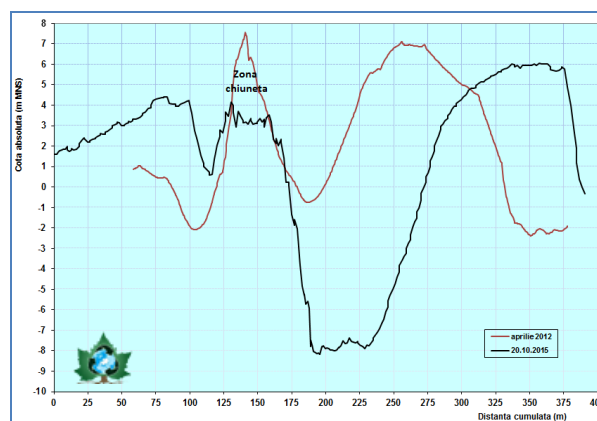


Figura 2.4.234 - Analiză comparativă - profil batimetric longitudinal aprilie 2012 și octombrie 2015

În concluzie, în raportul transmis în luna octombrie 2015 către autoritatea contractantă, specialiștii INCDPM au semnalat din nou faptul că există riscul întreruperii conectivității longitudinale pe brațul Epurașu pe perioade de timp de până la 2 luni la nivelul unui an hidrologic mediu (situație întâlnită în anul 2015).

Pentru a rezolva această problemă, aceștia au propus efectuarea de lucrări de dragare pe centrul pragului (cordonului de nisip). Unui canal de dragare cu lățimea de 25m, lungimea de 100 m (pe direcția către braț), dragat până la cota de +4 m MNS îi corespunde un volum ce trebuie dragat de cca. 5200 m³.

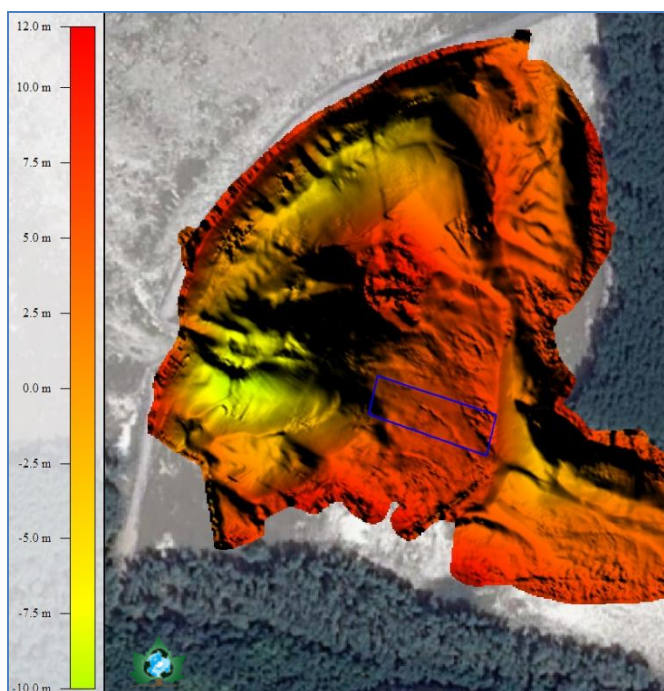


Figura 2.4.235 - Localizarea canalului de dragare propus

Pe lângă analiza prezentată anterior, în luna octombrie 2015 specialiștii INCDPM au elaborat un raport privind lucrările realizate în ianuarie 2015 la cuneta din digul de dirijare Epurașu. În luna ianuarie 2015 au fost depuse cca. 3000 t de piatră sort 0,5-2 t/buc. în cuneta realizată în corpul digului de dirijare submersibil Epurașu, conform comunicării făcute de către constructor.

Cu scopul de a evidenția modificarea geometriei cunetei (a cărei cota proiectată și realizată într-o primă etapă a fost de 3 m MNS), au fost prelucrate măsurătorile longitudinale de batimetrie single-beam ce au traversat cuneta, măsurători de la finele anului 2014 (octombrie - decembrie) și respectiv din lunile februarie-martie 2015. În figurile următoare au fost prezentate secțiunile longitudinale prin cunetă, pe care se evidențiază poziția cunetei și a gropii de eroziune formate în spatele acesteia.

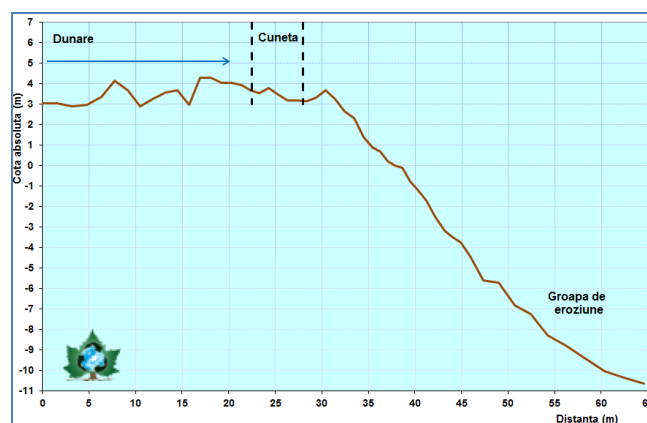


Figura 2.4.236 - Secțiune longitudinală prin cunetă, dig Epurașu - 8 octombrie 2014 v1

Proiect: MONITORIZAREA IMPACTULUI ASUPRA MEDIULUI A LUCRĂRILOR DE ÎMBUNĂTĂȚIRE A CONDIȚIILOR DE NAVIGAȚIE PE DUNĂRE ÎNTRE CĂLĂRAȘI ȘI BRĂILA, km 375 și km 175

RAPORT FINAL

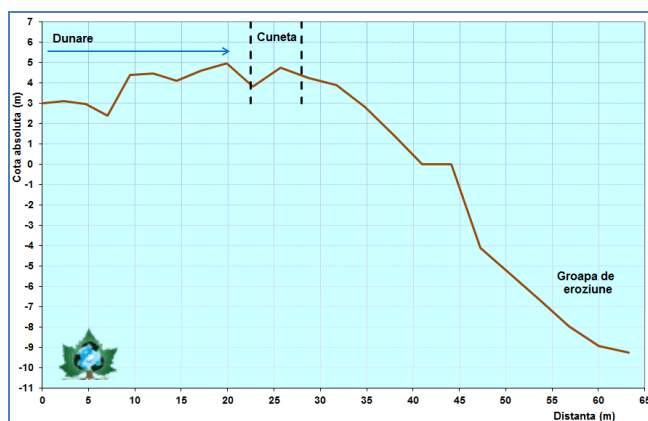


Figura 2.4.237 - Secțiune longitudinală prin cunetă, dig Epurașu - 5 noiembrie 2014 v1

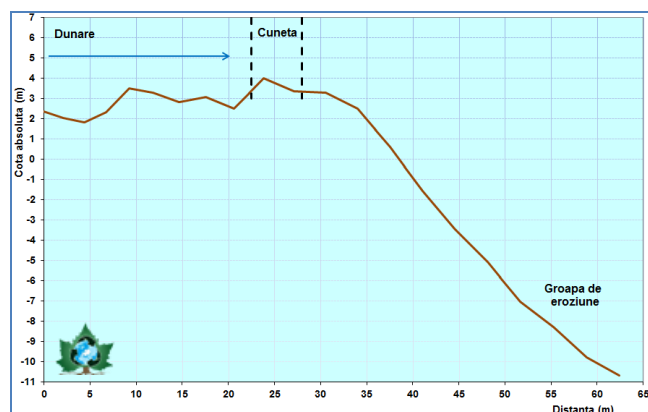


Figura 2.4.238 - Secțiune longitudinală prin cunetă, dig Epurașu - 6 decembrie 2014 v1

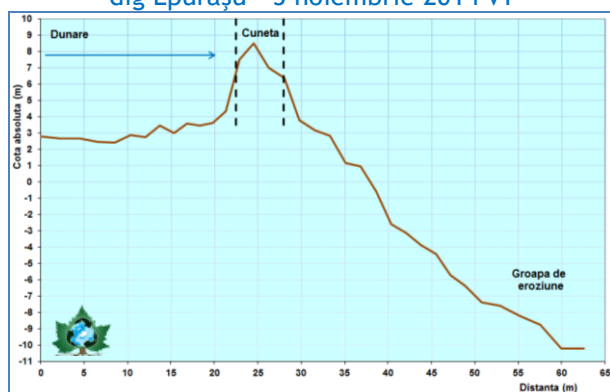


Figura 2.4.239 - Secțiune longitudinală prin cunetă, dig Epurașu - 5 februarie 2015

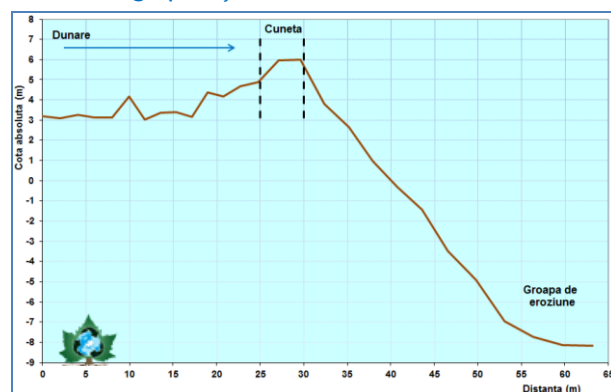


Figura 2.4.240 - Secțiune longitudinală prin cunetă, dig Epurașu - 4 martie 2015

După cum se poate remarca, cota cunetei este de cca. 3-4 m în perioada de la finele anului 2014, și crește la 6-8 m la începutul anului 2015, fapt datorat materialului ce a fost deversat în cunetă, în luna ianuarie 2015.

Informațiile obținute în urma monitorizării PC02, coroborate cu datele existente în literatura de specialitate au condus la obținerea unei imagini de ansamblu privind modificările morfologice ce au avut loc în zona brațului Epurașu din anul 1978 până în anul 2015. În acest sens, figura 3.64 prezintă comparativ situația existentă în anii 1978, 2006, 2012, 2014 și 2015, cu mențiunea că valorile diferențelor specificate au caracter aproximativ. Din analiza realizată se poate observa tendința de erodare a insulei Epurașu.

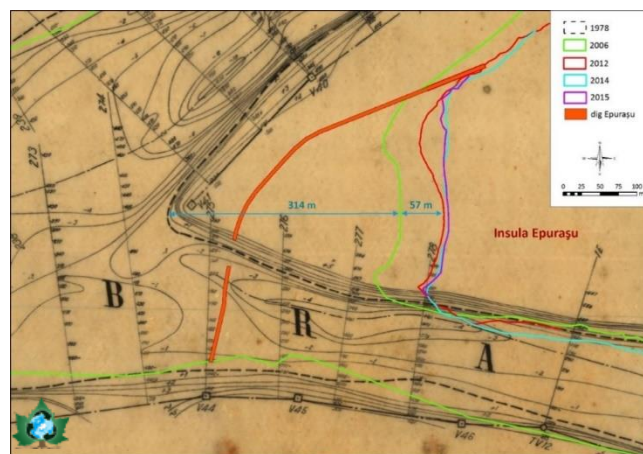


Figura 2.4.241 - Brațul Epurașu în anii 1978, 2006, 2012, 2014 și 2015

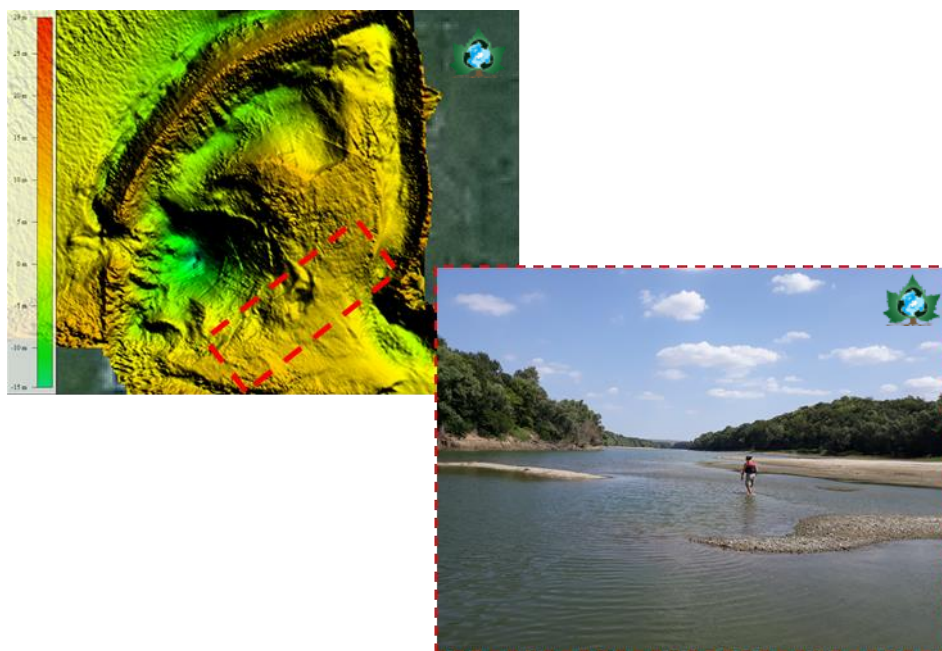


Figura 2.4.242 - Brațul Epurașu - activități de monitorizare postconstrucție 2018

Pentru a evidenția modificările morfologice ce au avut loc în zona PC02 - brațul Epurașu - în perioada de monitorizare până 31 martie 2018 (această perioadă trebuia să se finalizeze pe 26 noiembrie 2018), au fost realizate analize în care au fost comparate situațiile existente la nivelul anilor 2012, 2015, 2016 și la începutul 2018. Pentru o mai bună vizualizare a modificărilor morfologice, au fost expuse mai multe situații, în care nivelul apei a variat de la 2,5 la 8 m MNS și au fost prezentate secțiuni batimetrice comparative pe coronamentul digului submersibil, prin cunetă (longitudinal) și prin cordonul de nisip (*Anexa 3*).

Din aceste analize se poate observa faptul că insulița formată în zona amonte a brațului Epurașu și-a schimbat geometria, iar cordonul de nisip (*figura 2.4.242*) care, inițial, făcea legătura numai între malul drept și insulița din mijlocul golfului, s-a extins, blocând cursul apei către brațul Epurașu. Aceasta se datorează faptului că nu s-a intervenit prin lucrări de dragare care să asigure conectivitatea brațului Epurașu cu Dunărea.

Punctul Critic PC10

Având în vedere modificările parametrilor hidraulici după execuția lucrărilor la PC10, prin intermediul modelării numerice au fost analizate rezultate privind distribuția debitelor pe brațele din zona studiată și valorile vitezelor curentului de apă. Totodată a fost estimat transportul local al sedimentelor și au fost analizate tendințele de modificare a morfologiei albiei, în diferite condiții. Utilizând **date batimetrice din luna iulie 2014**, a fost actualizată reprezentarea albiei din modelul *Delft3D* pentru zona PC10, care include tronsoane ale Dunării și brațul Caleia.

Cu aceste date, au fost efectuate simulări numerice pentru situații de debite diferite pe Dunăre din luna iunie și din luna iulie 2014. Aceste rezultate au fost comparate cu cele obținute în urma utilizării datelor batimetrice din octombrie 2013.

S-a constatat că debitele pe Dunăre calculate cu datele batimetrice din iulie 2014 sunt foarte apropiate de cele calculate pe baza datelor batimetrice din octombrie 2013. Prin urmare, distribuția debitelor pe Dunăre și pe brațul Caleia s-a păstrat practic similară în această perioadă pentru debitele corespunzătoare lunilor iunie și iulie 2014.

Situații asemănătoare indică și distribuția solicitărilor de forfecare la nivelul albiei, reprezentată pe baza valorilor calculate folosind cele două seturi de date batimetrice, pentru debite din luna iulie 2014. Acest parametru este un indicator al forței apei pe unitatea de suprafață a albiei și este corelat cu transportul sedimentelor, arătând astfel zonele de eroziune/depunere.

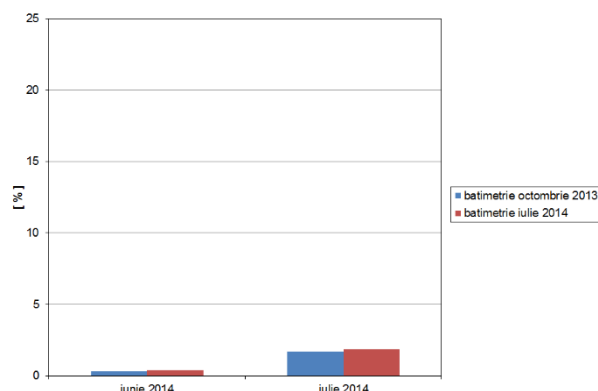


Figura 2.4.243 - Semidiferențe relative procentuale între debitele pe brațe în condițiile din luna iunie 2014 și iulie 2014 - model batimetric octombrie 2013 versus model batimetric iulie 2014

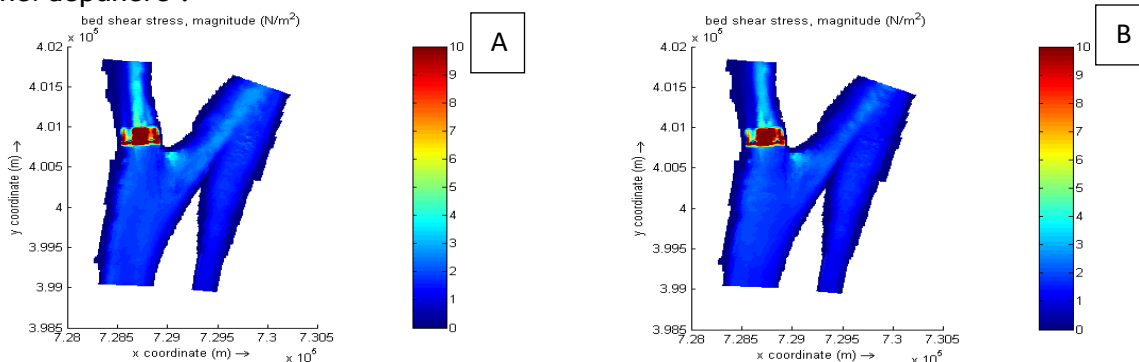


Figura 2.4.244 - Comparația eforturilor la nivelul albiei luând în considerare debite din iulie 2014 - model batimetric octombrie 2013 (A), model batimetric iulie 2014 (B)

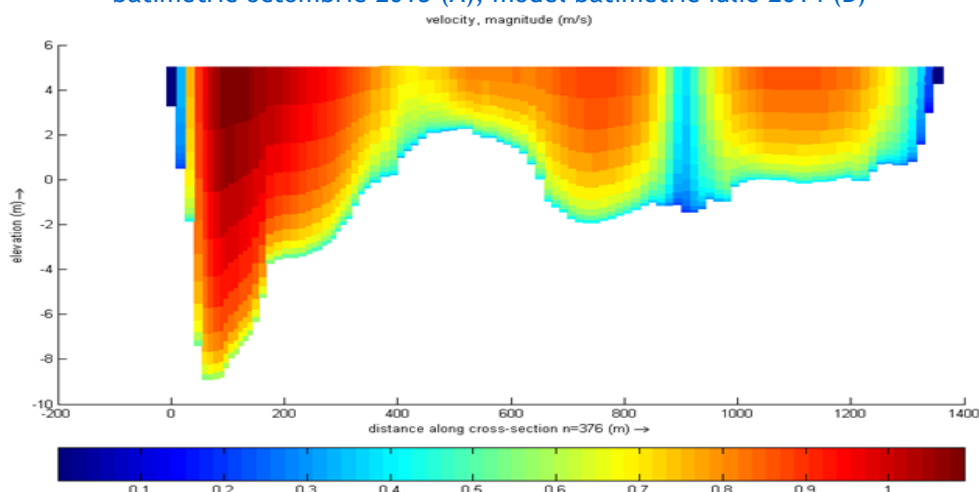


Figura 2.4.245 - Distribuția vitezelor curentului de apă într-o secțiune transversală pe Dunăre la PC10, în amonte de brațul Caleia, reprezentare pe baza simulării numerice cu date din luna iunie 2014

Distribuția vitezelor curentului de apă rezultată din simularea numerică cu date din luna iunie 2014, într-o secțiune aflată în amonte de brațul Caleia evidențiază efectele datorate curgerii apei spre cele două laturi ale insulei și respectiv influența debitului de pe brațul Vâlcui. Distribuția de valori este asemănătoare cu cea obținută în urma măsurărilor de viteze ale curentului de apă dintr-o secțiune foarte apropiată. Valorile măsurate conțin și fluctuații, cauzate de turbulența curgerii apei.

Simularea numerică a parametrilor curgerii apei în zona PC10, în condiții de debite din luna **august 2014**, a furnizat estimări care au fost comparate cu rezultatele modelului *Delft3D* construit în intervalul debitelor medii. Distribuția debitelor pe Dunăre și pe brațul Caleia, în condițiile bazate pe valorile măsurate din august 2014, este echilibrată, rezultatele simulării numerice indicând valori foarte apropiate de cele furnizate de modelul construit în intervalul debitelor medii.

Rezultatele modelului *Delft3D* au arătat că estimarea distribuției debitelor pe brațe se înscrie în intervalele calculate pentru debite totale medii pe Dunăre. Debitele din luna august 2014 introduse în calcule se află în partea superioară a intervalelor pentru debite medii și de aceea rezultatele sunt mai apropiate de cele obținute pentru un debit peste medie.

Simularea numerică a parametrilor curgerii apei atât pe brațe cât și în arii de pe insulă și din albia majoră, pentru debite din luna august 2014, a evidențiat viteze de curgere foarte mici în ariile de pe insulă acoperite cu apă, precum și faptul că acestea nu au avut legătură directă cu brațele decât pe porțiuni de mal foarte reduse. În albia majoră, vitezele calculate au fost, de asemenea, foarte mici, în situația considerată în cadrul modelului.

În ceea ce privește distribuția vitezelor curentului de apă, comparația rezultatelor modelului *Delft3D* cu seturi de date obținute prin măsurători la debit apropiat pe brațul Caleia a arătat valori ale vitezelor în general asemănătoare, mai ales pe porțiunea din mijloc a pragului de fund de pe acest braț

Totodată, utilizând modelul batimetric creat pe baza măsurărilor din iunie 2014, au fost efectuate simulări numerice în care au fost folosite ca date de intrare valorile debitelor din lunile octombrie și noiembrie 2014. Rezultatele obținute au evidențiat o distribuție echilibrată a debitelor pe brațe la PC10. Rezultatele simulărilor numerice cu

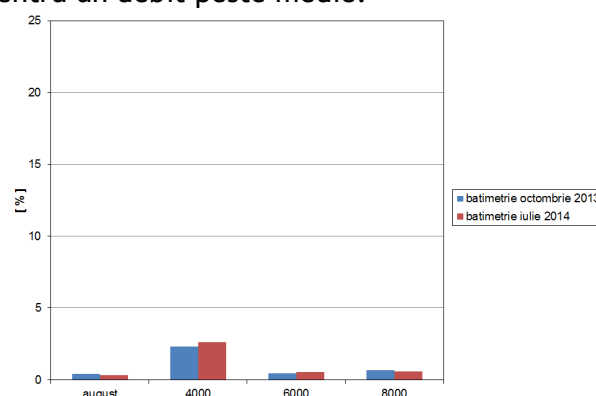


Figura 2.4.246 - Semidiferențe relative între debitele pe brațe în condițiile din luna august 2014, comparativ cu intervale pentru debite medii - model batimetric octombrie 2013 versus model batimetric iulie 2014

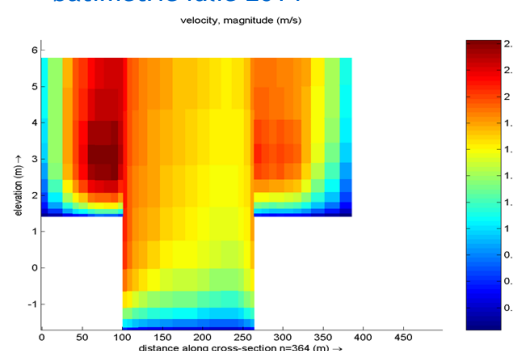


Figura 2.4.247 - Rezultate locale ale simulării numerice la debit de circa 3650 m³/s, distribuția vitezelor la pragul de fund de la PC10

debite din noiembrie 2014 arată situații asemănătoare privind capacitatea de transport a albiei pe brațele de la PC10 în condițiile datelor batimetrice actualizate în iulie 2014, în comparație cu utilizarea datelor batimetrice din octombrie 2013.

Distribuția detaliată a solicitărilor de forfecare la nivelul albiei la debite din noiembrie 2014, obținută în urma simulării numerice în care a fost utilizat modelul batimetric actualizat în anul 2014, a fost foarte asemănătoare cu cea obținută pe baza batimetriei din octombrie 2013.

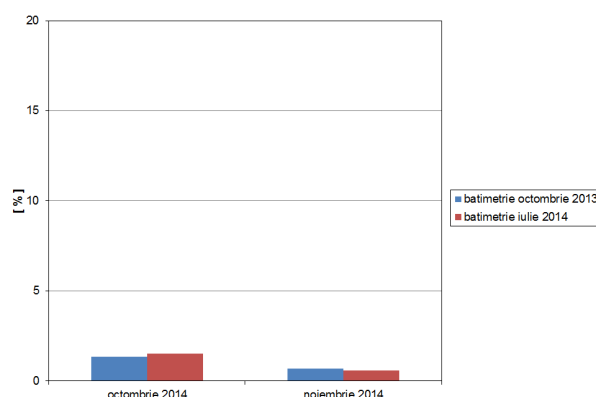


Figura 2.4.248 - Semidiferențe relative procentuale între debitele pe brațe la PC10, în condițiile din luna octombrie 2014 și noiembrie 2014 - model batimetric octombrie 2013 versus model batimetric iulie 2014

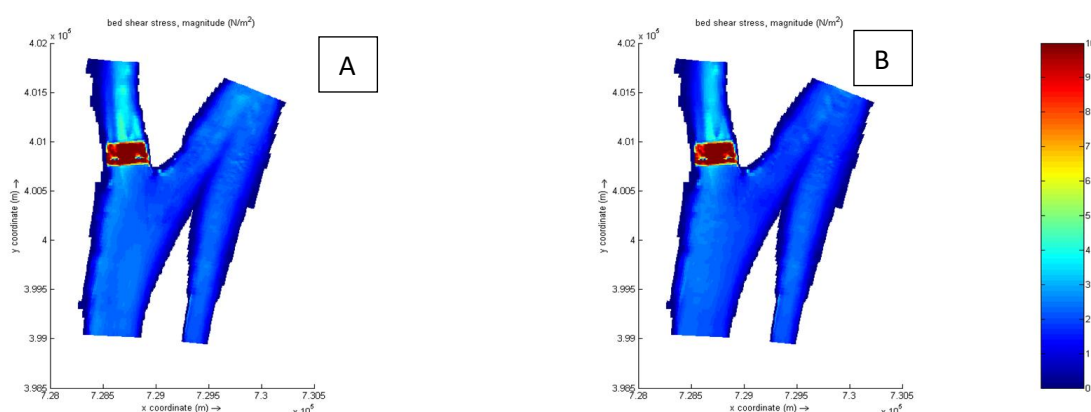


Figura 2.4.249 - Eforturi la nivelul albiei la debite din noiembrie 2014, utilizând modelul batimetric octombrie 2013 (A) și modelul batimetric iulie 2014 (B)

Valorile vitezelor de curgere pe Dunăre la PC10, calculate cu debite din **octombrie 2014**, sunt relativ uniforme în direcție longitudinală, ceea ce arată că lucrările au condus la secțiuni succesive de curgere asemănătoare pe tronsonul respectiv al Dunării. Vitezele curentului de apă calculate pe Dunăre sunt apropiate de cele de pe brațul Vâlcu (din partea dreaptă), unde condițiile de curgere a apei sunt cele naturale.

Având la bază modelul batimetric actualizat (batimetrie iulie 2014) au fost efectuate simulări numerice în care au fost utilizate ca date de intrare valorile debitelor din ianuarie și februarie 2015.

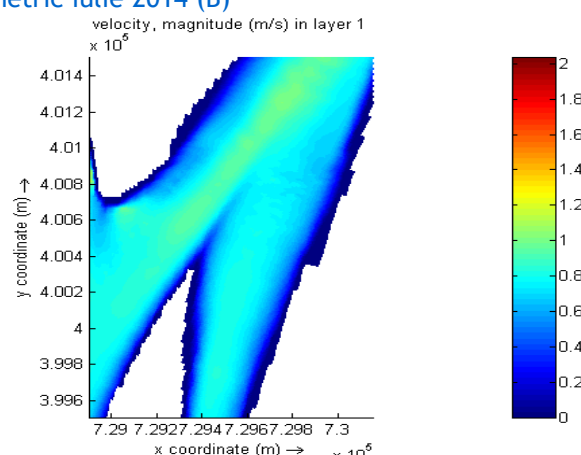


Figura 2.4.250 - Distribuția locală a vitezelor curentului de apă pe Dunăre, strat de la suprafața apei, într-o situație de debite din luna octombrie 2014

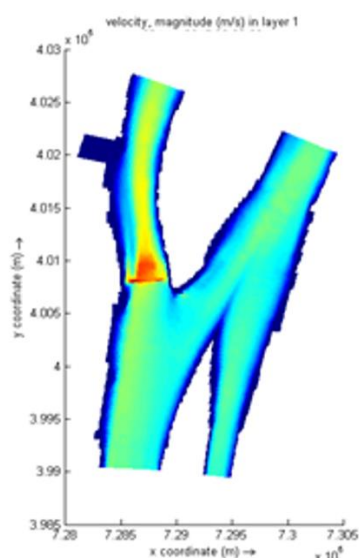


Figura 2.4.251 - Distribuția vitezelor curentului de apă în stratul de la suprafața apei - ianuarie 2015

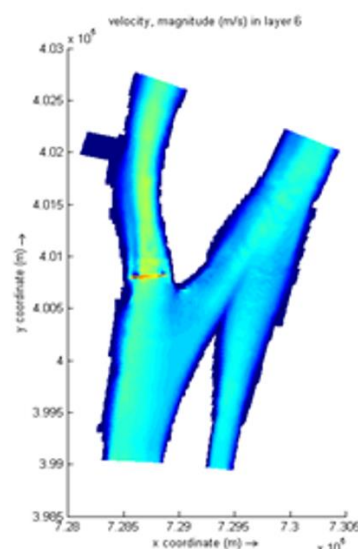


Figura 2.4.252 - Distribuția vitezelor curentului de apă în stratul de la nivelul patului albiei - ianuarie 2015

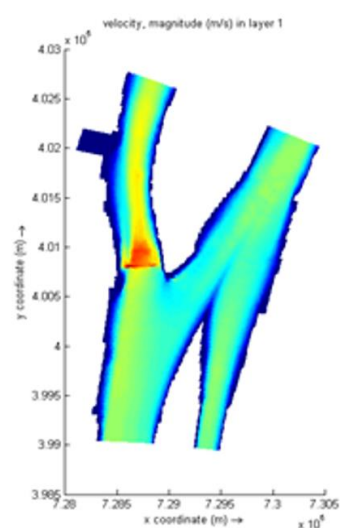


Figura 2.4.253 - Distribuția vitezelor curentului de apă în stratul de la suprafața apei - februarie 2015

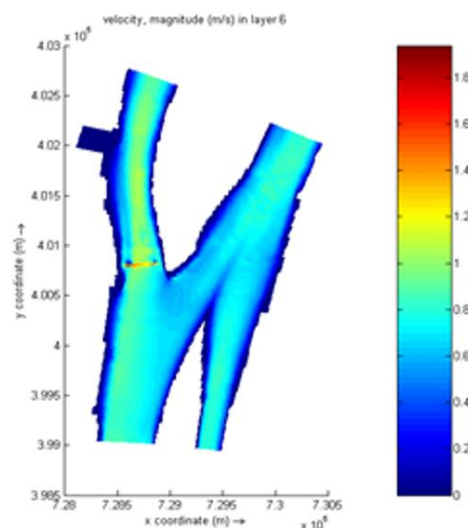


Figura 2.4.254 - Distribuția vitezelor curentului de apă în stratul de la nivelul patului albiei - februarie 2015

Se poate observa faptul că au valorile vitezelor curentului de apă sunt mai mari în stratul de la suprafața apei, valori de ordinul a 2 m/s fiind înregistrate în zona pragului de fund.

De asemenea, au fost estimate efectele curenților de apă privind tendințele de transport al sedimentelor din albie pe termen scurt, pe baza rezultatelor obținute din simulările numerice efectuate cu date hidrologice specifice lunare - ianuarie și februarie 2015.

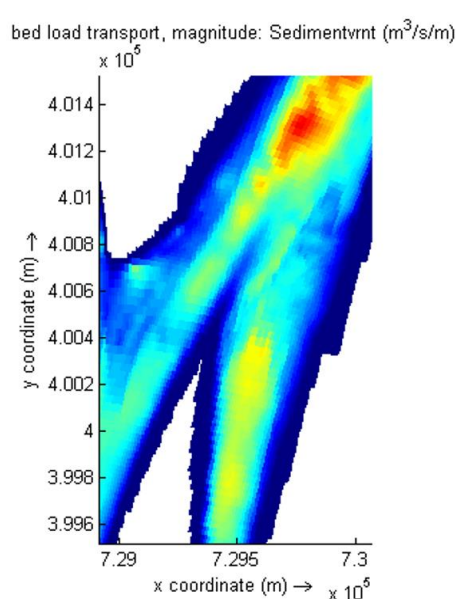


Figura 2.4.255 - Estimarea transportului local al sedimentelor la nivelul albiei pe Dunăre - ianuarie 2015

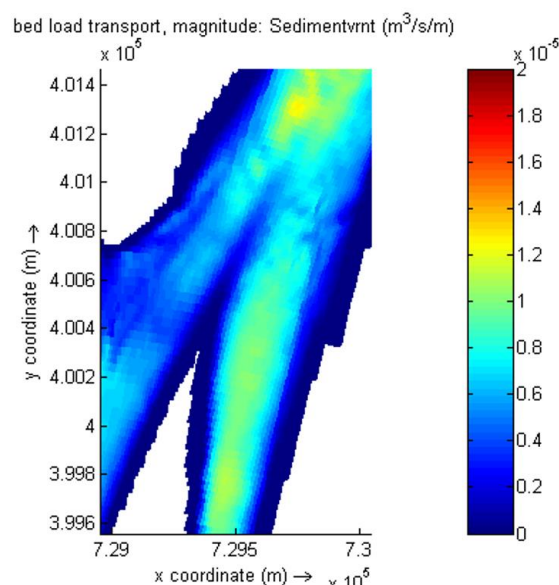


Figura 2.4.256 - Estimarea transportului local al sedimentelor la nivelul albiei pe Dunăre - februarie 2015

Valori mai mari ale volumului de sedimente transportate sunt observate în cazul simulării numerice efectuate pe baza datelor de debit din ianuarie 2015, spre deosebire de cele din februarie 2015.

Utilizând datele hidrologice specifice pentru lunile ianuarie și februarie 2015 au fost efectuate simulări numerice pentru calculul tendințelor efectelor morfologice în albie.

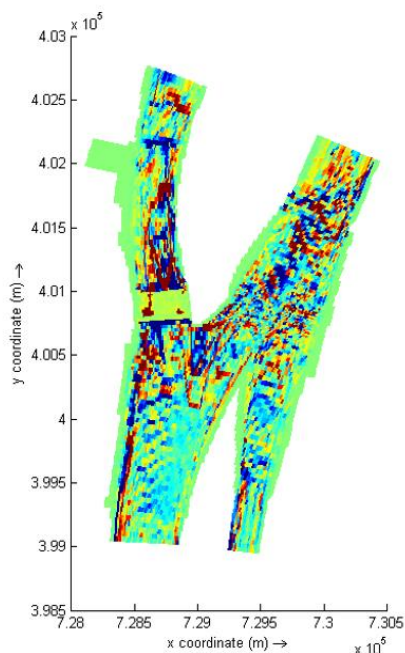


Figura 2.4.257 - Tendințe de modificări ale albiei datorate transportului de fund, estimate pe durată de o lună la PC10 - ianuarie 2015

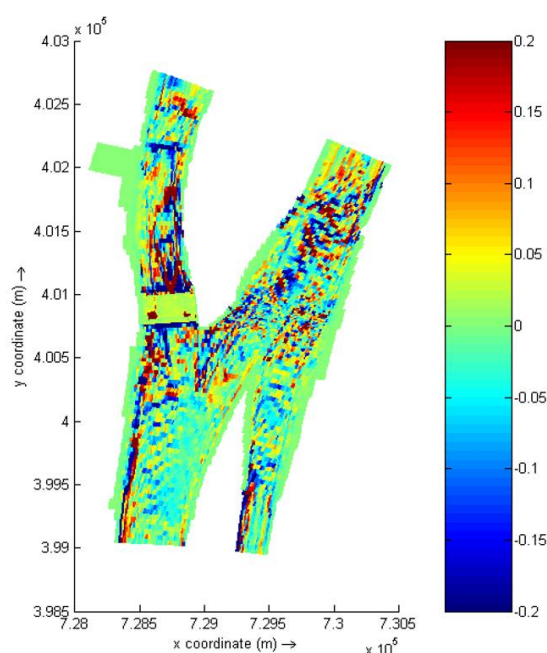


Figura 2.4.258 - Tendințe de modificări ale albiei datorate transportului de fund, estimate pe durată de o lună la PC10 - februarie 2015

Modelul *Delft3D* a fost utilizat și pentru obținerea unor estimări preliminare privind repartizarea debitelor pe Dunăre și pe brațul Caleia, în diferite condiții. Astfel, au fost folosite valori ale rugozității similare și au fost utilizate ca date de intrare pentru limita amonte a modelului valori variabile ale debitului. Alte simulări numerice au fost efectuate folosind formula *White-Colebrook* și valori specifice ale rugozității. Rezultatele au evidențiat procente de debit pe Dunăre foarte apropiate de cele prezentate (figura 2.4.259).

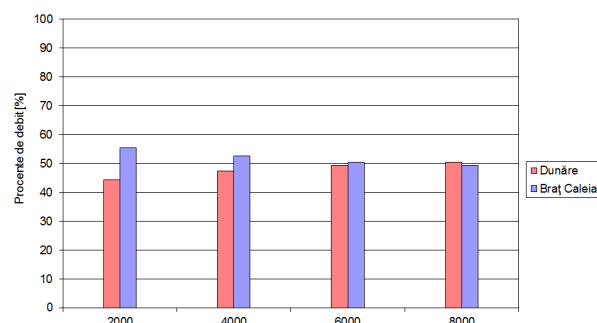


Figura 2.4.259 - Distribuția debitelor pe brațe la diferite valori ale debitului, folosind rugozități similare

Astfel au fost obținute estimări care pun în evidență efectul lucrărilor de la PC10, de echilibrare a distribuției debitelor pe Dunăre și pe brațul Caleia, în diferite situații.

Acțiunea curentului de apă al Dunării asupra sedimentelor din albie a fost analizată pe baza unor estimări ale transportului local al sedimentelor la nivelul albiei, obținute cu ajutorul modelului numeric creat. În primă fază, a fost utilizată formula implicită din pachetul *Delft3D*. Calculele efectuate la debite de referință de circa 4000 m³/s și circa 6000 m³/s au arătat valori diferite și unele particularități ale transportului local al sedimentelor la nivelul albiei.

Valorile parametrilor privind transportul de sedimente la nivelul albiei calculați pe Dunăre la PC10 sunt în general asemănătoare cu cele obținute pe brațul Vâlcui, în cele două situații menționate. La debitele mai mici introduse în calcul, volumul de sedimente transportate este mai mare la nivelul albiei în unele arii de pe Dunăre aflate la confluența cu brațul Vâlcui, care vine din partea dreaptă.

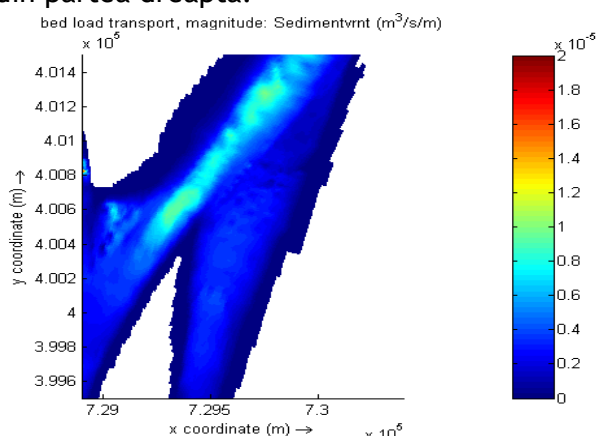


Figura 2.4.260 - Estimarea transportului local a sedimentelor la nivelul albiei pe Dunăre, la debit de referință de circa 4000 m³/s

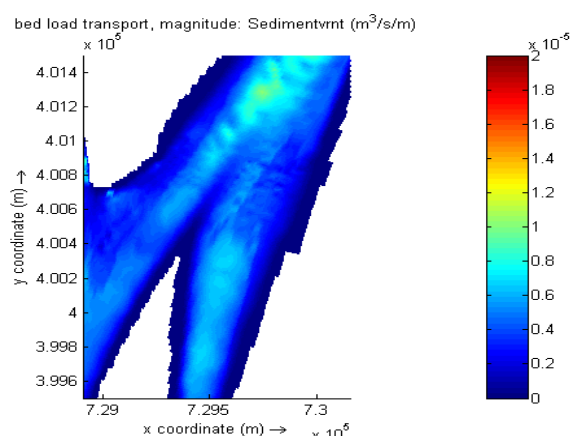


Figura 2.4.261 - Estimare a transportului local a sedimentelor la nivelul albiei pe Dunăre, la debit de referință de circa 6000 m³/s

Transportul local al sedimentelor și eventualele eroziuni sau depuneri depind de caracteristicile sedimentelor din diferitele zone ale brațelor. De aceea, estimările cantitative referitoare la sedimente, care se bazează pe valori medii ale unor mărimi și parametri, au în vedere arii unde caracteristicile sedimentelor și ale albiei pot fi considerate relativ uniforme, sau urmăresc să arate situația calitativă pe un tronson al cursului de apă. Diferențele între rezultatele obținute cu diverse metode de calcul referitoare la sedimente pot fi mult mai mari

decât în ceea ce privește rezultatele metodelor de calcul al parametrilor curgerii apei, deoarece procesul de transport al sedimentelor și caracteristicile acestora sunt mult mai complexe.

Rezultatele calculelor privind eventuale **modificări morfologice în albia Dunării, pe termen scurt**, datorate transportului de fund local (estimat prin metoda *Meyer-Peter-Muller*) la un debit de referință de 4000 m³/s, evidențiază din punct de vedere calitativ tendința de modificare a albiei pe diferite tronsoane și în diverse arii. Simulările numerice par să indice mai mult tendințe de eroziune în albia Dunării, dar și tendințe de depunere în unele arii laterale sau în funcție de anumite particularități locale ale curgerii apei.

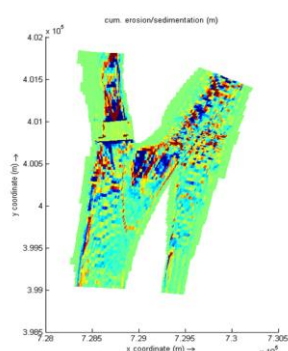


Figura 2.4.262 - Modificări ale albiei datorate transportului de fund, estimate pe durata de o lună, la debit total de 4000 m³/s pe Dunăre

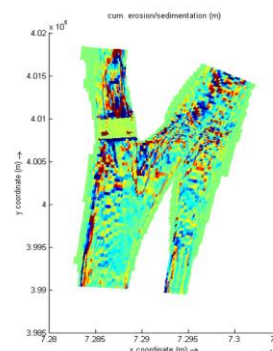


Figura 2.4.263 - Modificări ale albiei datorate transportului de fund, estimate pe durată de o lună, la debit total de 6000 m³/s pe Dunăre

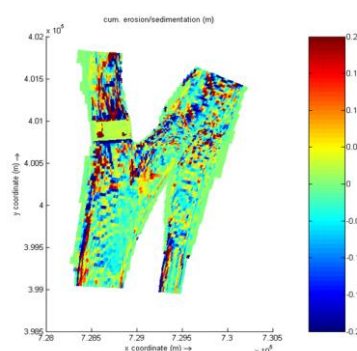


Figura 2.4.264 - Modificări ale albiei datorate transportului de fund, estimate pe durată de o lună, la debit total de 8000 m³/s pe Dunăre

Calcululele privind transportul local al sedimentelor în zona PC10 au fost continuate pentru situații cu debite de referință. Simulările numerice la debite de referință de 6000 m³/s și 8000 m³/s arată tendințe de modificări locale în albie, în sensuri diferite, în arii învecinate. Asemenea tendințe se observă pe Dunăre, în amonte de PC10, pentru zone laterale. Lângă limita amonte a ostrovului, apar mai mult tendințe de eroziuni și la fel în aria care urmează pe Dunăre după confluența cu brațul Vâlcui. Pe tronsonul de pe brațul Caleia din aval de pragul de fund, apar tendințe de reșezare locală prin eroziuni și depuneri, pe o lățime ceva mai mare la debit de referință de 8000 m³/s decât la 6000 m³/s.

Estimările obținute prin simulare numerică la un debit de referință scăzut, de 2000 m³/s, indică tendințe de modificări locale pe lățimi mult mai mici, deoarece nivelul apei este mai scăzut decât la debitele mai mari menționate anterior. Nici la acest debit relativ mic, tendințele estimate nu arată că ar predomina local depunerile, ci în zona de interes apar arii importante pe Dunăre cu tendințe de eroziune.

Deși estimările pentru situațiile de debite menționate prezintă unele asemănări, se remarcă totuși diferențe

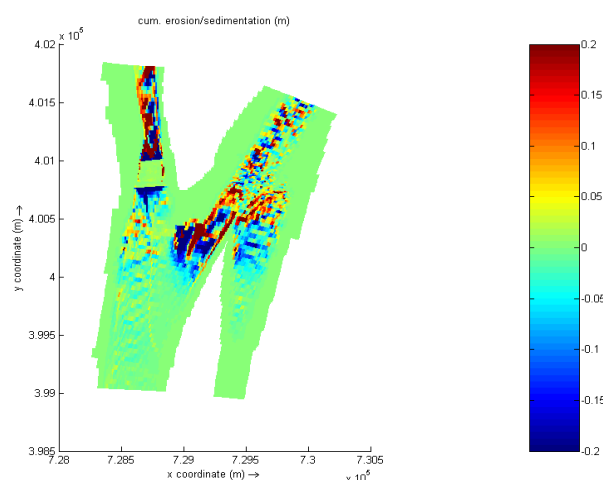


Figura 2.4.265 - Modificări ale albiei datorate transportului de fund, estimate pe durată de o lună, la debit total de 2000 m³/s pe Dunăre

vizibile între tendințele de modificări în albie în situația cu debit relativ mic și cele pentru situațiile cu debite medii spre mari.

Prin urmare, tendințele estimate de modificări în albie datorită transportului local al sedimentelor sunt diferite, în funcție de intervalul de debite. Sunt diferite și ariile în care pot apărea modificări în albie, deoarece curenții de apă acoperă lățimi diferite la debite medii sau la debite mici. În plus, în estimarea fenomenelor locale intervin efectele configurației neregulate a albiei asupra valorilor punctuale ale parametrilor hidraulici.

Utilizând ca date de intrare valori ale debitelor din luna iunie 2015, a fost realizată o analiză comparativă a distribuției vitezelor curentului de apă atât la suprafață, cât și la patul albiei din care au rezultat valori mai ridicate în dreptul pragului de fund. De asemenea, în aval de construcție, de-a lungul Brațului Caleia au rezultat valori ale vitezei curentului de apă relativ mai mari comparativ cu Dunărea.

Valorile vitezelor de curgere pe Dunăre la punctul critic PC10, calculate cu debite din iunie 2015, sunt relativ uniforme în direcție longitudinală, ceea ce arată că lucrările au condus la secțiuni succesive de curgere asemănătoare pe tronsonul respectiv al Dunării. Vitezele apei calculate pe Dunăre sunt apropiate de cele de pe Brațul Vâlcu, unde condițiile de curgere a apei sunt cele naturale.

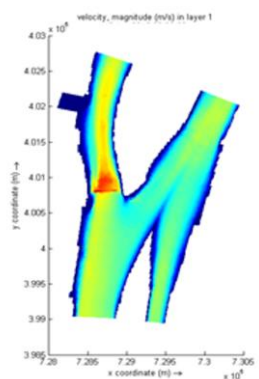


Figura 2.4.266 - Distribuția vitezelor curentului de apă în stratul de la suprafața apei, în situația observată de debite din iunie 2015

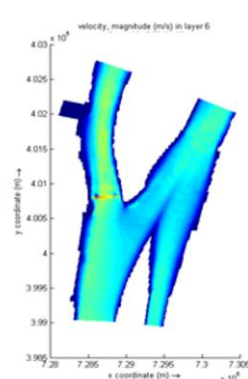


Figura 2.4.267 - Distribuția vitezelor curentului de apă în stratul de la nivelul patului albiei, în situația observată de debite din iunie 2015

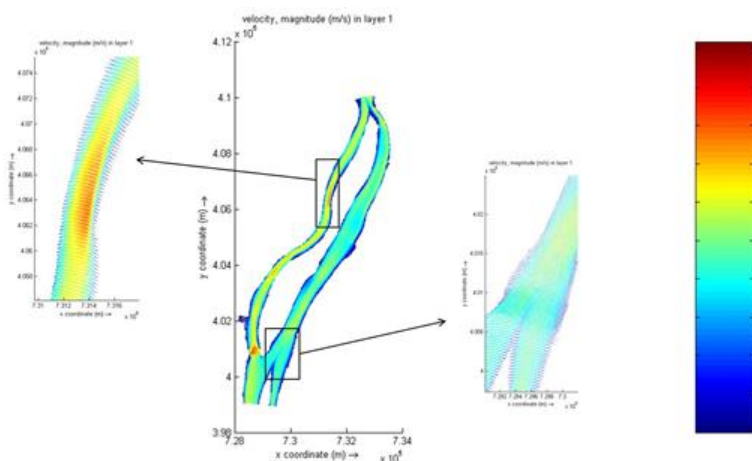


Figura 2.4.268- Distribuția vitezelor la suprafață de-a lungul brațelor analizate, în situația observată de debite din iunie 2015

Distribuția detaliată a solicitărilor de forfecare la nivelul patului albiei pentru debite din iunie 2015 arată valori ridicate în dreptul pragului de fund. Valorile ridicate de la nivelul patului albiei din dreptul pragului de fund de PC10 arată că zona este expusă eroziunii.

Acțiunea curentului de apă al Dunării asupra sedimentelor din albie a fost analizată pe baza unor estimări privind tendințe de transport local al sedimentelor la nivelul albiei, obținute cu ajutorul modelului *Delft3D* cu date batimetrice actualizate care include calcule referitoare la acest proces. A fost utilizată formularea implicită din pachetul *Delft3D*.

Calculule efectuate la un debit de referință de circa 8000 m³/s au arătat unele particularități ale transportului local al sedimentelor la nivelul albiei. Rezultatele modelului arată că distribuțiile de valori calculate la debitele din iunie 2015 sunt în general uniforme de-a lungul brațelor Dunării. Valorile transportului sedimentelor la nivelul albiei calculate pe Dunăre la PC10 sunt în general asemănătoare cu cele obținute pe Brațul Vâlcui, în cele două situații menționate. Se poate observa că, în unele zone de pe Brațul Caleia, în aval de pragul de fund apar tendințe ceva mai mari de transport al sedimentelor aluvionare (de la nivelul albiei).

Modelul *Delft3D* a fost pregătit și utilizat pentru debitele din iunie 2015 având în vedere eventualele efecte, pe durată scurtă, ale curenților locali asupra albiei Dunării în zona PC10. Au fost luate în considerare caracteristicile diferite din aria de la pragul de fund, care nu contribuie la transportul sedimentelor în zona studiată.

Transportul local al sedimentelor și eventualele eroziuni sau depuneri depind de caracteristicile sedimentelor din diferite arii de pe brațe, care au rezultat prin depuneri în diverse perioade. De aceea, estimările cantitative referitoare la sedimente, care se bazează pe valori medii ale unor mărimi și parametri, au în vedere arii unde caracteristicile sedimentelor și ale albiei pot fi considerate relativ uniforme, sau urmăresc să arate situația calitativă pe un tronson al cursului de apă. Diferențele între rezultatele obținute cu diverse metode de calcul referitoare la sedimente pot fi mult mai mari decât în ceea ce privește rezultatele metodelor de calcul al parametrilor curgerii apei, deoarece procesul de transport al sedimentelor și caracteristicile acestora sunt mai complexe.

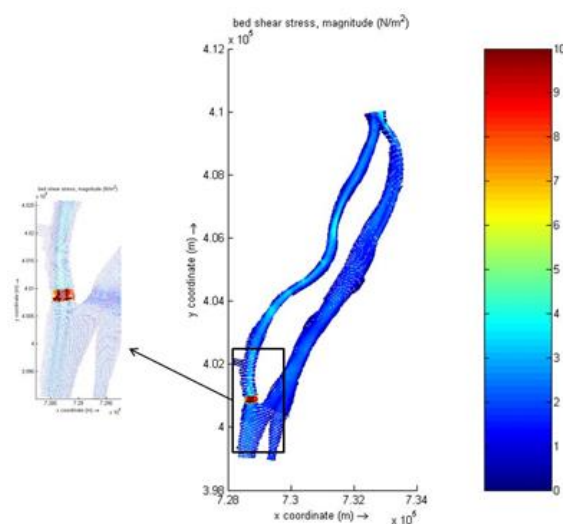


Figura 2.4.269 - Solicitări de forfecare la nivelul patului albiei la debite din iunie 2015

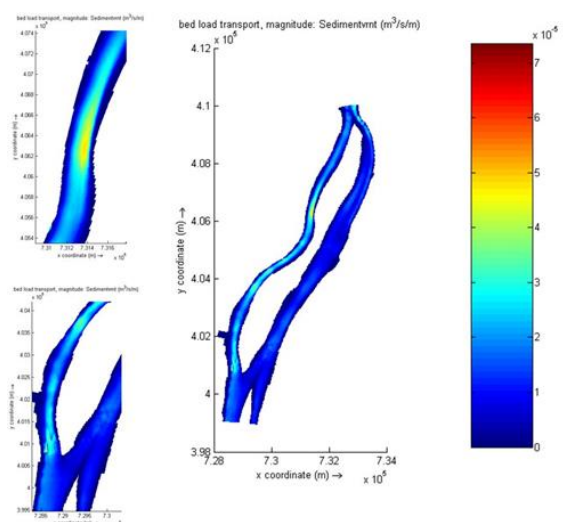


Figura 2.4.270 - Tendințe ale transportului local al sedimentelor - debit 8000 m³/s

Simulările numerice arată tendințe de modificări locale în albie. Aceste tendințe se observă pe Dunăre, în amonte de PC10, pentru porțiuni laterale. Lângă capătul amonte al ostrovului, apar mai mult tendințe de eroziuni și la fel în aria care urmează pe Dunăre după confluența cu Brațul Vâlcui. În porțiunea de pe Brațul Caleia din aval de pragul de fund, apar tendințe de reașezare locală prin eroziuni și depuneri.

Rezultatele obținute în urma simulărilor numerice contribuie la analiza efectelor lucrărilor de la PC10 în situații diverse care apar pe Dunăre, unele cu frecvență mică, în gama de debite avută în vedere pentru proiectul de monitorizare.

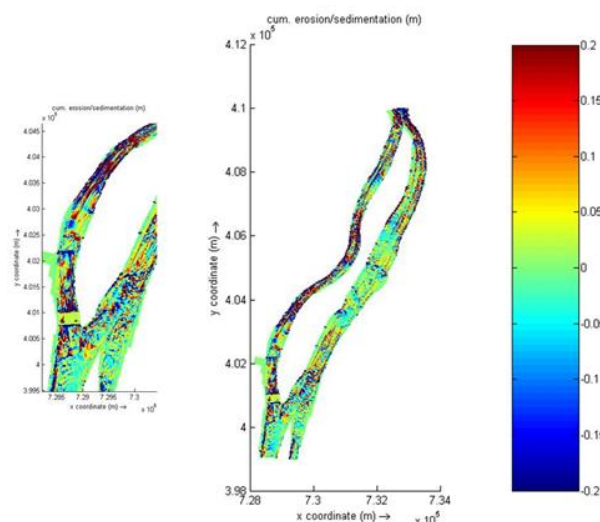


Figura 2.4.271 - Tendințe de modificări ale albiei datorate transportului aluvionar, estimate pe durată de o lună la PC10, într-o situație de debite din iunie 2015

2.5 Raport privind instruirea în modelare numerică 3D

2.5.1. Instruirea experților AFDJ realizată de către Deltares

Deltares, în calitate de Subcontractant al Asocierii coordonate de către Institutul Național de Cercetare-Dezvoltare pentru Protecția Mediului (INCDPM), a organizat în perioada 25 noiembrie - 6 decembrie 2013, în Delft, Olanda, o sesiune de instruire susținută de către experții Deltares: dr. Mohamed Yossef, ir. Robin van der Sligte, dr. ir. Erik Mosselman, ir. Peter Koen Tonnon, privind utilizarea practică a software-urilor de modelare numerică Delft-3D. Software-ul Delft3D presupune modelarea numerică a curgerii apelor, transportul sedimentelor, valuri, calitatea apei, evoluții morfologice și ecologie. În urma sesiunii de instruire, reprezentanții Deltares au emis certificate de participare.

Programul Delft3D este compus din mai multe module, care au făcut obiectul cursului de instruire realizat. Astfel, instruirea a fost structurată pe două părți și anume:

- O parte teoretică care a cuprins elementele de bază în care au fost descrise și explicate modulele RGF Grid, QuickIn, Flow și QuickPlot.
- O parte aplicativă, în care s-au simulat diferite scenarii pe fluviul Dunărea.

Prin parcurgerea modulului Delft3D-RGFGRID, cursanții și-au însușit cunoștințe despre crearea, modificarea și vizualizarea gridurilor curvilinii ortogonale, utilizate ulterior în modulele Delft3D-QUICKIN și Delft3D-FLOW. Aceste griduri sunt aplicabile în diferite modele finite pentru a oferi o rezoluție înaltă a zonei de interes, oferind posibilitatea de a obține griduri cu proprietăți similare condițiilor reale necesare desfășurării procesului de curgere a unui râu.

Caracteristicile modulului Delft3D-QUICKIN au permis utilizatorilor posibilitatea de a crea, manipula și vizualiza modelul batimetric necesar rulării modelului numeric în modulul Delft3D-FLOW. Prin utilizarea acestui modul (Delft3D-FLOW) participanții la curs au putut simula scenarii hidrodinamice multidimensionale (2D sau 3D), care calculează curgerea râurilor și fenomenele de transport de sedimente.

De asemenea, participanții la instruire s-au deprins cu opțiunile modulului Delft3D QuickPlot putând genera hărți și reprezentări grafice ale parametrilor analizați din scenariile rulate.

Acest curs de instruire privind utilizarea programului de modelare numerică Delft3D (cu modulele RGF Grid, QuickIn, Flow și QuickPlot) a oferit participanților posibilitatea de a pune bazele unor cunoștințe în domeniul modelării hidromorfologice, ce sunt exploatate și îmbogățite prin realizarea diferitelor scenarii privind atât fluviul Dunărea cât și la simularea curgerii altor râuri în diferite condiții.

Suportul de curs utilizat în sesiunea de instruire susținută de către experții Deltares se regăsește în Anexa 4.

2.5.2. Instruirea experților AFDJ realizată de către Universitat fur Bodenkultur - Viena (BOKU)

Universitat fur Bodenkultur - Viena (BOKU), în calitate de Partener al Asocierii coordonate de către Institutul Național de Cercetare-Dezvoltare pentru Protecția Mediului (INCDPM), a organizat în perioada 12-13 iulie 2017, la sediul INCDPM, o sesiune de instruire susținută de către expertul BOKU, dr. Michael Tritthart, sub îndrumarea Prof. Dr. Helmut Habersack, privind

utilizarea practică a software-urilor de modelare numerică RSim-3D și iSed. În urma sesiunii de instruire, reprezentanții BOKU au emis certificate de participare.

Scopul instruirii a fost de a iniția participanții în utilizarea modelelor numerice prezentate (Rsim-3D: modelare hidrodinamică 3D; iSed: modelarea transportului de sedimente). La sfârșitul perioadei de instruire, au fost predate reprezentanților AFDJ Galați două computere ASUS având procesoare Intel® Core-i5™, adecvate pentru rularea modelelor numerice.

Pachetul de modelare numerică 3D prezentat participanților la instruire este format din patru componente:

- RSim-GUI: Software Pre și Postprocesare (interfață grafică a utilizatorului) pentru modelul hidrodinamic 3D Rsim-3D.
- Rsim-3D: modelul hidrodinamic 3D, soluții ale ecuațiilor Navier-Stokes în modelul spațial 3D folosind abordarea volumului finit pe baza volumelor de control poliedrice. Turbulența este modelată utilizând o abordare k-ε iar cuplarea vitezei cu presiunea este asigurată prin metoda SIMPLE.
- iSed-GUI: Software Pre și Postprocesare (interfață grafică a utilizatorului) pentru modelul de transport de sedimente iSed.
- iSed: modelul de transport de sedimente, soluție pentru adâncimea medie, ecuația de advecție-difuzie pentru transportul sedimentelor în suspensie, fiind una dintre cele cinci ecuații empirice (ce pot fi selectate de către utilizatori) pentru transportul sedimentelor târâte, precum și soluții pentru ecuațiile privind continuitatea sedimentelor (ecuații Exner) în vederea determinării morfodinamicii patului albiei. Prin evaluarea unei ecuații de sortare adecvată se poate determina modificările ce pot apărea în timp la nivelul patului albiei în ceea ce privește textura și dimensiunea granulelor.

Ca urmare a finalizării cursurilor de instruire, participanții și-au însușit cunoștințe de operare cu programele de modelare numerică Rsim-3D și iSed, parcurgând toate etapele obținerii unui model hidromorfologic, precum: generarea gridurilor, implementarea condițiilor la limitele modelului (debit și nivelul apei), modificarea modelelor existente, rularea scenariilor, dar și evaluarea rezultatelor obținute (extragerea datelor utile din scenariile rulate).

Raportul de instruire elaborat de către experții BOKU se regăsește în Anexa 5.

Responsabilitatea privind informațiile furnizate cursanților și modul de pregătire a acestora, revine exclusiv BOKU (Partener în cadrul proiectului) și Deltares (Subcontractant).