

UNIVERSITATEA TEHNICĂ DE CONSTRUCȚII BUCUREȘTI  
FACULTATEA DE HIDROTEHNICĂ

**RAPORTUL DE CERCETARE NR. 3**  
din  
PROIECTUL PROGRAMULUI DE CERCETARE ȘTIINȚIFICĂ

**STUDIUL PARAMETRIC PRIVIND INTERACȚIUNEA CANALELOR  
NAVIGABILE, AMPLASATE ÎN ZONE FISURAL – CARSTICE ȘI APELE  
SUBTERANE.**

CONDUCĂTOR ȘTIINȚIFIC:  
PROF. UNIV. DR. ING. IOAN BICA

DOCTORAND:  
ING. MATEI MOLDOVEANU

BUCUREȘTI  
2020

## CUPRINS

|                                                                                                        |           |
|--------------------------------------------------------------------------------------------------------|-----------|
| <b>1. Caracteristici generale ale mediului natural și construit în zona canalelor navigabile .....</b> | <b>3</b>  |
| <b>1.1. Acvifere .....</b>                                                                             | <b>3</b>  |
| <b>1.2. Canale navigabile .....</b>                                                                    | <b>4</b>  |
| <b>1.2.1. Canalul navigabil Dunăre – Marea Neagră.....</b>                                             | <b>4</b>  |
| <b>1.2.2. Canalul navigabil Poarta Albă – Midia, Năvodari .....</b>                                    | <b>5</b>  |
| <b>1.3. Interacțiunea canal navigabil – acvifer .....</b>                                              | <b>7</b>  |
| <b>2. Modelarea interacțiunii canal navigabil – acvifer .....</b>                                      | <b>11</b> |
| <b>2.1. Zona cercetată.....</b>                                                                        | <b>11</b> |
| <b>2.2. Condiții la limită .....</b>                                                                   | <b>11</b> |
| <b>2.3. Reprezentarea modelului .....</b>                                                              | <b>12</b> |
| <b>2.4. Modelul utilizat / Performanțe.....</b>                                                        | <b>17</b> |
| <b>2.5. Calibrare model.....</b>                                                                       | <b>18</b> |
| <b>3. Studiu de caz .....</b>                                                                          | <b>22</b> |
| <b>3.1. Ipoteze studiate.....</b>                                                                      | <b>24</b> |
| <b>3.1.1. Ipoteza 1 – creșterea debitelor captate.....</b>                                             | <b>25</b> |
| <b>3.1.2. Ipoteza 2 – transport de poluant.....</b>                                                    | <b>28</b> |
| <b>4. Concluzii .....</b>                                                                              | <b>34</b> |
| <b>BIBLIOGRAFIE .....</b>                                                                              | <b>37</b> |

## **1. Caracteristici generale ale mediului natural și construit în zona canalelor navigabile**

### **1.1. Acvifere**

Zona de cercetare din prezenta lucrare este situată în Nordul Dobrogei de Sud, în regiunea cuprinsă între faliile Capidava – Ovidiu, respectiv Rasova – Costinești, fluviul Dunărea și Marea Neagră.

Alimentările cu apă ale localităților din Dobrogea de Sud, inclusiv ale celor din zona litorală și orașului Constanța, au ca surse de apă în proporție majoritară fronturi de captare cu puțuri forate, ce exploatează două hidrostructuri cu dezvoltare regională: o hidrostructură cu nivel liber, cantonată în formațiuni calcaroase de vârstă sarmațiană, denumit acviferul Sarmațian (superior) și o hidrostructură inferioară parțial cu nivel liber și preponderent sub presiune, de medie adâncime, cantonată în formațiuni calcaroase – dolomitice de vârstă jurasic – cretacic inferior, denumit complexul acvifer Jurasic-Cretacic (inferior).

Acviferul Sarmațian (superior), este un acvifer cu nivel liber, cu caracter freatic pentru Dobrogea de Sud, ce se alimentează din precipitații și din pierderile difuze de apă din sistemele de irigații. În general, infiltrațiile apei de suprafață pătrund prin stratele superficiale loessoide până la întâlnirea plăcii de calcare sarmațiene. În zona sudică a Dobrogei de Sud, se produce o interacțiune directă între stratele acvifere, întrucât complexul acvifer inferior este cu nivel liber, fapt ce favorizează comunicarea cu stratul acvifer superior. În zona cercetată (nordul a Dobrogei de Sud), complexul acvifer inferior se află sub presiune, iar acviferul superior este rar întâlnit.

Marea Neagră, prin intermediul sistemului lacustru existent în zona litorală (lacurile Techirghiol, Tatlageac și Mangalia) reprezintă principalul centru de drenaj al acviferului superior. Centrul secundar de drenaj este reprezentat de canalul Dunăre-Marea Neagră, care interceptează acviferul pe ultimii 5-6 km înainte de joncțiunea cu Marea Neagră.

Direcțiile principale de curgere ale acviferului superior sunt orientate către Est – Vest, cu anumite excepții:

- în zona Nord-Estică, datorită a două componente de drenaj (una către Est – Marea Neagră și cealaltă către Nord), direcțiile majore de curgere sunt Sud-Vest – Nord-Est;
- în zonele adiacente canalului Dunăre-Marea Neagră, lacurilor și văilor, ce beneficiază de aport continuu de apă din acviferul superior, direcțiile de curgere suferă perturbații locale.

Calitatea apei subterane cantonate în depozite sarmațiene a fost influențată în mod semnificativ de condițiile hidrodinamice existente. În mod predominant, contaminarea apelor subterane cu substanțe provenite din activitățile agricole, din categoria pesticidelor, nitratilor și nitriților, au drept cauză realimentarea acviferului prin infiltrații din precipitații și irigații. În partea Sud – Estică a Dobrogei de Sud, în forajele captărilor de apă aflate în exploatare, s-au constatat aporturi importante ale apelor de adâncime cu conținut de hidrogen sulfurat anorganic.

Complexul acvifer Jurasic – Cretacic (inferior) reprezintă un acvifer unitar în raport cu întregul teritoriu al Dobrogei de Sud. În proporții mari, aproximativ 60% din teritoriul

Dobrogei de Sud, acviferul se află sub presiune, în timp ce în vecinătatea fluviului Dunărea și în Sud, există o zonă în care acest acvifer este cu nivel liber și poate fi alimentat direct prin infiltrații din precipitații, canale de irigații și drenanță verticală din acviferul superior.

Direcția generală de curgere a complexului acvifer inferior este orientată de la Sud spre Nord (dinspre granița cu Bulgaria) și devine orientată Est – Vest în vecinătatea faliei Capidava – Ovidiu. Marea Neagră, prin intermediul lacului Siutghiol reprezintă centrul principal de drenaj natural al acestui acvifer (inferior).

Calitatea apelor subterane din acviferul inferior este influențată în mod nefavorabil în special în zonele Sudice, unde este cu nivel liber și se află într-o interdependență directă cu acviferul Sarmațian (superior). În această zonă există un aport de apă din acviferul superior prin drenanță verticală descendentă și totodată se pot infiltra substanțe poluante din categoria pesticidelor, nitratilor și nitriților.

În regiunea cercetată, apa subterană circulă în medii fisural-carstice, care pot fi formate și din canale subterane, cu diferite lățimi. Circulația apei în aceste medii pornește dintr-un capăt al canalului subteran, loc în care apa se infiltrează de la suprafața masivului de calcar, și curge către celălalt capăt, loc în care se produce drenarea apei subterane.

## **1.2. Canale navigabile**

### **1.2.1. Canalul navigabil Dunăre – Marea Neagră**

Canalul navigabil Dunăre – Marea Neagră a fost executat între anii '70, s-a dat în exploatare în anul 1983 și are o lungime, cuprinsă între Dunăre la Cernavodă (km 299,3 pe fluviu) și Marea Neagră (acvatoriul portului Constanța Sud), de 64,41 km.

Principalele caracteristici constructive ale canalului Dunăre – Marea Neagră sunt:

- Lungimea canalului între Dunăre la Cernavodă (km 299,3 pe fluviu) și Marea Neagră (acvatoriul portului Constanța Sud) este de 64,41 km.
- În schema constructivă au fost prevăzute două ecluze: Cernavodă, ce asigură racordarea căii navigabile cu nivelurile variabile ale fluviului și Agigea, în scopul comunicării cu nivelul Mării Neagră, în acvatoriul portului Constanța Sud.
- Canalul este alcătuit din trei biefuri:
  - Bieful I: situat între Dunăre și capul amonte al ecluzei Cernavodă, care are o lungime de 4,105 km;
  - Bieful II: situat între capul aval al ecluzei Cernavodă și capul amonte al ecluzei Agigea, ce însumează o lungime de 57,991 km;
  - Bieful III: localizat între capul aval al ecluzei Agigea și punctul "0" din acvatoriul fluvio-maritim al portului Constanța Sud, cu o lungime de 1,510 km.
- Nivelurile caracteristice, adâncimile și capacitatea de tranziție sunt sintetizate în tabelul 1.1., de mai jos:

| Specificații                     | U.M.              | Bief I   | Bief II | Bief III |
|----------------------------------|-------------------|----------|---------|----------|
| Nivel maxim cu asigurarea de 1%  | mrMB              | +12,00   | +8,50   | +0,50    |
| Nivel normal/mediu               | mrMB              | +6,50    | +7,50*  | -0,50    |
| Nivel minim                      | mrMB              | +2,95**  | +7,00   | -1,10    |
| Nivel minim excepțional          | mrMB              | +2,75*** | +6,00   | -1,10    |
| Cotă fund canal                  | mrMB              | -1,50    | +0,50   | -7,50    |
| Adâncimea apei                   |                   |          |         |          |
| - la nivel normal/mediu          | mrMB              | +8,00    | +7,00   | +7,00    |
| - la nivel minim                 | mrMB              | +4,45    | +5,50   | +6,40    |
| Capacitatea de tranzitare a apei |                   |          |         |          |
| - la nivel normal/mediu          | m <sup>3</sup> /s | -500     | 315     | 315      |
| - la nivel minim                 | m <sup>3</sup> /s | 250      | 250     | 250      |

\* nivel de exploatare maxim pe bieful II = +8,00 mrMB

\*\* nivel cu asigurarea 94 %

\*\*\* nivel cu asigurarea 97 %

Tabelul 1.1. – Nivele caracteristice, adâncimi și capacitate de tranziție ale canalului Dunăre – M. Neagră

Pe întreg canalul, adâncimea la nivelul normal de exploatare este de 7,00 m, cota fundului canalului fiind: pe bieful I: -1,50 mrMB; pe bieful II: +0,50 mrMB; pe bieful III: -7,50 mrMB.

- Funcționalitatea canalului este asigurată și cu ajutorul altor construcții:
  - o stația de pompare de la Cernavodă, ce are un debit instalat de 211,50 m<sup>3</sup>/s și este situată pe canalul de derivație. Aceasta asigură necesarul de apă în bieful II al canalului, în situația în care nivelele Dunării la Cernavodă sunt mai mici de +7,50 mrMB;
  - o stăvilarul din vecinătatea stației de pompare, ce asigură tranzitarea gravitațională a debitelor Dunării în bieful II al canalului, în situația când nivelele fluviului depășesc cota +7,50 mrMB. Stăvilarul este amplasat la km 2+188 al canalului de derivație;
  - o instalațiile și galeriile din cadrul ecluzei Agigea cu ajutorul cărora se realizează tranziția debitelor de viitură din bazinul hidrografic al canalului către mare și întreținerea unui nivel optim de exploatare (+7,50 mrMB) în bieful II al canalului;
  - o stații de pompare a apelor ce provin din drenaje, desecări și preîntâmpinarea subinundării unor localități și terenuri.

### 1.2.2. Canalul navigabil Poarta Albă – Midia, Năvodari

Canalul navigabil Poarta Albă – Midia, Năvodari a fost construit între anii 1980 – 1987 și are o lungime de 27,5 km, de la desprinderea din canalul Dunăre - Marea Neagră, până în acvatoriul portului Midia. Ramura de Est a canalului, ce străbate lacul Tașaul (Năvodari), măsoară 5 km.

Din punct de vedere constructiv, canalul navigabil este neetanșat pe fund, astfel încât acesta interceptează acviferul inferior Juristic – Cretacic, pe un sector cu lungime de 4 km și pe o grosime de 12 m, din grosimea totală de 300 m a acviferului în acest sector.

În timpul execuției canalului Poarta Albă – Midia, Năvodari, datorită lucrărilor de epuismențe necesare săpăturilor, s-au observat scăderi ale nivelelor apelor subterane, inclusiv ale nivelelor hidrodinamice din piezometrele de observație și din puțurile captărilor municipiului Constanța.

În momentul finalizării construcției și punerii în exploatare, canalul a fost umplut cu apă și s-au înregistrat prin forajele de observație, variațiile sarcinii piezometrice impuse de nivelul apei din canal. În prezent, canalul se află în exploatare și s-a constatat că are un efect general de alimentare a acviferului inferior (din tronsonul amonte de ecluza Ovidiu) cu apă provenită din Dunăre. O parte din aceste debite care provin din canal și îmbogățesc resursa acviferului, sunt apoi drenate tot de canal, dar în aval de ecluză (aproximativ 0,5 m<sup>3</sup>/s).

Principalele caracteristici constructive ale canalului Poarta Albă – Midia, Năvodari sunt:

- canalul urmărește Valea Adâncă (Nazarcea), traversează platoul de la Ovidiu prin zona carierei de calcar, se încadrează pe la limita de Nord a lacului Siutghiol (Mamaia) și debușează în acvatoriul portului maritim Midia.
- lungimea canalului de la desprinderea din canalul Dunăre - Marea Neagră, până în acvatoriul portului Midia este de 27,500 km. Ramura de Est, ce străbate lacul Tașaul (Năvodari), măsoară 5 km.
- schema constructivă prevede prelungirea nivelului apei din bieful II al canalului Dunăre – Marea Neagră, până după traversarea zonei de platou, la ecluza Ovidiu, unde acest nivel coboară de la cota +7,50 mrMB la cota nivelului mediu de exploatare al lacurilor Siutghiol (Mamaia) și Tașaul (Năvodari) de +1,25 mrMB. Ramura ce asigură legătura cu acvatoriul portului Midia are o ecluză Midia – Năvodari, prin intermediul căreia se realizează racordarea canalului cu nivelul Mării Negre.
- Canalul este structurat pe trei biefuri:
  - bieful I: între desprinderea din bieful II al canalului Dunăre – Marea Neagră și capul amonte ale ecluzei Ovidiu, cu o lungime de 15,230 km;
  - bieful II: între capul aval al ecluzei de la Ovidiu și capul amonte al ecluzei Midia – Năvodari, cu lungimea de 10,041 km;
  - bieful III: între capul aval al ecluzei Midia – Năvodari și acvatoriul portului maritim Midia, cu o lungime de 1,834 km.
- secțiunea canalului are formă trapezoidală, cu excepția zonei platoului de la Ovidiu, unde această secțiune are formă dreptunghiulară, fiind realizată între ziduri de sprijin.

Lățimea minimă la baza secțiunii canalului în aliniament este:

- în zona cu secțiune trapezoidală și taluz 1:4,5 și 1:4 36,00 m

- în zona cu secțiune trapezoidală și taluz 1:2 și 1:1 și 47,00 m 42,00 m
  - în zona cu secțiune dreptunghiulară 50,00 m
  - în porturile de așteptare ale ecluzelor, între construcțiile de acostare 90,00 m
  - pe bieful III, la racordul cu portul Midia 90,00 – 150,00m.
- nivelele caracteristice, adâncimile și capacitatea de tranziție sunt sintetizate în tabelul 1.2., de mai jos:

| Specificații                     | U.M.              | Bief I | Bief II | Bief III |
|----------------------------------|-------------------|--------|---------|----------|
| Nivel maxim cu asigurarea de 1%  | mrMB              | +8,50  | +2,00   | +0,50    |
| Nivel normal/mediu*              | mrMB              | +7,50* | +1,25   | -0,50    |
| Nivel minim                      | mrMB              | +7,00  | +1,00   | -1,10    |
| Nivel minim excepțional          | mrMB              | +6,00  | +1,00   | -1,10    |
| Cotă fund canal                  | mrMB              | +2,00  | -4,25   | -6,60    |
| Adâncimea apei                   |                   |        |         |          |
| - la nivel normal/mediu          | mrMB              | +5,50  | +5,50   | +5,50    |
| - la nivel minim                 | mrMB              | +5,00  | +5,25   | +5,00    |
| Capacitatea de tranzitare a apei |                   |        |         |          |
| - la nivel normal/mediu          | m <sup>3</sup> /s | 225    | 51,0    | 50,5     |
| - la nivel minim                 | m <sup>3</sup> /s | 42     | 38,2    | 37,5     |

\* nivel de exploatare maxim pe bieful II = +8,00 mrMB

Tabelul 1.2. – Nivele caracteristice, adâncimi și capacitate de tranziție ale canalului Poarta Albă – Midia, Năvodari.

R1 MM

### 1.3. Interacțiunea canal navigabil – acvifer

Din punct de vedere geologic, formațiunile cuverturii sedimentare (din care fac parte și rocile magazin ale celor două hidrostructuri) sunt dispuse discordant pe un fundament cristalin vechi. Acestea prezintă o distribuție spațială neuniformă ceea ce conduce la ideea că sedimentarea lor a avut loc într-o zonă dinamică activă, de blocuri structurale cu poziții diferite (ridicate sau coborâte), în diverse etape geologice.

Pentru prezentarea elementelor geologice și structurale se vor consulta planșele anexate: Anexa 2 - Hartă structurală a zonei cercetate, Anexa 6 - Hartă hidrodinamică a acviferului inferior Jurasic – Cretacic, Anexa 7 - Secțiuni hidrogeologică 1 – 1'.

Structura formațiunilor de vârstă Jurasic – Cretacic inferior, este deosebit de complicată datorită existenței sistemului de falii verticale sau subverticale (vezi planșele anexate: Anexa 3 - Secțiuni geologice 1-1' și 2-2' ale zonei cercetate, Anexa 4 - Secțiuni geologice 3-3' și 4-4' ale zonei cercetate, Anexa 5 - Secțiuni geologice 5-5' și 6-6' ale zonei cercetate), care o divizează în blocuri tectonice.

Faliile s-au format în urma depunerii calcarelor jurasice și au fost active pe tot parcursul depunerii formațiunilor cretacice și paleogene, majoritatea încetînd a se mai deplasa înaintea depunerii formațiunilor sarmațiene.

Peste formațiunile carbonatate permeabile jurasice – cretacice inferioare, care se îngroapă spre vest ajungând în vecinătatea Dunării la grosimi de 1000 m și coboară în trepte spre est (zona litorală), sunt depuse, mai mult în jumătatea estică, pachete de roci semipermeabile de vârstă senoniană, eocenă și badeniană.

La scara Dobrogei de Sud, roca magazin a hidrostructurii superioare, reprezentată de calcare sarmațiene, este la rândul ei depusă peste formațiunile prezentate mai sus.

În sectorul cercetat din prezenta lucrare, calcarele sarmațiene sunt în general absente și prin urmare hidrostructura superioară poate apărea rar.

Sistemul complex de falii verticale și orizontale din zona cercetată a generat o serie de blocuri tectonice, cu dimensiuni și cote variabile. În cele ce urmează, se va detalia fiecare bloc tectonic, din zona studiată în prezenta lucrare de cercetare.

Zona cuprinsă între **falia Capidava – Ovidiu și falia Cernavodă – Constanța** cuprinde un număr de 5 blocuri tectonice, delimitate prin intermediul unor falii verticale.

**Blocul 1 (Cernavodă)** este alcătuit preponderent din roci de vârstă Jurasic – Cretacic, ce au o grosime cuprinsă între 1000 – 1200 m. Cota limitei superioare a complexului este cuprinsă între +12 și -175 m. Cota limitei cuvertură / fundament se află la -1200 m.

**Blocul 2 (Tortomanu)** este alcătuit preponderent din roci de vârstă Jurasic – Cretacic, ce au o grosime de 800 m. Cota limitei superioare a complexului este cuprinsă între -320 și -400 m. Cota limitei cuvertură / fundament se află la -1130 m.

**Blocul 3 (Castelu)** este alcătuit preponderent din roci de vârstă Jurasic – Cretacic, ce au grosimi mai mari de 1040 m. Cota limitei superioare a complexului este cuprinsă între +10 și -56 m. Cota limitei cuvertură / fundament se află la -1180 m.

**Blocul 4 (Poiana)** este alcătuit preponderent din roci de vârstă Jurasic – Cretacic, ce au o grosime de 800 m. Cota limitei superioare a complexului este cuprinsă între +20 și -10 m. Cota limitei cuvertură / fundament se află la -800 m.

**Blocul 5 (Constanța)** este alcătuit preponderent din roci de vârstă Jurasic – Cretacic, ce au o grosime de 500 m. Cota limitei superioare a complexului este cuprinsă între -15 și -47 m. Cota limitei cuvertură / fundament se află la -500 m.

Zona cuprinsă între **falia Cernavodă – Constanța și falia Rasova – Costinești** cuprinde un număr de 8 blocuri tectonice, delimitate prin intermediul unor falii verticale.

**Blocul 6 (Ivrinezu - Peștera)** este alcătuit preponderent din roci de vârstă Jurasic – Cretacic, ce au o grosime cuprinsă între 700 – 800 m. Cota limitei superioare a complexului este cuprinsă între 0 și -65 m. Cota limitei cuvertură / fundament se află între -800 și -850 m.

**Blocul 7 (Siminoc - Ciocârlia)** este alcătuit preponderent din roci de vârstă Jurasic – Cretacic, ce au o grosime cuprinsă între 550 – 650 m, și, pe alocuri, din roci de vârstă sarmațiană, ce au o grosime de maxim 50 m. Cota limitei superioare a

complexului este cuprinsă între +10 și -25 m. Cota limitei cuvertură / fundament se află la -650 m.

**Blocul 8 (Poarta Albă)** este alcătuit preponderent din roci de vârstă Jurasic – Cretacic, ce au o grosime de 700 m. Cota limitei superioare a complexului este cuprinsă între +10 și -25 m. Cota limitei cuvertură / fundament este de -650 m.

**Blocul 9 (Valul lui Traian)** este alcătuit preponderent din roci de vârstă Jurasic – Cretacic, ce au o grosime cuprinsă între 700 – 800 m. Cota limitei superioare a complexului este cuprinsă între -80 și -120 m. Cota limitei cuvertură / fundament este de -800 m.

**Blocul 10 (Siminoc - Ciocârlia)** este alcătuit preponderent din roci de vârstă Jurasic – Cretacic, ce au o grosime de 500 m. Cota limitei superioare a complexului este de -200 și -260 m. Cota limitei cuvertură / fundament este de -800 m.

**Blocul 11 (Poarta Albă)** este alcătuit preponderent din roci de vârstă Jurasic – Cretacic, ce au o grosime de 250 m. Cota limitei superioare a complexului este de -115 și -170 m. Cota limitei cuvertură / fundament este de -400 m.

**Blocul 12 (Straja)** nu are în componență roci de vârstă Jurasic – Cretacic.

**Blocul 13 (Eforie - Techirghiol)** nu are în componență roci de vârstă Jurasic – Cretacic.

În general, lucrările hidrotehnice executate și aflate în exploatare, de tip canale de navigație, canale de irigații și surse de apă subterană, conduc la distorsiuni importante ale regimului de curgere și la modificarea calității apelor subterane. Analiza relațiilor hidraulice dintre apele de suprafață și cele subterane se efectuează prin studiul spectrului hidrodinamic (după Moldoveanu V. 1998).

Analizând gradientii și direcțiile de curgere ale apelor subterane se pot stabili zonele de alimentare și drenaj. În zonele cu deficit pluviometric, alimentarea strzelor acvifere prin infiltrarea apelor de la sistemele de irigații, inclusiv din canale artificiale de irigații sau navigabile, constituie o importantă sursă de refacere a resurselor de apă afectate de exploatările cu puțuri pentru alimentările cu apă ale localităților (după Moldoveanu V. 1998).

În cazul acviferelor fisural – carstice, în roci carbonatate, rețeaua carstică este formată din fisuri, goluri (canale) carstice formate prin fenomenele de dizolvare. Majoritatea căilor de pătrundere a apei în acviferul carstic sunt fisurile capilare sau supracapilare și faliile tectonice (după Moldoveanu V. 1998).

Interacțiunea continuă dintre apele de suprafață și apele subterane cantonate în acvifere fisural – carstice prezintă elemente specifice, mai ales dacă acestea sunt adiacente unor zone litorale:

- Zonele principale de alimentare și, implicit, de formare a acviferelor fisural – carstice sunt determinate de situațiile geologice favorabile, unde rocile carbonatate se întâlnesc la suprafața terenului (la zi) și permit infiltrarea precipitațiilor direct în strat sau prin talvegul văilor.

- Zonele principale de descărcare (drenaj) sunt localizate în sectoarele costiere marine sau în lacuri naturale amplasate în vecinătatea acestora.
- Interferențele existente, la scară regională de dezvoltare a sistemelor acvifere fisural – carstice, dintre apele de suprafață (fluvii, râuri, văi, lacuri sau sisteme lacustre care bordează zone litorale, canale de irigații, canale navigabile, etc.) și apele subterane produc modificări importante ale regimului de curgere a apelor. Acestea pot fi constatate în mod riguros prin măsurători și prin întocmirea hărților hidrogeologice cu spectre hidrodinamice.
- În situația exploatării canalelor navigabile, acestea pot constitui: zone de alimentare artificiale, pentru anumite sectoare unde au fost executate și intersectează partea superioară a acviferului fisural – carstic sau zone de drenaj, în sectoare unde cota nivelului din canal este inferioară cotei nivelului apelor subterane.
- Odată cu sporirea resurselor hidrodinamice, având în vedere vitezele de curgere relativ mari din acvifere, există riscuri mari de apariție a fenomenelor de poluare provenite din activități agricole.

În general, cota nivelului apelor din canalele navigabile impune regimul de curgere în acviferul fisural – carstic în zona căruia este amplasat și, implicit, poate crea riscuri de poluare în situația în care acesta alimentează cu apă acviferul.

## 2. Modelarea interacțiunii canal navigabil – acvifer

### 2.1. Zona cercetată

Zona de cercetare din prezenta lucrare înglobează cele două canale navigabile Dunăre – Marea Neagră, respectiv Poarta Albă – Midia, Năvodari și este situată în Nordul Dobrogei de Sud, în regiunea cuprinsă între faliile Capidava – Ovidiu, respectiv Rasova – Costinești, fluviul Dunărea și Marea Neagră.

### 2.2. Condiții la limită

Modelarea matematică efectuată prin intermediul programelor de calcul, constituie un instrument util în studierea și evaluarea sistemelor acvifere subterane, precum și în proiectarea și creșterea eficienței în exploatare atât a resurselor de ape subterane, cât și a diferitelor construcții hidrotehnice.

Determinarea curgerii apelor subterane și a transportului de poluanți din sistemele acvifere se poate realiza prin modelare numerică sau analitică a ecuațiilor matematice. Aceste ecuații au fost preluate cu condiții inițiale date, la momentul  $t = 0$  pe domeniul acviferului, precum și condițiilor la limită date prin valorile funcțiilor (condiții de tip Diriclet) (după Moldoveanu V. 1998).

Curgerea apelor subterane și transportul de poluanți dintr-o hidrostructură se poate descrie prin integrarea analitică sau numerică a ecuațiilor fundamentale de difuzivitate hidraulică și de dispersie hidrodinamică.

Ecuția de difuzivitate hidraulică:

$$\frac{\partial h}{\partial t} = a \operatorname{div} \operatorname{grad} h + \frac{w}{S}$$

unde:

$h = z + \frac{p}{\gamma} + \text{const.}$  = este sarcina piezometrică;

$a = \frac{KH}{S}$  = coeficient de difuzivitate hidraulică;

$K$  = conductivitatea hidraulică;

$w$  = debitul uniform distribuit;

$S = \frac{\partial(\gamma m_e H)}{\partial p}$  = coeficient de înmagazinare.

Ecuția de dispersie hidrodinamică:

$$\frac{\partial(C\rho)}{\partial t} = D \operatorname{div} \operatorname{grad} (C\rho) - \vec{v} \operatorname{grad} (C\rho) + \frac{C}{m_e}$$

unde:

$C$  = concentrația;

$\rho$  = densitatea;

$D$  = coeficient de difuzivitate hidraulică;

$\vec{v}$  = viteza efectivă

$m_e$  = porozitate eficace.

Acestor ecuații li se impun condiții inițiale și ulterioare funcții de timp pe domeniul orizontului acvifer, precum și condiții de frontieră (la limită), date prin valori de funcții de tip Dirichlet sau ale derivatelor acesteia (condiții de tip Neuman) pe frontierele de dezvoltare ale hidrostructurii.

Pe baza cunoașterii metodelor analitice de rezolvare a curgerii apelor subterane și a transportului de poluanți, a spectrelor hidrodinamice ale hidrostructurilor, întocmite pe baza măsurătorilor de nivel ale apelor subterane în diferite intervale de timp, dar și a datelor hidrogeologice, s-au definit condițiile la limită ale hidrostructurilor selectate.

Astfel, utilizând spectrele hidrodinamice realizate pentru cele două hidrostructuri, s-au trasat limitele de frontieră, care au fost de mai multe tipuri:

- Frontiere de încărcare sau descărcare a hidrostructurii (trasate pe liniile echipotențiale);
- Frontiere linie de curent (trasate pe direcțiile curenților acviferi);
- Frontiere etanșe (trasate pe baza elementelor structurale și geologice, care împiedică circulația apelor subterane).

Condiții inițiale date prin valorile funcțiilor  $h = h(t, P)$  și  $C\rho = C\rho_0(t, P)$  la momentul  $t = 0$  pe domeniul acviferului:

$$h(0, P) = h_0(P) \quad \text{și} \quad C\rho(0, P) = C\rho_0(P)$$

condiții la limită date prin valorile funcțiilor (de tip Dirichlet):

$$h(t, P) |_{P \in \Omega} = f(t, P) \quad \text{și} \quad C\rho(t, P) |_{P \in \Omega} = g(t, P)$$

sau ale derivatelor lor normale (de tip Neumann):

$$\frac{\partial h}{\partial n}(t, P) |_{P \in \Omega} = F(t, P) \quad \text{și} \quad \frac{\partial (C\rho)}{\partial n}(t, P) |_{P \in \Omega} = G(t, P)$$

sau ale unei combinații liniare a funcțiilor și derivatelor lor normale (condiții de tip Fourier):

$$A \cdot h(t, P) + B \frac{\partial h}{\partial n}(t, P) |_{P \in \Omega} = \mathcal{F}(t, P) \quad \text{și} \quad A' \cdot C\rho(t, P) + B' \frac{\partial (C\rho)}{\partial n}(t, P) |_{P \in \Omega} = \mathcal{G}(t, P)$$

pe frontierele  $\Omega$  ale domeniului de dezvoltare a acviferului (după Moldoveanu V. 1998).

### 2.3. Reprezentarea modelului

Modelul numeric a fost realizat pentru zona cercetată și simulează curgerea apelor subterane în acviferul inferior Jurasic – Cretacic.

Zona studiată se întinde pe o suprafață determinată de: 68 km – lungime, respectiv 32 km – lățime, ce a fost discretizată într-o rețea de celule cu dimensiuni variabile în funcție de zonele de interes analizate. Astfel, dimensiunile orizontale ale celulelor de discretizare sunt în general de 1000 m x 1000 m, dar prezintă o discretizare mai fină de 500 m x 500 m în zonele cu captări subterane, pentru o acuratețe mai mare a rezultatelor. Înălțimile celulelor de discretizare sunt egale cu grosimile acviferului inferior Juristic – Cretacic, interceptate în foraje, și sunt cuprinse între 12,80 m și -1205,33 m.

Dimensiunile celulelor rețelei de discretizare sunt suficient de mici pentru a se putea considera ipoteza că variația parametrilor este continuă de la o celulă la alta, și în același timp suficient de mari pentru a include zone fracturate, iar modelul realizat este la scară regională, astfel modelul de curgere poate fi considerat un mediu poros echivalent. (Dassargues, 1995).

Construirea modelului de curgere al acviferului inferior Juristic – Cretacic s-a realizat prin introducerea datelor litologice, a condițiilor la limită, a forajelor de observație și a forajelor de captare în programul de calcul.

Litologia acviferului inferior Juristic – Cretacic a fost determinată prin interpolare, utilizând ca date de bază grosimile acviferului depistate în fiecare foraj de observație. Astfel, programul de calcul prin intermediul datelor prezentate în tabelul 2.1. a generat două suprafețe, denumite culcuș, respectiv acoperiș, care delimitează acviferul cercetat în lucrarea de față.

| Nr. Crt. | Localitate              | Foraj      | Adancime foraj | Cota teren | Cota acoperis | Grosime acvifer J-K | Cota finala foraj | Cota culcus [m] |
|----------|-------------------------|------------|----------------|------------|---------------|---------------------|-------------------|-----------------|
| 1        | Basarabi (Murfatlar)    | F 5035     | 501.20         | 15.88      | -79.12        | 605.00              | -589.12           | -684.12         |
| 2        | Poarta Alba             | F 5036     | 500.70         | 23.07      | 5.07          | 1182.00             | -1158.93          | -1176.93        |
| 3        | Poarta Alba             | F 5037     | 500.00         | 27.33      | -17.67        | 705.00              | -677.67           | -722.67         |
| 4        | Valul lui Traian        | F 1 (5039) | 500.60         | 32.60      | -91.40        | 576.00              | -543.40           | -667.40         |
| 5        | Palas                   | F 5040     | 499.70         | 42.06      | -111.94       | 596.00              | -553.94           | -707.94         |
| 6        | Constanta Cismea I      | F 5041     | 499.70         | 4.21       | -46.29        | 499.50              | -495.29           | -545.79         |
| 7        | Basarabi - capt         | F 5042     | 700.00         | 18.00      | -24.00        | 708.00              | -690.00           | -732.00         |
| 8        | Tortomanu               | F 5044     | 1187.70        | 33.00      | -354.00       | 770.00              | -737.00           | -1124.00        |
| 9        | Dunarea                 | F 5045     | 847.20         | 13.10      | -155.90       | 678.00              | -664.90           | -986.90         |
| 10       | Pestera                 | F 5046     | 700.00         | 43.67      | -14.33        | 742.00              | -698.33           | -756.33         |
| 11       | Siminoc                 | F 5052     | 743.40         | 50.00      | -17.20        | 629.80              | -579.80           | -647.00         |
| 12       | Castelu                 | F 5053     | 1200.30        | 20.97      | -139.03       | 1090.00             | -1069.03          | -1229.03        |
| 13       | Baraganu                | F 5060     | 628.40         | 77.63      | -140.37       | 247.50              | -169.87           | -387.87         |
| 14       | Cernavoda               | F 5061     | 1199.00        | 14.30      | 12.80         | 1190.50             | -1176.20          | -1177.70        |
| 15       | Costinesti              | F 5068     | 600.70         | 8.68       | -437.82       | 453.50              | -444.82           | -891.32         |
| 16       | Techirghiol             | F 5069     | 609.80         | 15.50      | -351.50       | 211.00              | -195.50           | -562.50         |
| 17       | Cumpana                 | F 5070     | 650.20         | 48.88      | -238.12       | 255.00              | -206.12           | -493.12         |
| 18       | Medgidia - capt oras    | F 5091     | 953.15         | 22.45      | -2.55         | 790.00              | -767.55           | -792.61         |
| 19       | Nazarcea capt.          | F 1H       | 700.30         | 44.67      | -3.33         | 1202.00             | -1157.33          | -1205.33        |
| 20       | Nazarcea ISCIP          | F 2        | 655.00         | 46.74      | -5.74         | 1197.52             | -1150.78          | -1203.26        |
| 21       | Rasova                  | F 2H       | 568.20         | 17.49      | -36.51        | 846.00              | -828.51           | -782.51         |
| 22       | Lazu                    | F 8H       | 726.20         | 14.29      | -369.71       | 416.00              | -401.71           | -785.71         |
| 23       | Ivrinezu Mare           | F 1        | 188.00         | 13.72      | -22.58        | 750.00              | -736.28           | -772.58         |
| 24       | Medgidia - capt oras    | F 1 (Car.) | 550.00         | 13.28      | -130.72       | 1056.00             | -1042.72          | -1186.72        |
| 25       | Medgidia - SP Tortomanu | F 2        | 700.00         | 11.43      | -408.57       | 787.00              | -775.57           | -1195.57        |
| 26       | Valea Seaca             | F 1        | 400.00         | 24.11      | -90.89        | 585.00              | -560.89           | -675.89         |
| 27       | Medgidia - capt CT      | P 0        | 265.00         | 16.11      | -19.95        | 779.00              | -762.89           | -798.95         |
| 28       | Constanta               | P 23       | 146.00         | 64.20      | -52.80        | 432.36              | -368.16           | -485.16         |
| 29       | Constanta               | P 24       | 87.00          | 43.06      | -29.94        | 477.00              | -433.94           | -506.94         |
| 30       | Constanta Cismea I      | P 25       | 66.00          | 15.92      | -35.08        | 499.00              | -483.08           | -534.08         |
| 31       | Constanta Nord          | P 26       | 76.00          | 11.94      | -53.06        | 485.00              | -473.06           | -538.06         |
| 32       | Constanta Nord          | P 27       | 80.00          | 3.22       | -61.78        | 486.00              | -482.78           | -547.78         |

Tabel 2.1. – Date litologice ale acviferului inferior Jurasic – Cretacic

Condițiile la limită impuse pentru crearea modelului hidraulic au fost determinate prin interpolare, pe baza hărții piezometrice a acviferului inferior Jurasic – Cretacic. În modelul numeric au fost introduse condiții la limită de tip sarcină impusă, specificate în tabelul 2.2. de mai jos. Frontiera Nordică, reprezentată de falia Capidava – Ovidiu s-a considerat frontieră etanșă. De asemenea, atât lacul Siutghiol, cât și tronsonul canalului navigabil Poarta Albă – Midia, Năvodari, care se află în contact direct cu acviferul inferior Jurasic – Cretacic, situat între ecluza Ovidiu, respectiv 3 km amonte în canal, vor beneficia de un potențial impus de 1,25 m.

| Nr. Crt. | Fronieră                                      | Tronson | Lungime [m] | Tip potențial | Potențial impus |
|----------|-----------------------------------------------|---------|-------------|---------------|-----------------|
| 1        | Nordică                                       | -       | -           | etansa        | -               |
| 2        | Vestică                                       | 1 - 2   | 4234        | variabil      | 9.2 - 9.0       |
|          |                                               | 2 - 3   | 7076        | liniar        | 9               |
|          |                                               | 3 - 4   | 3244        | variabil      | 9 - 12          |
|          |                                               | 4 - 5   | 6640        | liniar        | 12              |
|          |                                               | 5 - 6   | 2448        | variabil      | 12 - 10         |
|          |                                               | 6 - 7   | 3528        | variabil      | 10 - 9.5        |
|          |                                               | 7 - 8   | 8702        | variabil      | 9.5 - 9         |
| 3        | Sudică                                        | 8 - 9   | 3230        | variabil      | 9 - 10          |
|          |                                               | 9 - 10  | 1802        | variabil      | 10 - 11         |
|          |                                               | 10 - 11 | 2750        | variabil      | 11 - 12         |
|          |                                               | 11 - 12 | 6282        | variabil      | 12 - 11.5       |
|          |                                               | 12 - 13 | 7156        | variabil      | 11.5 - 12       |
|          |                                               | 13 - 14 | 10032       | variabil      | 12 - 19         |
|          |                                               | 14 - 15 | 8808        | variabil      | 19 - 21         |
|          |                                               | 15 - 16 | 27278       | variabil      | 21 - 18.7       |
| 4        | Estică                                        | 16 - 17 | 16242       | variabil      | 18.7 - 18       |
|          |                                               | 17 - 18 | 718         | liniar        | 18              |
|          |                                               | 18 - 19 | 4802        | variabil      | 18 - 11         |
|          |                                               | 19 - 20 | 18670       | variabil      | 1 - (-1)        |
|          |                                               | 20 - 21 | 1062        | liniar        | 0               |
| 5        | lac Siutghiol                                 |         |             | liniar        | 1.25            |
| 6        | sector 3 km amonte ecluza Ovidiu - canal PAMN |         | 3000        | liniar        | 1.25            |

Tabel 2.2. – Condiții la limită impuse

Datele forajelor de observație amplasate în zona studiată sunt centralizate în tabelul 2.3.

Coordonatele în plan (x, y) pentru fiecare foraj de observație au fost determinate prin intermediul unui sistem local de coordonate amplasat astfel:

- Originea sistemului se află pe fluviul Dunărea, la Sud – Vest față de localitatea Rasova;
- Axa Ox este situată pe direcția faliei Rasova – Costinești;
- Axa Oy este situată pe direcția fluviului Dunărea.

Cotele nivelelor hidrostatice din forajele de observație au fost determinate în urma măsurătorilor efectuate în anul 2018.

| Nr. Crt. | Localitate                 | Foraj      | Coordonate locale (model) |            | Cota teren<br>[m] | NHs (2018) |
|----------|----------------------------|------------|---------------------------|------------|-------------------|------------|
|          |                            |            | x [m]                     | y [m]      |                   | Cote [m]   |
| 1        | Basarabi (Murfatlar)       | F 5035     | 37099.7666                | 13297.7436 | 15.88             | 7.1        |
| 2        | Poarta Alba                | F 5036     | 36537.8339                | 18090.6771 | 23.07             | 13.15      |
| 3        | Poarta Alba                | F 5037     | 37556.9580                | 19075.2914 | 27.33             | 9.6        |
| 4        | Valul lui Traian           | F 1 (5039) | 42984.6574                | 15528.7713 | 32.60             | 5.82       |
| 5        | Palas                      | F 5040     | 47493.1840                | 18578.3388 | 42.06             | 2.7        |
| 6        | Constanta Cismea I         | F 5041     | 49111.6481                | 26373.5305 | 4.21              | 0.57       |
| 7        | Basarabi - capt            | F 5042     | 36200.4523                | 14975.6964 | 18.00             | 9.82       |
| 8        | Tortomanu                  | F 5044     | 15104.7347                | 21323.5673 | 33.00             | 8.80       |
| 9        | Dunarea                    | F 5045     | 1450.8971                 | 26676.9677 | 13.10             | 9.02       |
| 10       | Pestera                    | F 5046     | 18142.6074                | 2535.9964  | 43.67             | 10.15      |
| 11       | Castelu                    | F 5053     | 26773.8997                | 20373.3085 | 20.97             | 10.07      |
| 12       | Baraganu                   | F 5060     | 41266.8374                | 6212.6580  | 77.63             | 16.75      |
| 13       | Cernavoda                  | F 5061     | 1090.6785                 | 14058.5439 | 14.30             | 12.01      |
| 14       | Techirghiol                | F 5069     | 56808.4853                | 11582.8823 | 15.50             | 14.01      |
| 15       | Cumpana                    | F 5070     | 51621.6116                | 13809.2180 | 48.88             | 18.5       |
| 16       | Medgidia - capt oras       | F 5091     | 23417.9633                | 15069.3299 | 22.45             | -          |
| 17       | Nazarcea capt.             | F 1H       | 35353.2144                | 21151.8841 | 44.67             | 10.15      |
| 18       | Nazarcea ISCIPI            | F 2        | 35160.0076                | 20717.7792 | 46.74             | 10.8       |
| 19       | Rasova                     | F 2H       | 1255.5474                 | 1255.5474  | 17.49             | 9.12       |
| 20       | Lazu                       | F 8H       | 54878.5903                | 16583.3787 | 14.29             | -          |
| 21       | Ivrinezu Mare              | F 1        | 9328.8705                 | 4165.0696  | 13.72             | 11.1       |
| 22       | Medgidia - capt oras       | F 1 (Car.) | 24450.7068                | 15561.6760 | 13.28             | 9.81       |
| 23       | Medgidia -<br>SP Tortomanu | F 2        | 23698.4415                | 16915.4534 | 11.43             | 11.82      |
| 24       | Valea Seaca                | F 1        | 40934.3303                | 15499.6499 | 24.11             | 5.02       |
| 25       | Medgidia - capt CT         | P 0        | 23145.1936                | 15675.1893 | 16.11             | 11.68      |
| 26       | Constanta                  | P 23       | 49711.2935                | 23106.0808 | 64.20             | 0.17       |
| 27       | Constanta                  | P 24       | 49379.4343                | 24512.7633 | 43.06             | 1.42       |
| 28       | Constanta Cismea I         | P 25       | 49340.3607                | 25701.3087 | 15.92             | 0.12       |
| 29       | Constanta Nord             | P 26       | 49462.7947                | 27715.9392 | 11.94             | 0.83       |
| 30       | Constanta Nord             | P 27       | 49714.5058                | 28109.8365 | 3.22              | 0.41       |

Tabel 2.3. – Foraje de observație zona studiată

Debitele exploatare din captările de apă subterană aflate în zonele adiacente canalelor navigabile, ce alimentează municipiul Constanța, orașele Medgidia, Basarabi și comuna Valul lui Traian sunt exprimate în tabelul 2.4. prezentat mai jos.

Valorile debitelor exploatare au fost furnizate de operatorul de apă Raja Constanța.

| Nr. Crt. | Captare de apă                 | Debit exploatat |          |
|----------|--------------------------------|-----------------|----------|
|          |                                | [mc/zi]         | [l/s]    |
| 1        | Caragea Dermen                 | 55119.74        | 637.96   |
| 2        | Cișmea I                       | 133505.97       | 1545.208 |
| 3        | Cișmea II                      | 29926.20        | 346.368  |
| 4        | Constanța Nord                 | 18066.24        | 209.1    |
| 5        | Basarabi I                     | 39391.49        | 455.92   |
| 6        | Basarabi II                    | 6092.93         | 70.52    |
| 7        | Valul lui Traian               | 16321.00        | 188.9    |
| 8        | Medgidia oraș                  | 38880.00        | 450      |
| 9        | Medgidia pentru oraș Constanța | 17280.00        | 200      |

Tabel 2.4. – Debite exploatate din captările subterane

## 2.4. Modelul utilizat / Performațe

În prezenta lucrare de cercetare, pe baza condițiilor hidrogeologice prezentate în primul raport de cercetare, s-a construit unui model de calcul al zonei studiate și s-au efectuat simulări numerice pentru diferite scenarii de curgere cu ajutorul programului GMS.

Groundwater Modeling System (GMS) este un pachet de programe cu ajutorul cărora se pot realiza simulări ale apelor subterane într-un mediu tridimensional. Din acest pachet fac parte și programele Modflow, Modpath, respectiv Mt3d, care s-au utilizat pentru diverse simulări în prezenta lucrare de cercetare.

Modflow este un program complet cu o interfață intuitivă și ușor de manevrat, care poate modela, bidimensional (2D) sau tridimensional (3D), curgerea apelor subterane, precum și transportul de poluanți. Programul beneficiază de un meniu structurat logic, ce poate fi accesat cu ușurință și permite:

- crearea cu ușurință a domeniului modelului și selectarea unităților de măsură;
- alocarea în mod convenabil a proprietăților modelului și a condițiilor la limită;
- efectuarea simulărilor numerice;
- calibrarea modelului folosind tehnici manuale sau automate;
- optimizarea debitelor de pompare și a amplasamentelor de foraje;
- vizualizarea rezultatelor sub formă bidimensională (2D) sau tridimensională (3D).

Modpath este un program din pachetul conținut de GMS, prin intermediul căruia se pot determina direcțiile de curgere, liniile de curent și timpii de tranzit ai apei subterane, pe fiecare din cele trei direcții (x, y, z).

Prin intermediul programului Mt3d se pot realiza simulări ale transportului de poluanți prin apele subterane. Acesta preia toate datele din modelul de curgere și pornind de la o concentrație inițială în acvifer, în funcție de sursele de contaminare și

procesele de advecție, dispersie, retardare, poate determina distribuția concentrației în acvifer în orice moment al perioadei pentru care are loc simularea.

Acest model a fost creat pentru a evalua interacțiunea dintre canalele navigabile Dunăre – Marea Neagră, respectiv Poarta Albă – Midia, Năvodari amplasate în zone fisural – carstice, cu apele subterane.

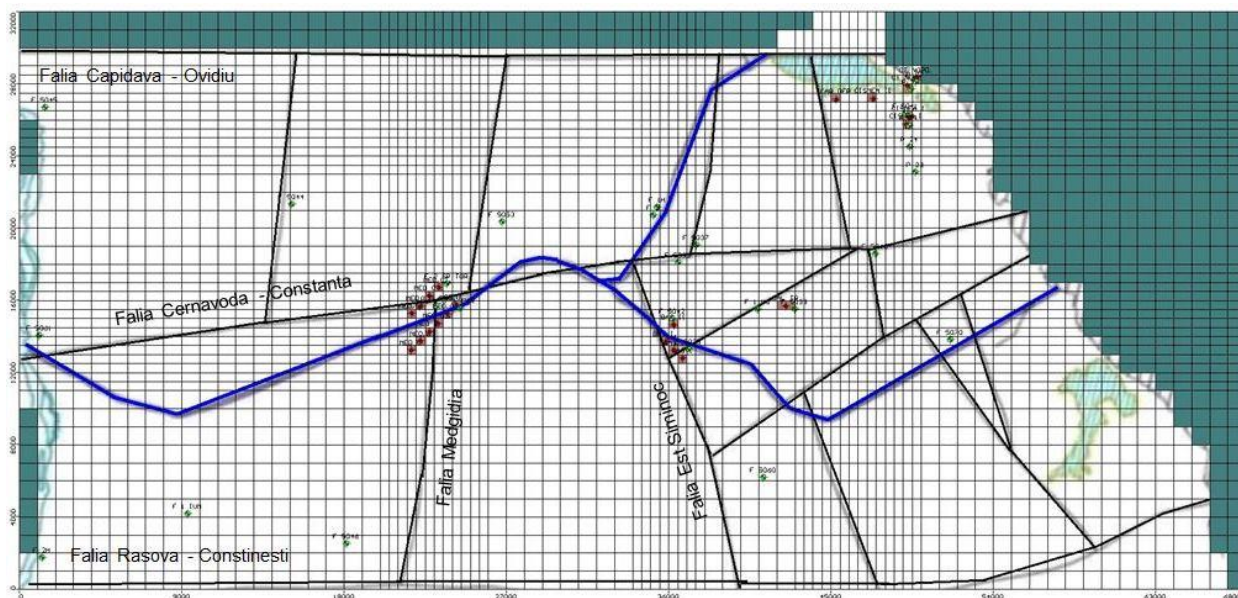


Figura 2.1. – Model acvifer inferior Jurasic - Cretacic

## 2.5. Calibrare model

Calibrarea modelului de curgere a fost realizată în regim permanent, pe baza cotelor nivelelor hidrostatice din foraje de observație, măsurate în anul 2018. Condițiile la limită utilizate au fost de tip sarcină impusă și debit impus. Condițiile de tip sarcină impusă au fost stabilite prin interpolare pe baza hărții piezometrice a acviferului inferior Jurasic – Cretacic, în timp ce pentru condițiile de tip debit impus, s-au utilizat datele furnizate de operatorul de apă Raja Constanța.

Cotele nivelului apei în canalele navigabile Dunăre – Marea Neagră, respectiv Poarta Albă – Midia, Năvodari au valori diferite în funcție de biefuri, în conformitate cu prevederile din regulamentele de exploatare și întreținere ale canalelor navigabile. Pe tronsonul nord – estic al canalului Poarta Albă – Midia, Năvodari, în zona în care canalul se află în relație directă cu acviferul inferior, cota nivelului apei măsurată după ecluza Ovidiu este 1,25 m. Aceeași cota de 1,25 m a fost introdusă pe porțiunea reprezentată de lacul Siutghiol. În lungul celor două canale navigabile, Dunăre – Marea Neagră, respectiv Poarta Albă – Midia, Năvodari, cu excepția tronsonului în care canalul se află în relație directă cu acviferul, sarcinile impuse au fost stabilite prin interpolare pe baza hărții piezometrice a acviferului inferior Jurasic – Cretacic. În zona sudică, se remarcă un gradient hidraulic semnificativ la nord de falia Lazău – Cumpăna. Acest lucru se datorează lipsei formațiunilor carbonatate la sud de falia Lazău – Cumpăna. În această zona,

continuitatea hidrolică a acviferului este asigurată de depozitele cenomaniene (după Moldoveanu V., 1998).

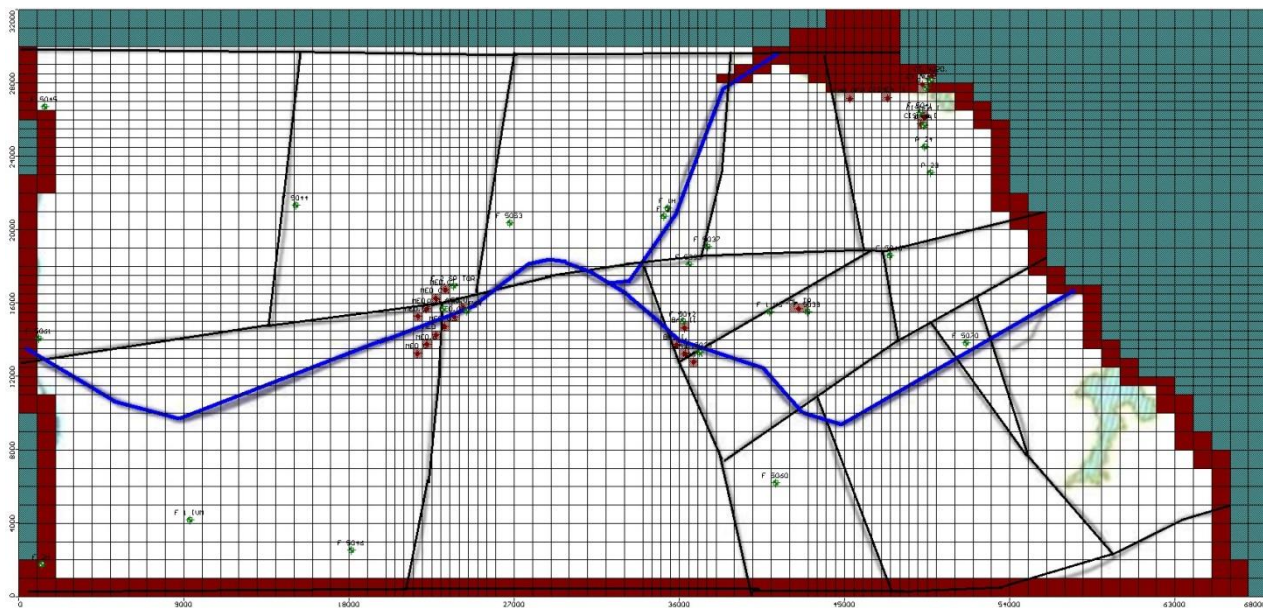


Figura 2.2. – Condiții la limită impuse modelului

Condițiile la limită de tip debit impus sunt exprimate de către debitele captate din acțiverul inferior. În modelul numeric, captările orașelor Constanța, Murfatlar și Medgidia, dar și captarea comunei Valu lui Traian au fost reprezentate prin forajele de pompare din care se extrag diverse debite (figura 2.1.).

Procesul de calibrare a modelului a fost realizat prin metoda încercărilor succesive, prin intermediul ajustării valorilor conductivităților hidraulice până la momentul în care nivelele calculate în toate forajele de observație au fost apropiate de nivelele măsurate.

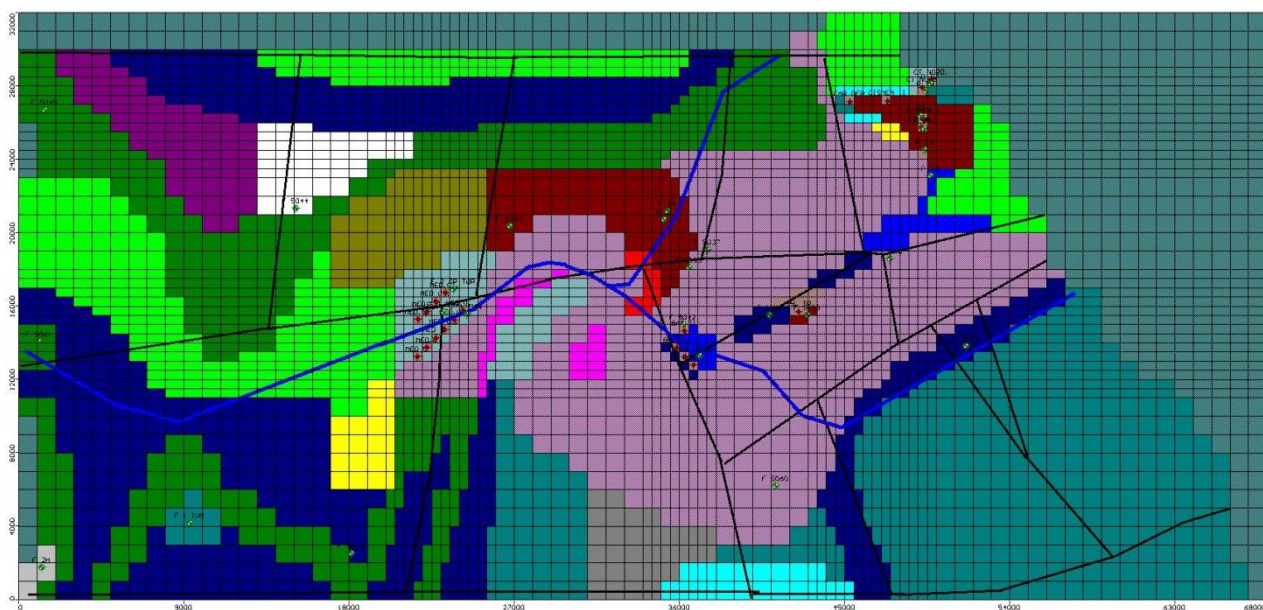


Figura 2.3. – Distribuția conductivităților hidraulice utilizate pentru calibrarea modelului

| Zone | K <sub>x</sub> [m/d] | K <sub>y</sub> [m/d] | K <sub>z</sub> [m/d] | Active                              | Distribution Array       |
|------|----------------------|----------------------|----------------------|-------------------------------------|--------------------------|
| 1    | 50                   | 50                   | 5                    | <input checked="" type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> |
| 2    | 100                  | 100                  | 10                   | <input checked="" type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> |
| 3    | 1                    | 1                    | 0.1                  | <input checked="" type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> |
| 4    | 500                  | 500                  | 50                   | <input checked="" type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> |
| 5    | 350                  | 350                  | 35                   | <input checked="" type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> |
| 6    | 80                   | 80                   | 8                    | <input checked="" type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> |
| 7    | 30                   | 30                   | 3                    | <input checked="" type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> |
| 8    | 0.01                 | 0.01                 | 0.001                | <input checked="" type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> |
| 9    | 120                  | 120                  | 12                   | <input checked="" type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> |
| 10   | 150                  | 150                  | 15                   | <input checked="" type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> |
| 11   | 250                  | 250                  | 25                   | <input checked="" type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> |
| 12   | 10                   | 10                   | 1                    | <input checked="" type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> |
| 13   | 20                   | 20                   | 2                    | <input checked="" type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> |
| 14   | 200                  | 200                  | 20                   | <input checked="" type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> |
| 15   | 600                  | 600                  | 60                   | <input checked="" type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> |
| 16   | 0.05                 | 0.05                 | 0.005                | <input type="checkbox"/>            | <input type="checkbox"/> |
| 17   | 0.5                  | 0.5                  | 0.05                 | <input type="checkbox"/>            | <input type="checkbox"/> |
| 18   | 800                  | 800                  | 80                   | <input checked="" type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> |
| 19   | 400                  | 400                  | 40                   | <input checked="" type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> |
| 20   | 4                    | 4                    | 0.4                  | <input checked="" type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> |
| 21   | 300                  | 300                  | 30                   | <input type="checkbox"/>            | <input type="checkbox"/> |

Hydraulic conductivity in X-direction Value = 50

Export Reset Order Clean Up Advanced >> OK Cancel

Figura 2.4. – Valorile conductivităților hidraulice utilizate pentru calibrarea modelului

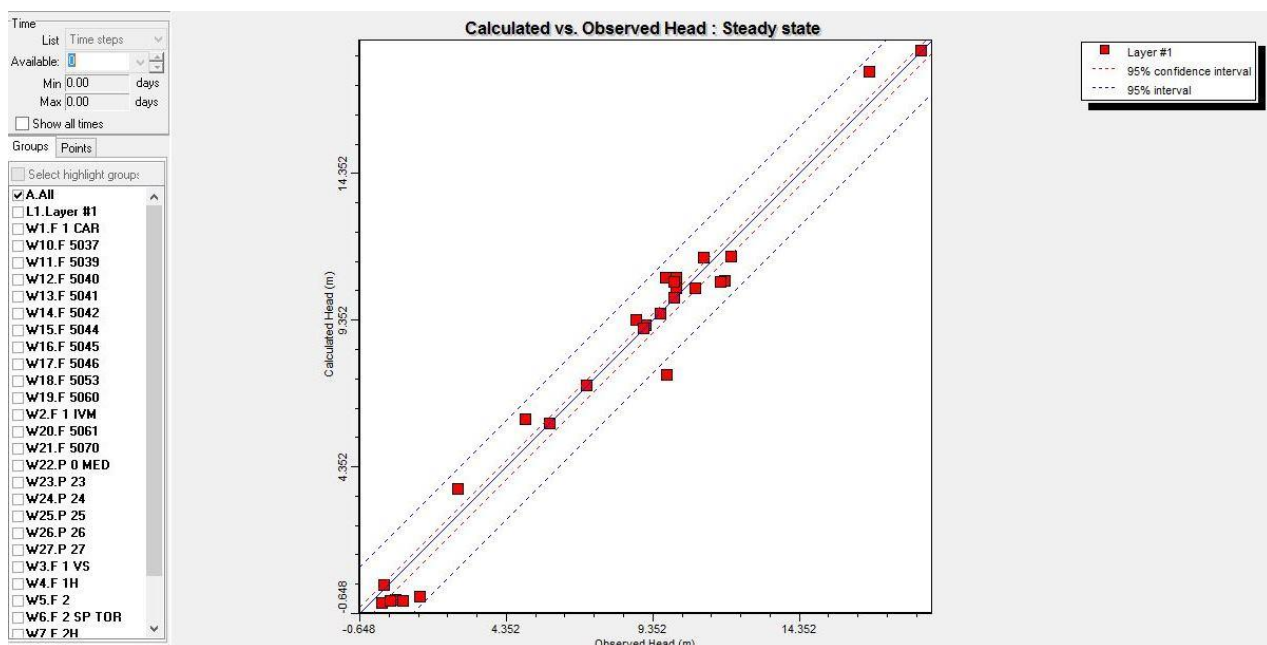


Figura 2.5. – Grafic nivele calculate vs nivele măsurate în forajele de observație în urma calibrării modelului

În general, un model numeric se consideră a fi bine calibrat dacă diferența dintre nivelele calculate și cele măsurate în toate forajele de observație este de cel mult 1,0 m. În cazul acestui model, s-au constatat diferențe mai mari de 1,0 m, între nivelele calculate și cele măsurate, în două foraje de observație (F 5042 Basarabi – 2,33 m și F

24 Constanța – 1,47 m). Cu toate acestea, având în vedere că acest model a fost creat în scopul cercetării, la o scară regională (68.000 m x 32.000 m), iar unele măsurători pot avea mici incertitudini, modelul se poate considera calibrat.

După finalizarea procesului de calibrare a modelului, a rezultat distribuția conductivităților hidraulice ale acviferului (figura 2.3.), ale căror valori sunt cuprinse între 0,01 m/zi, local, pe o porțiune din jurul forajului F 2H Rasova și 800 m/zi în zona orașului Medgidia, cu precădere în zona fronturilor de captare Medgidia oraș, respectiv Medgidia pentru orașul Constanța. Valorile ridicate ale conductivităților hidraulice din zona cercetată indică ideea că aceasta este puternic carstificată.

Sistemul de falii verticale și orizontale din zona analizată a generat o serie de blocuri tectonice neuniforme din punct de vedere al conductivității hidraulice.

În zona Sud – Vestică, valoarea conductivității hidraulice este în general de 100 m/zi, cu excepția unor trasee firiforme ce ocolesc forajele de observație de la Ivrinezu Mare (F 1) și Peștera (F 5046) și se opresc în apropiere de orașul Medgidia. În zona Central – Vestică, cu precădere în zona faliei Cernavodă – Constanța conductivitatea hidraulică are valoarea de 250 m/zi.

În cea mai mare parte a domeniului din zona Central – Estică conductivitățile hidraulice au valori relativ mici, între 1 m/zi și 4 m/zi, ceea ce indică o zonă cu gradient hidraulic puternic. În zona Sud – Estică a modelului, mai exact în blocurile tectonice 12, respectiv 13, nu se întâlnesc roci de vârstă Jurasic – Cretacic inferior.

În zona de Nord a domeniului, valorile conductivităților hidraulice au variații între 1 m/zi (în spre centrul domeniului) până la 250 m/zi (în zona faliei Capidava – Ovidiu).

### 3. Studiu de caz

În urma calibrării modelului a rezultat harta hidrodinamică a acviferului inferior Jurassic – Cretacic, prezentată în figura 2.6.

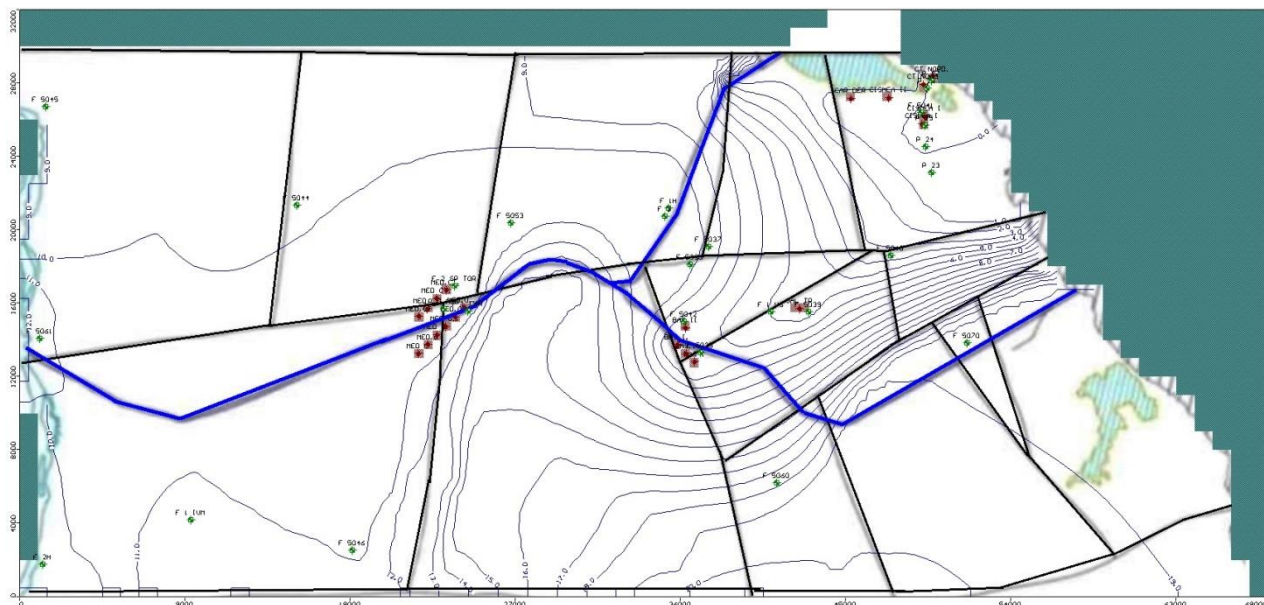


Figura 2.6. – Hartă hidrodinamică a modelului calibrat

Direcțiile de curgere rezultate în urma calibrării modelului sunt orientate preponderent Sud-Vest – Nord-Est, conform figurii 2.7. Local, în zona delimitată de faliile Lazu – Cumpăna și Cernavodă – Constanța, conductivitățile hidraulice au valori reduse, iar direcțiile de curgere sunt orientate Sud – Nord. La Nord de falia Cernavodă – Constanța, revin la direcțiile de curgere Sud-Vest – Nord-Est.

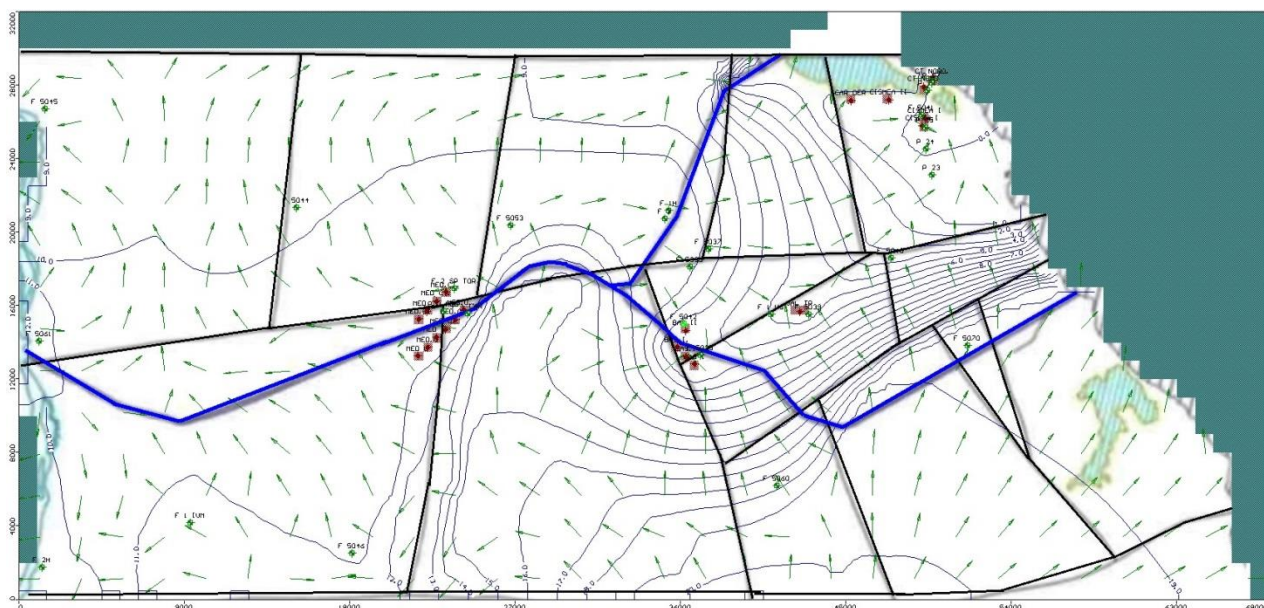


Figura 2.7. – Direcțiile de curgere prin modelul calibrat

În zona ecluzei Ovidiu, de pe canalul Poarta Albă – Midia, Năvodari, s-a observat o perturbație locală, determinată de legătura hidraulică directă dintre apa din canalul navigabil și acvifer. S-a constatat de asemenea apariția unor perturbații în zona captărilor municipiului Constanța, Basarabi, Valul Lui Traian și Medgidia.

Ulterior procedeuului de calibrare, în celulele corespunzătoare captărilor subterane au fost introduse particule, iar modelul a generat traseele acestora în sens invers curgerii până la oprire. Această procedură se numește “backward-tracking” și se utilizează în scopul determinării zonele de alimentare ale forajelor. În figura 2.8. se poate constata că majoritatea forajelor de captare sunt alimentate dinspre frontiera de sud a domeniului, cu excepția forajelor din captările Constanța Nord, Cismea II și parțial Cismea I, care sunt alimentate din frontiera nordică și uneori din lacul Siutghiol.

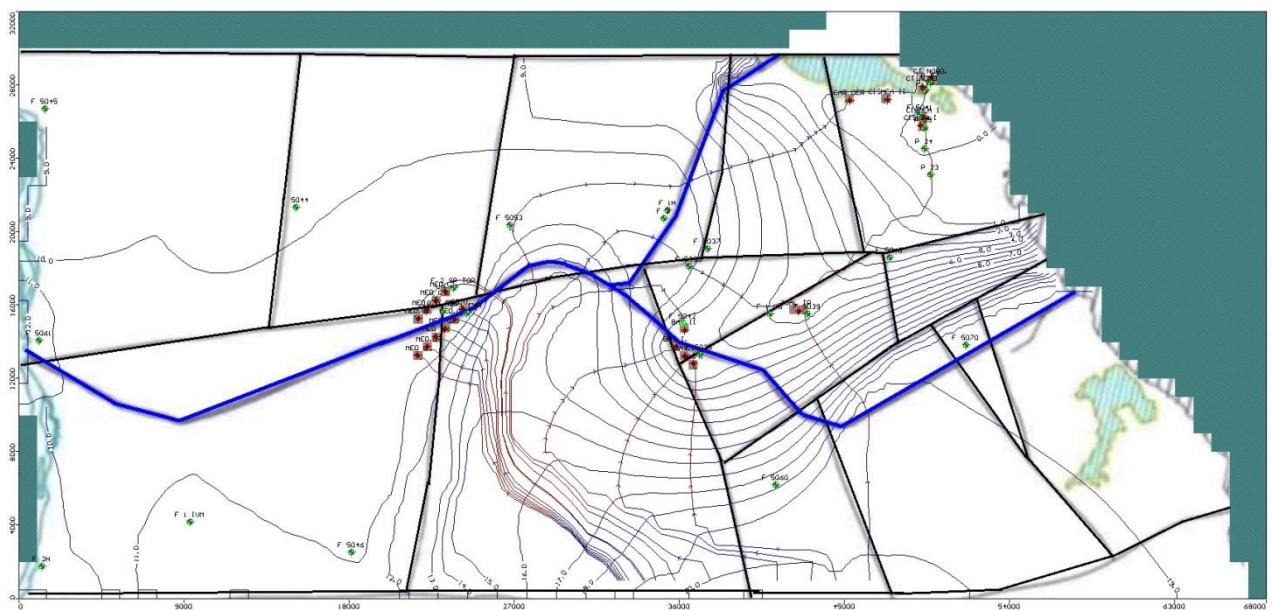


Figura 2.8. – Zone de alimentare a forajelor de captare

În conformitate cu figura 2.8., dacă se adoptă ipoteza unui transport de poluant advection, respectiv deplasarea poluantului se realizează doar în urma antrenării sale de către curgerea apei, modelul arată ca nu există în prezent pericolul contaminării forajelor de captare cu apa provenită din canalul Poarta Albă – Midia, Năvodari.

Pe baza modelului calibrat s-au trasat anumite zone pe frontierele estică, sudică și vestică pentru crearea unui bilanț de debite. Astfel, în tabelul 2.5. se prezintă sintetic valorile debitelor de intrare și de ieșire în zonele cu nivel constant (lac Siutghiol și amonte ecluza Ovidiu), captări și în fiecare zona delimitată conform figurii 2.9.

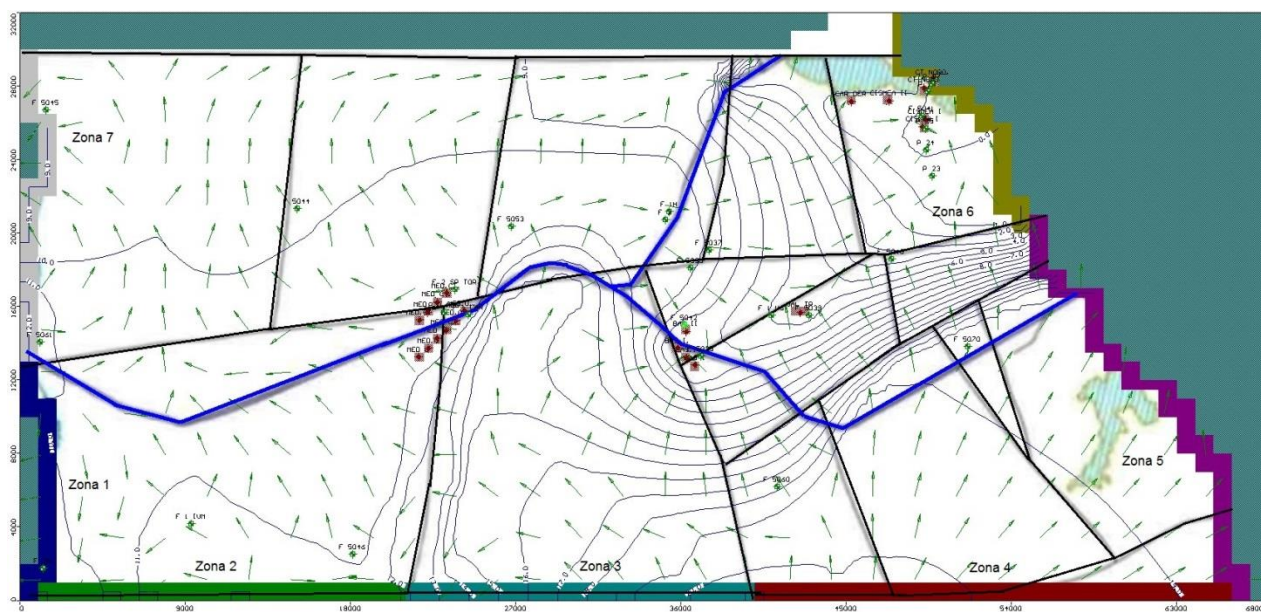


Figura 2.9. – Zonele delimitate pentru determinarea bilanțului de debite

| Nr. Crt. | Fronieră                                                            | Intrare<br>mc/zi | Iesire<br>mc/zi |
|----------|---------------------------------------------------------------------|------------------|-----------------|
| 1        | lac Siutghiol + tronson canal PAMN<br>(ecluza Ovidiu - 3 km amonte) | 91180            | 21014           |
| 2        | Captari                                                             | 0                | 345550          |
| 3        | Zona 1                                                              | 75296            | 10133           |
| 4        | Zona 2                                                              | 39667            | 53862           |
| 5        | Zona 3                                                              | 483650           | 348500          |
| 6        | Zona 4                                                              | 474800           | 0               |
| 7        | Zona 5                                                              | 12840            | 366340          |
| 8        | Zona 6                                                              | 152160           | 939070          |
| 9        | Zona 7                                                              | 287610           | 353520          |

Tabel 2.5. – Bilanț de debite al modelului calibrat

### 3.1. Ipoteze studiate

Acest model calibrat a fost utilizat în continuare pentru simularea a două ipoteze:

- ipoteza 1: creșterea debitelor captate din captările municipiului Constanța de la 2740 l/s (în prezent) la 4000 l/s;
- ipoteza 2: transport de poluant din zona amonte de ecluza Ovidiu.

### 3.1.1. Ipoteza 1 – creșterea debitelor captate

Din cauza faptului că în perioada estivală, consumul de apă este foarte ridicat în zona litorală și debitele exploatate din captările municipiului Constanța pot ajunge la valori foarte ridicate, s-a urmărit comportarea acviferului inferior Jurasic – Cretacic în situația creșterii debitelor exploatate. Astfel, s-a impus ca suma debitelor extrase din captările Caragea Dermen, Cismea I, Cismea II, Constanța Nord să ajungă la 4000 l/s, față de debitele exploatate în prezent, care însumate ajung la aproximativ 2740 l/s.

După aplicarea ipotezei 1 și rularea modelului, a rezultat harta hidrodynamică a acviferului inferior Jurasic – Cretacic, prezentată în figura 2.10.

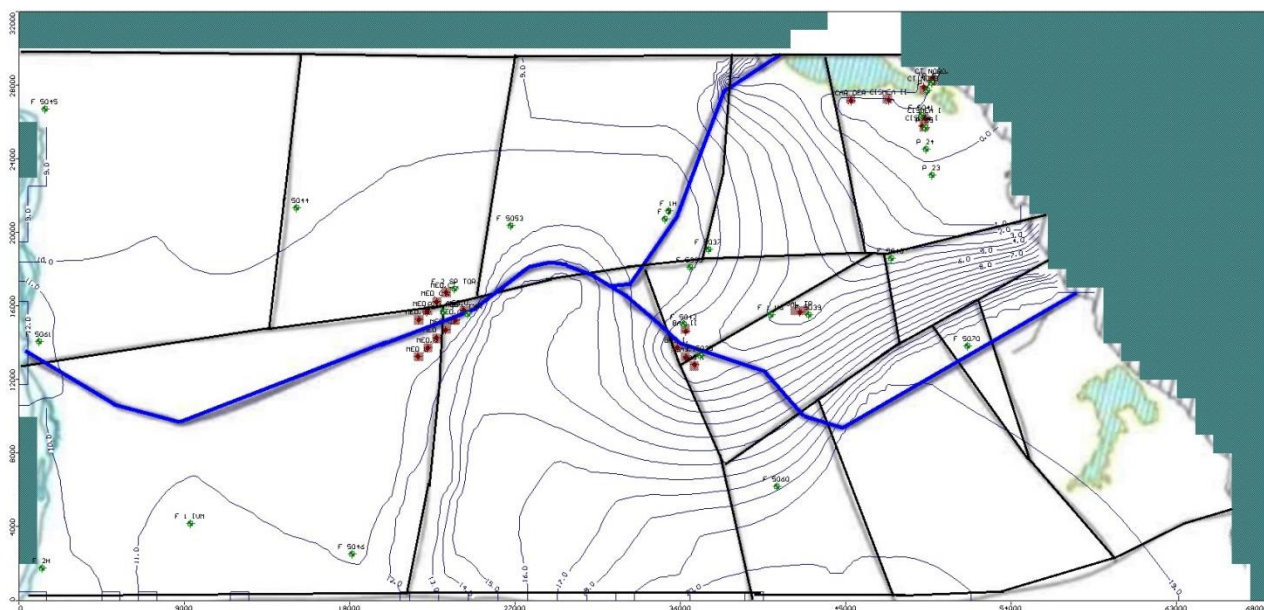


Figura 2.10. – Hartă hidrodynamică a modelului simulat cu ipoteza 1

Direcțiile de curgere rezultate în urma rulării modelului cu ipoteza 1 sunt orientate preponderent Sud-Vest – Nord-Est, conform figurii 2.11. Local, în zona delimitată de faliile Lazu – Cumpăna și Cernavodă – Constanța, conductivitățile hidraulice au valori reduse, iar direcțiile de curgere sunt orientate Sud – Nord. La Nord de falia Cernavodă – Constanța, revin la direcțiile de curgere Sud-Vest – Nord-Est.

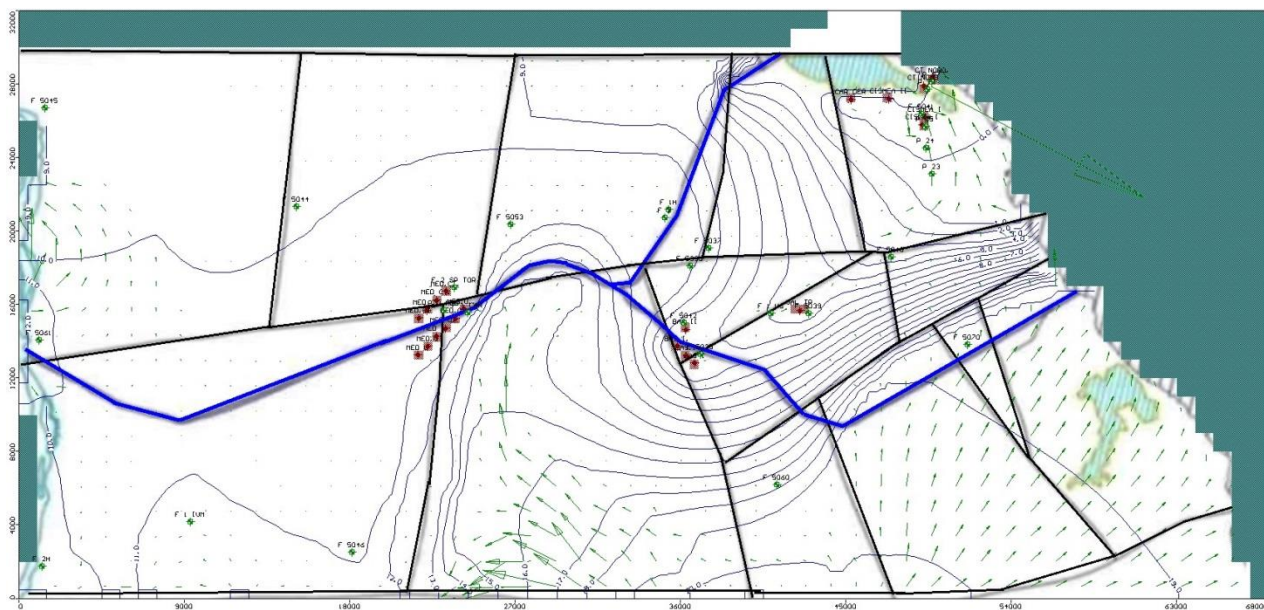


Figura 2.11. – Direcțiile de curgere prin modelul simulat cu ipoteza 1

Ulterior, în celulele corespunzătoare captărilor subterane au fost introduse particule, iar modelul a generat traseele acestora în sens invers curgerii până la oprire. În figura 2.12. se poate constata că majoritatea forajelor de captare sunt alimentate dinspre frontiera de sud a domeniului, cu excepția forajelor din captările Constanța Nord și Cismea II, care sunt alimentate din frontiera nordică și uneori din lacul Siutghiol.

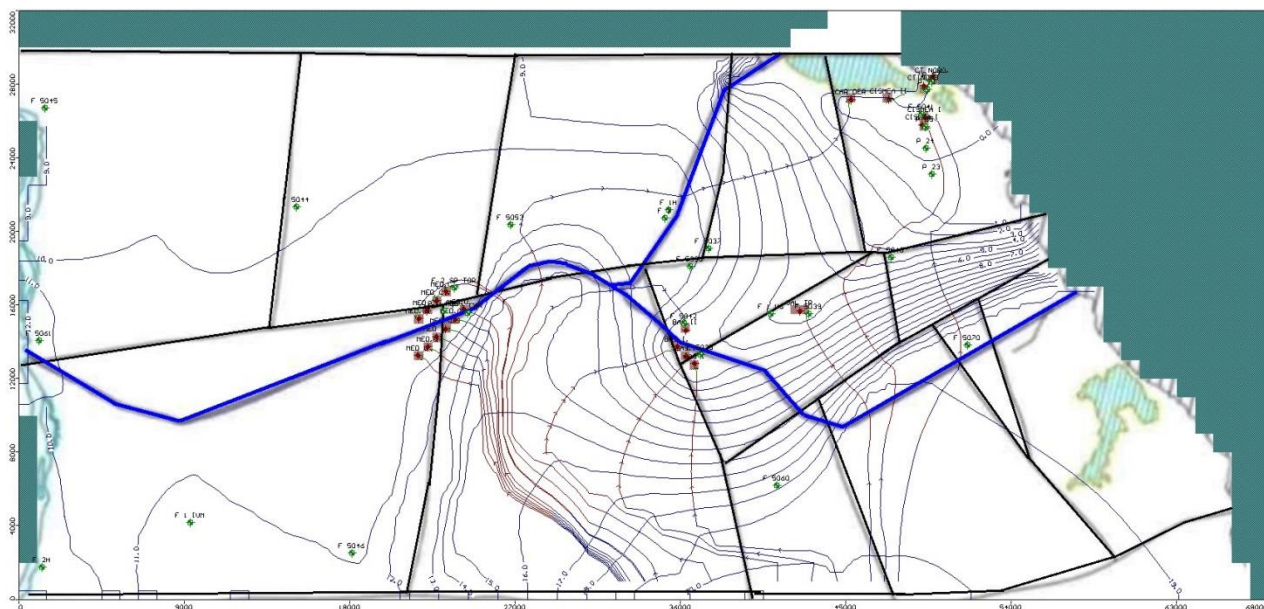


Figura 2.12. – Zone de alimentare a forajelor de captare după simularea ipotezei 1

După creșterea debitelor extrase din captările municipiului Constanța s-a întocmit tabelul 2.6., ce prezintă sintetic valorile debitelor de intrare și de ieșire în zonele cu nivel constant (lac Siutghiol și amonte ecluza Ovidiu), captări și în fiecare zona delimitată conform figurii 2.13.

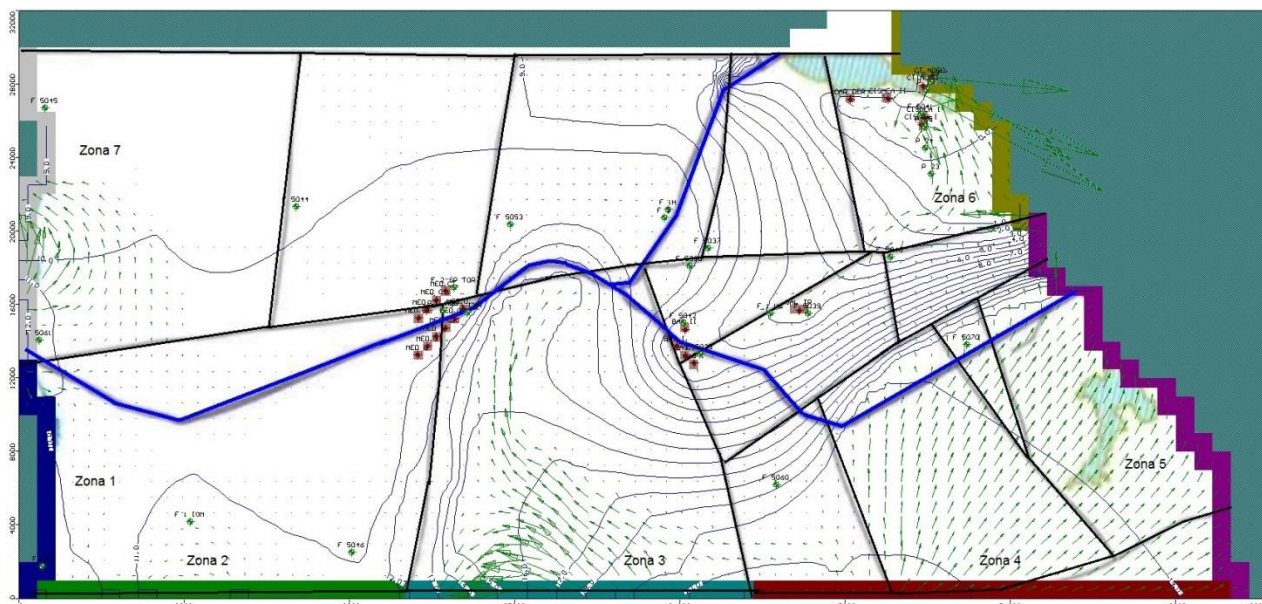


Figura 2.13. – Zonele delimitate pentru determinarea bilanțului de debite după simularea ipotezei 1

| Nr. Crt. | Fronieră                                                            | Intrare<br>mc/zi | Ieșire<br>mc/zi |
|----------|---------------------------------------------------------------------|------------------|-----------------|
| 1        | lac Siutghiol + tronson canal PAMN<br>(ecluza Ovidiu - 3 km amonte) | 961330           | 20911           |
| 2        | Captari                                                             | 0                | 450420          |
| 3        | Zona 1                                                              | 75322            | 10129           |
| 4        | Zona 2                                                              | 39675            | 53843           |
| 5        | Zona 3                                                              | 483710           | 348450          |
| 6        | Zona 4                                                              | 474880           | 0               |
| 7        | Zona 5                                                              | 12852            | 366280          |
| 8        | Zona 6                                                              | 172540           | 904470          |
| 9        | Zona 7                                                              | 287650           | 353450          |

Tabel 2.6. – Bilanț de debite după simularea ipotezei 1

### 3.1.2. Ipoteza 2 – transport de poluant

Modelul numeric realizat a fost utilizat în continuare pentru simularea transportului de poluant, ținând cont și de dispersie. Au fost simulate mai multe scenarii de poluare accidentală, în cadrul cărora un poluant a fost introdus în zona ecluzei Ovidiu, din canalul navigabil Poarta Albă – Midia, Năvodari. Simulările de transport al poluantului s-au efectuat în această zonă deoarece pe tronsonul cuprins între ecluza Ovidiu, respectiv 3 km amonte pe canalul Poarta Albă – Midia, Năvodari, acviferul inferior Jurasic – Cretacic se află în contact direct cu apele din canalul navigabil. Simulările au fost făcute pentru o perioadă de maxim 30 ani, considerând regimul de curgere cvasi-staționar, în timp ce debitele de exploatare din captările subterane au avut atât o variantă cu valorile furnizate de operatorul RAJA Constanța, cât și altă variantă cu valorile calculate pentru un debit total exploatat din sursele Municipiului Constanța (conform ipotezei 1) de 4000 l/s. Poluantul cercetat a avut o concentrație de 100 mg/l, în timp ce dispersivitatea mediului a fost variată.

Rezultatele simularilor transportului de poluant pentru modelul calibrat sunt prezentate la diferiți timpi de expunere în figurile 2.14 - după 10 zile, 2.15 - după 1 an, 2.16 - după 10 ani și 2.17 - după 30 de ani.

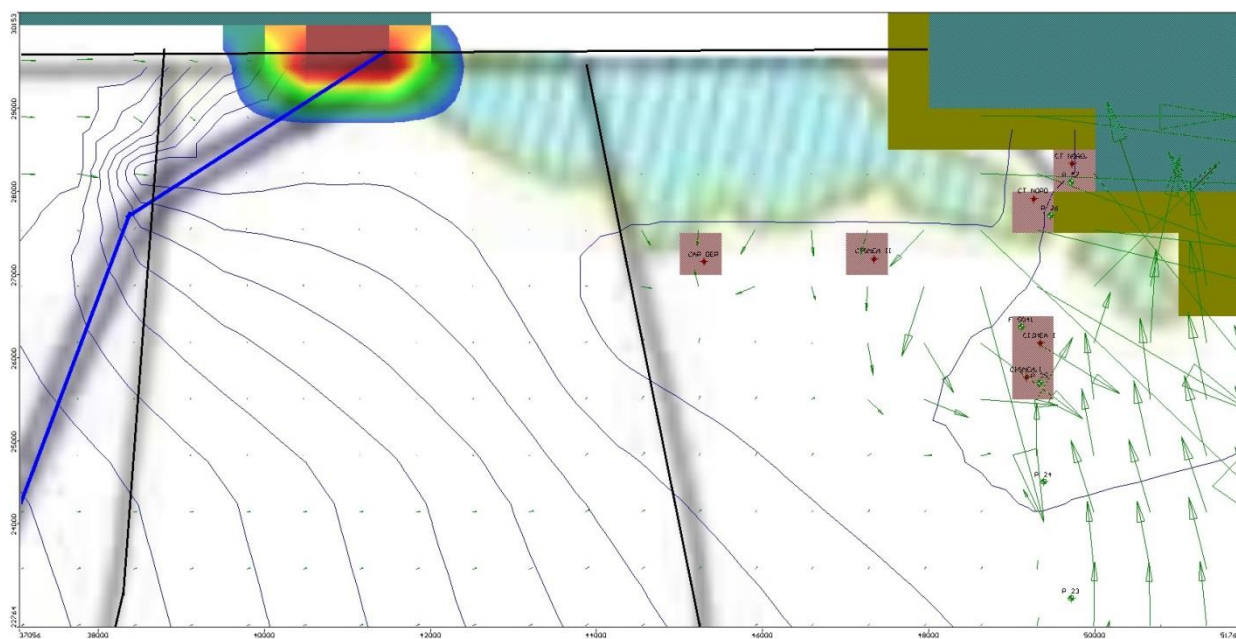


Figura 2.14. – Zona contaminată de poluant dupa un timp de expunere de 10 zile in modelul calibrat

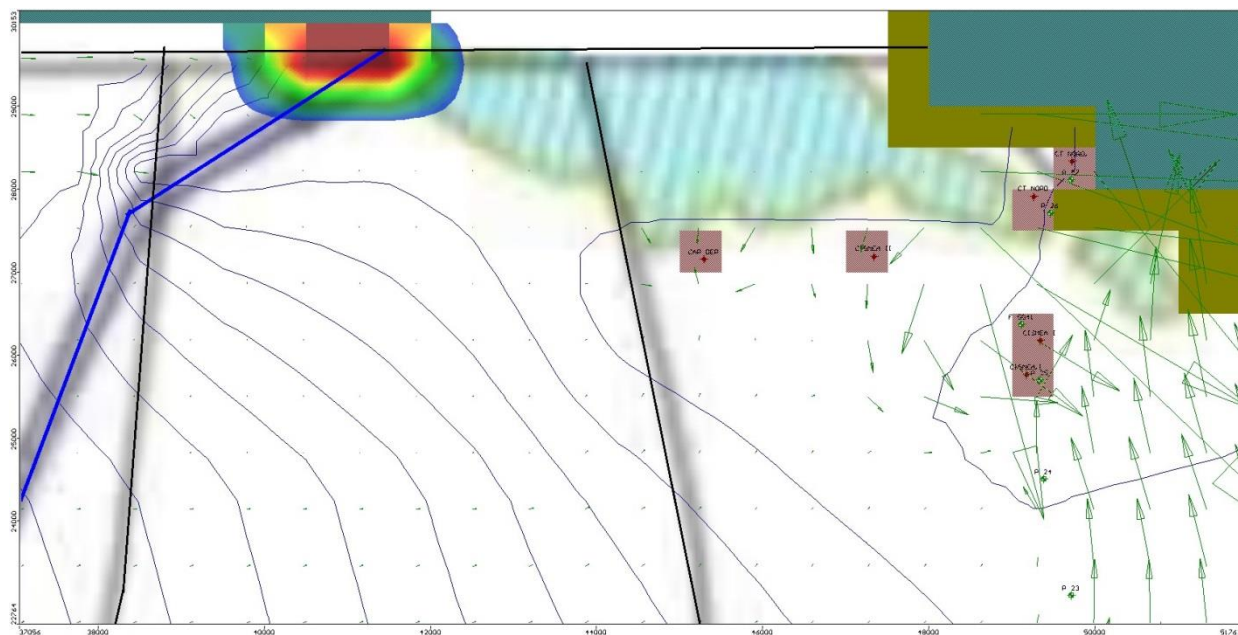


Figura 2.15. – Zona contaminată de poluant dupa un timp de expunere de 1 an in modelul calibrat

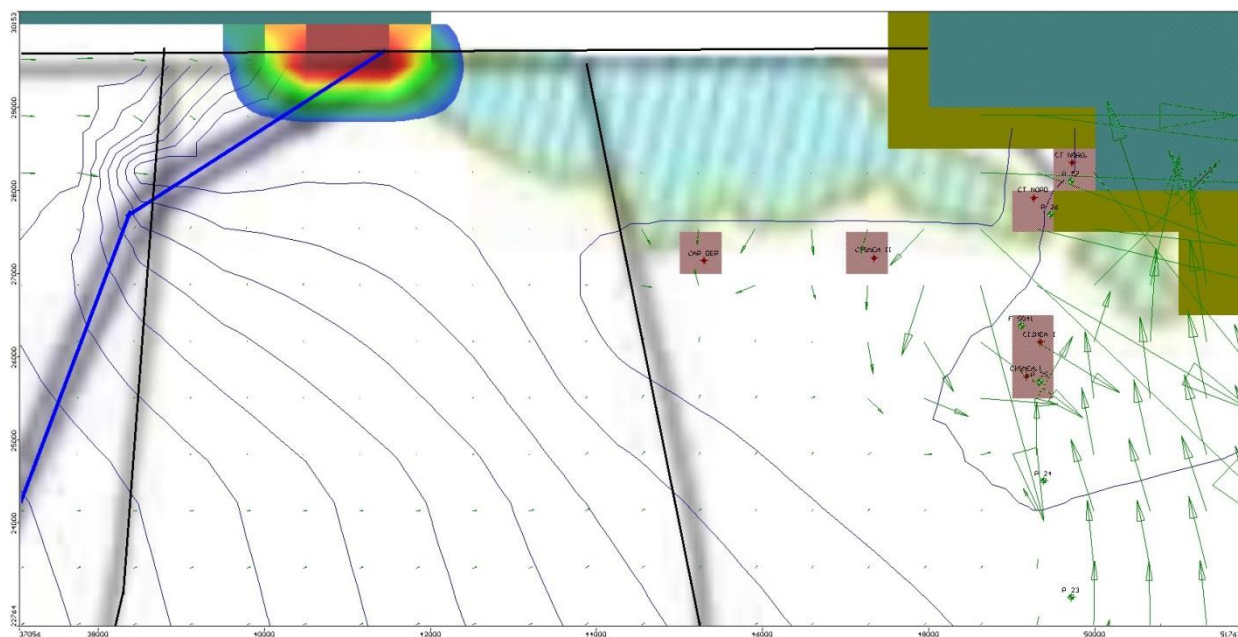


Figura 2.16. – Zona contaminată de poluant dupa un timp de expunere de 10 ani in modelul calibrat

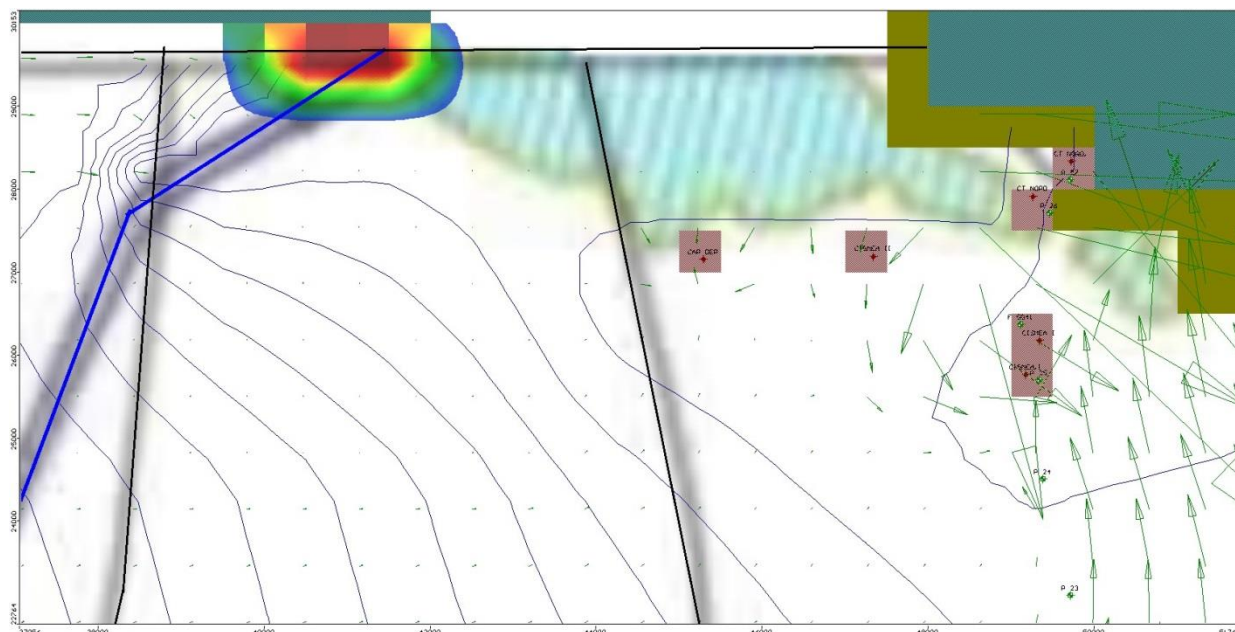


Figura 2.17. – Zona contaminată de poluant după un timp de expunere de 30 ani in modelul calibrat

Simularea de transport de poluant pentru modelul calibrat a arătat că, indiferent de valoarea concentrației (până la limita de 100 mg/l azot) și a dispersivității, după 30 de ani, efectul poluării se manifestă doar pe o zonă restrânsă din jurul sursei de poluare. Poluantul a fost introdus chiar și pe toată lungimea tronsoanelor din canalul Poarta Albă – Midia – Năvodari aflat în contact direct cu acviferul inferior Juristic – Cretacic. Chiar și în aceste condiții și pentru dispersivități ridicate (de 20 m și 30 m), simulările efectuate au arătat că, după 30 de ani, efectul poluării se resimte local, pe o zonă restrânsă. Acest lucru se datorează condițiilor hidrogeologice din zonă (gradienti hidraulici mici spre captări și lacul Siutghiol).

Ulterior s-au repetat aceleași simulări modificând debitele de exploatare conform ipotezei 1 (suma debitelor captate din sursele municipiului Constanța sa fie 4000 l/s).

Astfel, rezultatele simularilor transportului de poluant după aplicarea ipotezei 1 sunt prezentate la diferiți timpi de expunere în figurile 2.18 - după 10 zile, 2.19 - după 1 an, 2.20 - după 10 ani și 2.21 - după 30 de ani.

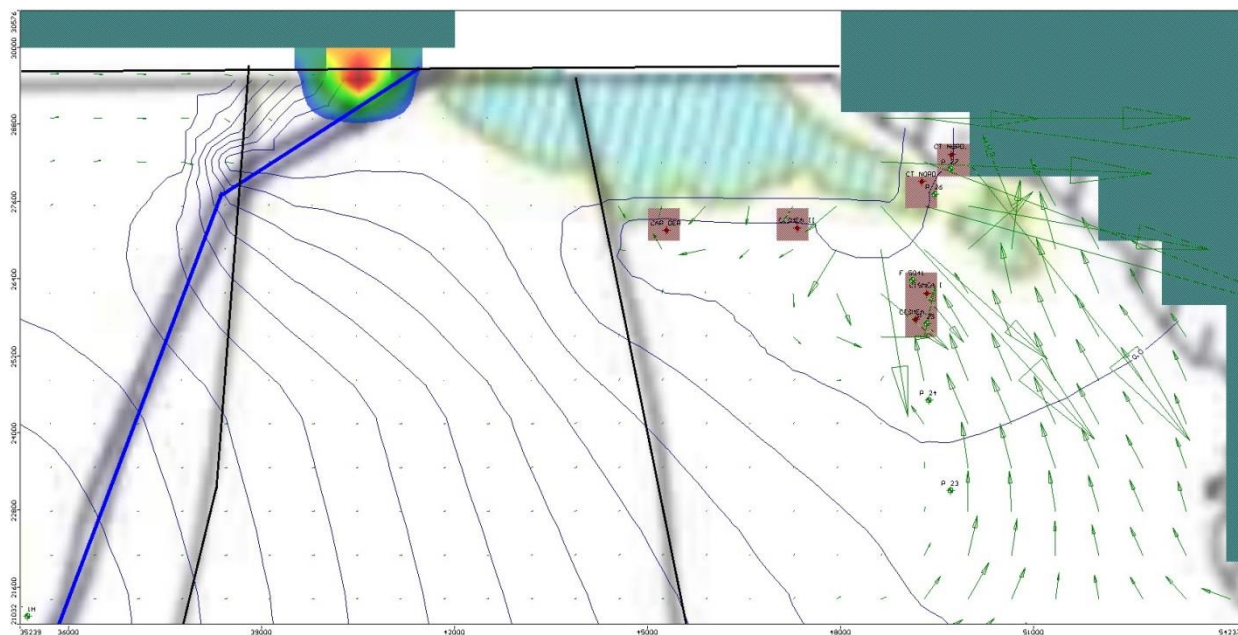


Figura 2.18. – Zona contaminată de poluant după un timp de expunere de 10 zile in model după aplicarea ipotezei 1

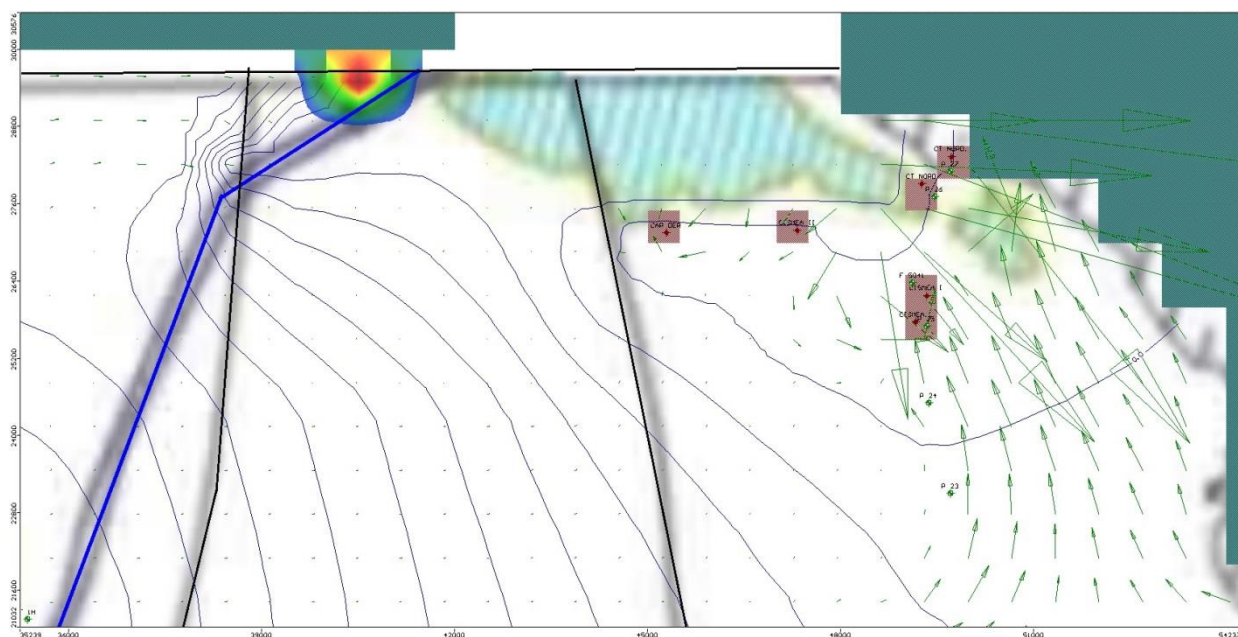


Figura 2.19. – Zona contaminată de poluant după un timp de expunere de 1 an in model după aplicarea ipotezei 1

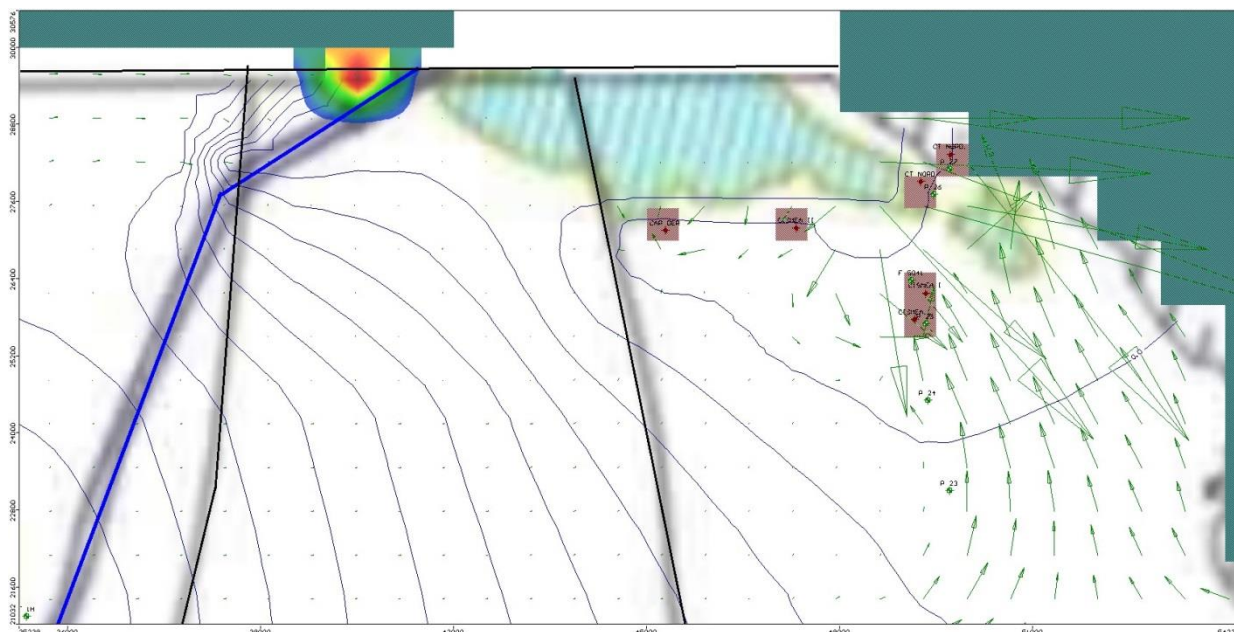


Figura 2.20. – Zona contaminată de poluant dupa un timp de expunere de 10 ani in model după aplicarea ipotezei 1

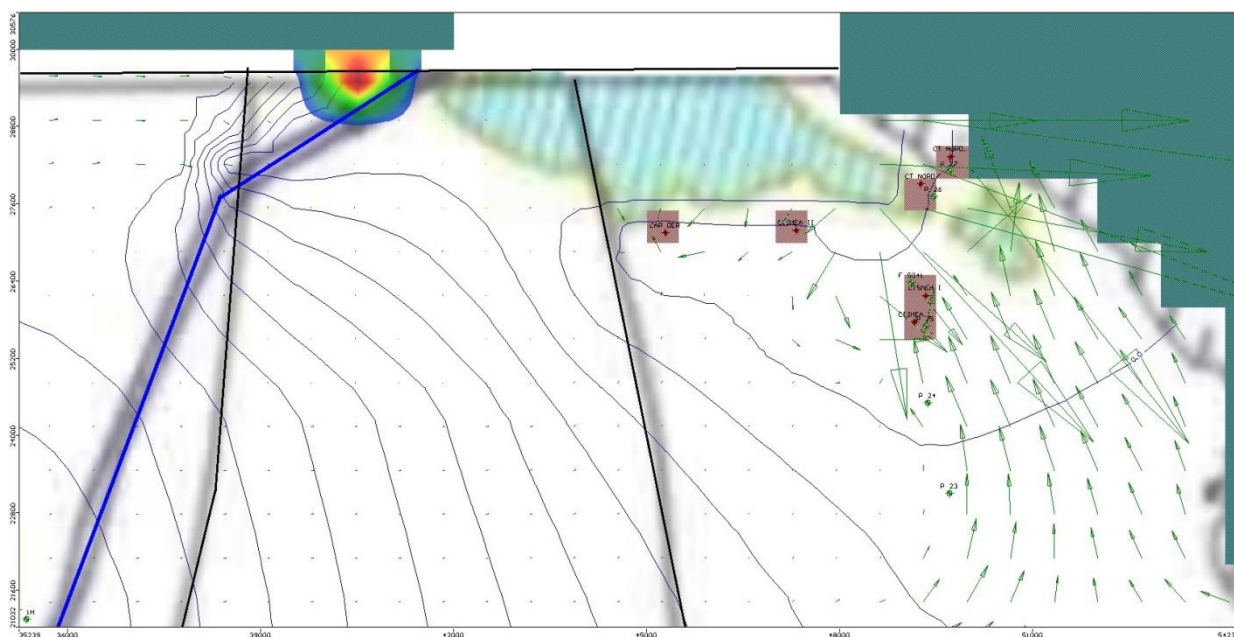


Figura 2.21. – Zona contaminată de poluant dupa un timp de expunere de 30 ani in model după aplicarea ipotezei 1

Modelul de transport după mărirea debitelor de exploatare conform ipotezei 1, a arătat că, indiferent de valoarea concentrației (până la limita de 100 mg/l azot) și a dispersivității, după 30 de ani, efectul poluării se manifestă doar pe o zonă restrânsă din jurul sursei de poluare. Poluantul a fost introdus chiar și pe toată lungimea tronsului din canalul Poarta Albă – Midia – Năvodari aflat în contact direct cu acviferul inferior Jurasic – Cretacic. Chiar și în aceste condiții și pentru dispersivități ridicate (de 20 m și 30 m), simulările efectuate au arătat că, după 30 de ani, efectul poluării se resimte local, pe o

zonă restransă. Acest lucru se datorează condițiilor hidrogeologice din zonă (gradienti hidraulici mici spre captări și lacul Siutghiol).

Simulările efectuate arată faptul că o poluare accidentală în canalul Poarta Albă – Midia, Năvodari nu se extinde în acviferul inferior Juristic – Cretacic, ci se resimte local, în zonă de contact direct cu acviferul. De asemenea, calitatea apei exploatate prin fronturile de captare ale municipiului Constanța nu este alterată nici în condițiile unui debit total extras din fronturile de captare majorat cu aproximativ 45% față de regimul curent de exploatare.

#### 4. Concluzii

Scopul cercetărilor efectuate în această lucrare este să evalueze impactul unor lucrări hidrotehnice de tip canal navigabil (în speță canalele navigabile Dunăre – Marea Neagră și Poarta Albă – Midia, Năvodari) asupra unui sistem acvifer carstic și implicit a captărilor de apă subterană situate în vecinătatea canalelor, aflate în exploatare pentru alimentarea cu apă a orașelor.

Zona cercetată este situată în nordul Dobrogei de Sud, limitată în vest de Dunăre și în est de Marea Neagră, iar din punct de vedere structural este cuprinsă între faliile Capidava – Ovidiu (în nord) și Rasova – Costinești (în sud).

Canalele navigabile amenajate, transportă apă din Dunăre (Cernavodă) și asigură legătura cu Marea Neagră prin ecluze în sectoarele Agigea, respectiv Năvodari. În anumite sectoare, canalele navigabile au fost săpate în roca magazin a unor complexe acvifere, fără a fi prevăzute măsuri de etanșare, iar acest lucru poate provoca un impact deopotrivă cantitativ și calitativ asupra apelor subterane.

La scara Dobrogei de Sud (județul Constanța) sunt prezentate două sisteme acvifere carstice cu extindere regională, cantonate în roci calcaroase:

- sistemul acvifer inferior, cantonat în roci calcaroase de vârstă Juristic – Cretacic, cu extindere pe tot teritoriul Dobrogei de Sud;
- sistemul acvifer superior, cantonat în roci calcaroase de vârstă Sarmațian, cu extindere în zona mediană și sudică a Dobrogei de Sud.

În zona cercetată (nordul Dobrogei de Sud) este întâlnit sistemul acvifer inferior, cantonat în roci calcaroase de vârstă Juristic – Cretacic, aflat sub presiune. Prin urmare, acesta nu prezintă vulnerabilitate la poluare la scară regională și este intens utilizat ca resursă de apă subterană pentru alimentările cu apă potabilă ale marilor orașe din județul Constanța.

Sistemul acvifer superior, cantonat în roci calcaroase de vârstă Sarmațian, este întâlnit relativ redus în sudul zonei cercetate, dar este bine dezvoltat în zona mediană și sudică a Dobrogei de Sud. Acesta este vulnerabil la poluare (fiind cu nivel liber și având rol de acvifer freatic), iar în prezent a fost depistată tendința de poluare majoră cu substanțe chimice utilizate ca fertilizanți în agricultură. Prin urmare, sistemul acvifer inferior, cantonat în roci calcaroase de vârstă Juristic – Cretacic, este de importanță vitală pentru alimentările cu apă potabilă din zonă. În scopul protejării acviferului inferior se impun cercetări care să evalueze riscurile pentru eventuale fenomene de poluare.

După execuția și intrarea în exploatare a canalelor navigabile, s-au constatat modificări locale a regimului de curgere în acviferul inferior, ce au fost prezentate în raportul de cercetare nr. 1. Din anul 1987 și până în prezent, regimul de curgere este staționar – conservativ, fenomen care a fost luat în considerare pentru elaborarea modelului conceptual și construirea modelului numeric din prezentul raport de cercetare.

După realizarea modelului numeric și calibrarea lui, s-au obținut harta hidrodinamică calculată a acviferului inferior Jurasic – Cretacic, direcțiile de curgere și zonele de alimentare a forajelor din captări. De asemenea, modelul a generat un bilanț de debite în zonele cu potențial constant impus (lacul Siutghiol și tronsonul dintre ecluza Ovidiu și 3 km amonte), în captările subterane și pe fiecare zona marcată în figura 5.

Zonele de alimentare a forajelor de captare provin în general din frontiera sudică. Se remarcă, însă, pentru forajele de captare din sursele Cosntanța Nord, Cismea II și parțial Cismea I, zonele de alimentare provin și din frontiera nordică și sudică, iar uneori, la depășiri de debite de exploatare și din lacul Siutghiol.

În canalul navigabil Poarta Albă – Midia, Năvodari, pe sectorul cuprins între ecluza Ovidiu și amonte 3 km, acviferul inferior Jurasic – Cretacic este interceptat de canal. Acest lucru permite o comunicare directă între apele de suprafață, reprezentate de canalul navigabil, apele meteorice și acviferul inferior.

Calitatea apei din sistemul acvifer inferior și din forajele de captare este influențată sensibil de apele din canalele navigabile. Singura excepție fiind captarea Medgidia Nord, în care calitatea apei din foraje nu este influențată de apele din canalul navigabil. Acest lucru se datorează modului de construcție a forajelor, care au adancimi cuprinse între 350 – 400 m, iar coloanele definitive izolează perfect prin cimentare (pe aproximativ 150 m) comunicarea cu acviferele freatice.

Modelul numeric realizat s-a utilizat în continuare pentru simularea transportului de poluant, ținând cont și de dispersie. Au fost simulate mai multe scenarii de poluare accidentală. În esență, un poluant a fost introdus în zona ecluzei Ovidiu, în canalul navigabil Poarta Albă – Midia, Năvodari, pe tronsonul aflat în contact direct cu acviferul inferior Jurasic – Cretacic.

Simulările transportului de poluant au fost făcute pentru o perioadă de maxim 30 ani, considerând regimul de curgere cvasi-staționar, în timp ce debitele de exploatare din captările subterane au avut atât o variantă cu valorile furnizate de operatorul RAJA Constanța, cât și altă variantă cu valorile calculate pentru un debit total exploatat din sursele Municipiului Constanța (conform ipotezei 1) de 4000 l/s. Poluantul cercetat (azot) a avut o concentrație de 100 mg/l, în timp ce dispersivitatea mediului a fost variată.

Simularea de transport de poluant pentru modelul calibrat a arătat că, indiferent de valoarea concentrației (până la limitele de 100 mg/l azot) și a dispersivității, după 30 de ani, efectul poluării se manifestă local, doar pe o zonă restrânsă din jurul sursei de poluare. Acest lucru se datorează condițiilor hidrogeologice locale (gradienti hidraulici mici spre captări și lacul Siutghiol).

Ulterior s-au repetat aceleași simulări modificând debitele de exploatare conform ipotezei 1 (suma debitelor captate din sursele municipiului Constanța sa fie 4000 l/s).

Și în aceste condiții, efectul poluării după 30 de ani se manifestă tot local, doar pe o zonă restrânsă din jurul sursei de poluare apasate teoretic.

Analizând toate aceste informații și simulări se constată că există interferențe între apele din canalul navigabil Poarta Albă – Midia, Năvodari, amonte de ecluza Ovidiu și apa subterană din zona captărilor subterane ale municipiului Constanța. Mai mult, se observă interferențe inclusiv la apa subterană care alimentează prin fund lacul Siutghiol. Totuși, se remarcă o influență redusă din punct de vedere cantitativ și calitativ.

Apa din canalul navigabil care alimentează acviferul inferior în sectorul amonte de ecluza Ovidiu, este drenată în proporție majoră spre componenta estică, adică spre Marea Neagră.

## BIBLIOGRAFIE

Albu, M. – Mecanica apelor subterane, Editura Tehnică București, 1981, p. 64 – 76.

Arhivă tehnică Raja Constanța, Analize fizico – chimice surse de apă Caragea Dermen, Basarabi I, Basarabi II, Galeșu, Medgidia Sud, Medgidia Nord, 2000 - 2018.

Arhivă tehnică Administrația Națională Apele Române, Analize fizico – chimice din canalele navigabile Dunăre – Marea Neagră, Poarta Albă – Midia, Năvodari și din forajele de observație situate de-a lungul acestora, 2010 - 2017.

Avădanei, C. - Regulament de exploatare și întreținere canal Dunăre – Marea Neagră, reactualizare 2012, Divizia Lucrări Hidrotehnice și Portuare Fluviale, Contract 8269/3646/II/22, Proiectant Iptana S.A., client: C.N. Administrația Canalelor Navigabile S.A. Constanța, 93 p.

Avădanei, C. - Regulament de exploatare și întreținere canal Poarta Albă – Midia, Năvodari, reactualizare 2012, Divizia Lucrări Hidrotehnice și Portuare Fluviale, Contract 8269/3646/II/23, Proiectant Iptana S.A., client: C.N. Administrația Canalelor Navigabile S.A. Constanța, 70 p.

Dassargues, A. – Modèles mathématiques en hydrogéologie et paramétrisation, 1995, Editura Didactică și Pedagogică București, 131 p.

Dinu, I. – Model local al acviferului freatic din zona captării Curtișoara, Referatul nr. 2 din Programul de pregătire pentru doctorat în domeniul hidrogeologie, București, 2001, pag. 25 – 31;

Fetter, C.W. – Applied Hydrogeology, Third Edition, University of Wisconsin – Oshkosh, Prentice Hall, Upper Saddle River, New Jersey 07458, 1994, ISBN 0-02-336490-4, pag. 146 -163.

Moldoveanu, V. – Studiul condițiilor hidrogeologice ale Dobrogei de Sud pentru reevaluarea resurselor exploatare, Teză de doctorat, Universitatea București, 1998, p. 108 – 111.

Racovițeanu, G. – Studii privind calitatea apei potabile din localitățile județului Constanța - Proiectul regional de dezvoltare a infrastructurii de apă și apă uzată, Romair – Louis Berger, 2015.

Tanislav, M.; Dinu I.; Maftiu, M. – Landslides in the Danube – Black Sea canal area, University of Bucharest, Tectonics and Environmental Geology Centre, Geo-Eco-Marina 15/2009 Sedimentary Processes and Deposits within River-Sea Systems.

Vulpașu, E.; Racovițeanu, G. – Evaluation of the Groundwater Quality in Constanta Country, Seaside Area, 3rd EENVIRO and 6th YRC Conference, Energy Procedia 00(2015) 000-000, la adresa [[www.sciencedirect.com](http://www.sciencedirect.com)].

Zamfirescu, F. – Elemente de bază în dinamica apelor subterane, Editura Didactică și Pedagogică București, 1997, București, pag. 16 – 26.

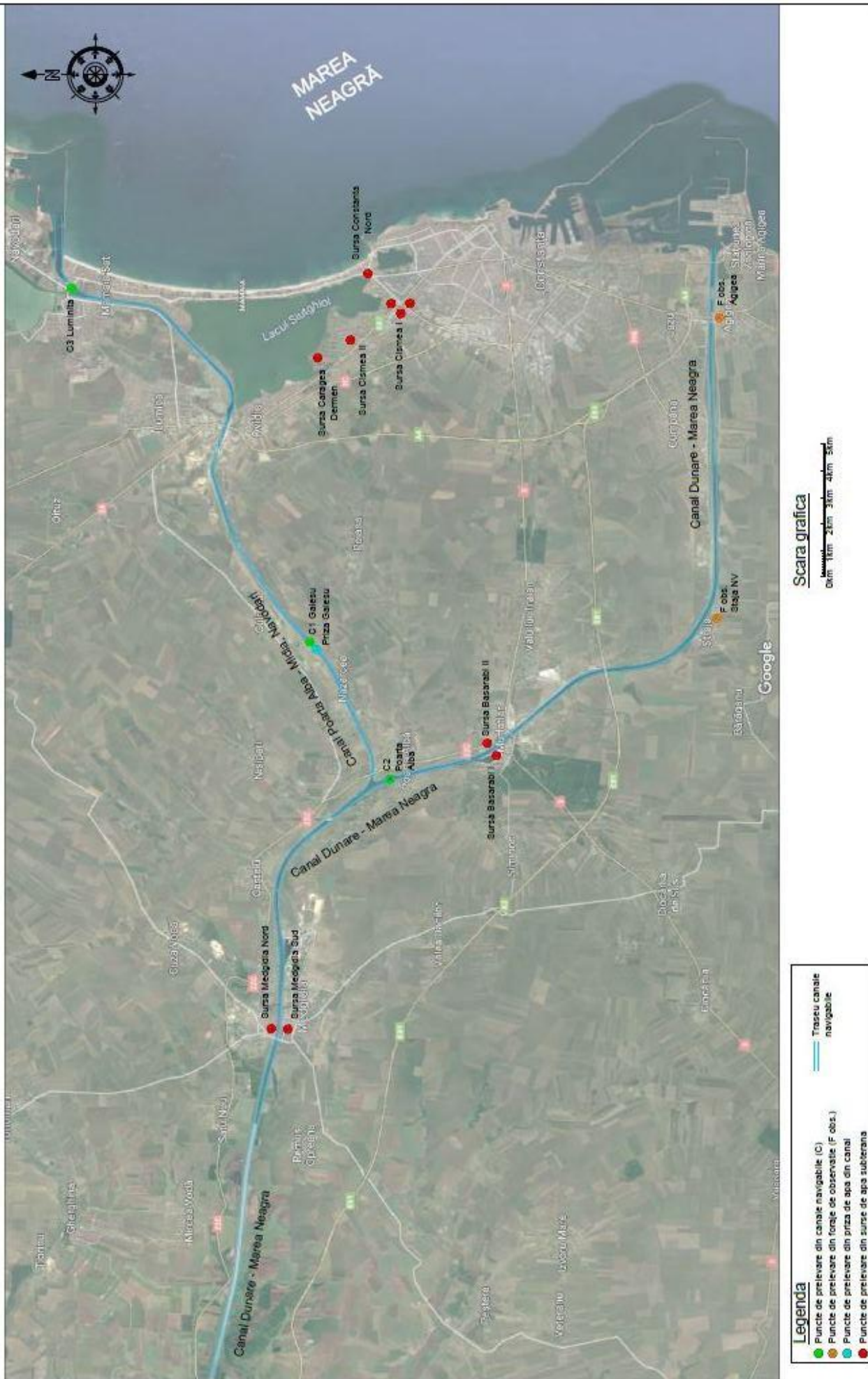
Zamfirescu, F.; Moldoveanu, V.; Dinu, C.; Pitu, N.; Albu, M.; Danchiv, A.; Nash, H. – Vulnerability to pollution of karst aquifer system in southern Dobrogea, - Impact of industrial activities on groundwater – Proceedings of the International Hydrogeological Symposium – 23rd – 28th May 1994, Constantza, Romania.

\*<https://www.aquaveo.com/software/gms-groundwater-modeling-system-introduction>

\*<https://www.aquaveo.com/software/gms-modflow>

\*<https://www.aquaveo.com/software/gms-mt3dms>

## PLAN DE SITUATIE





Falie

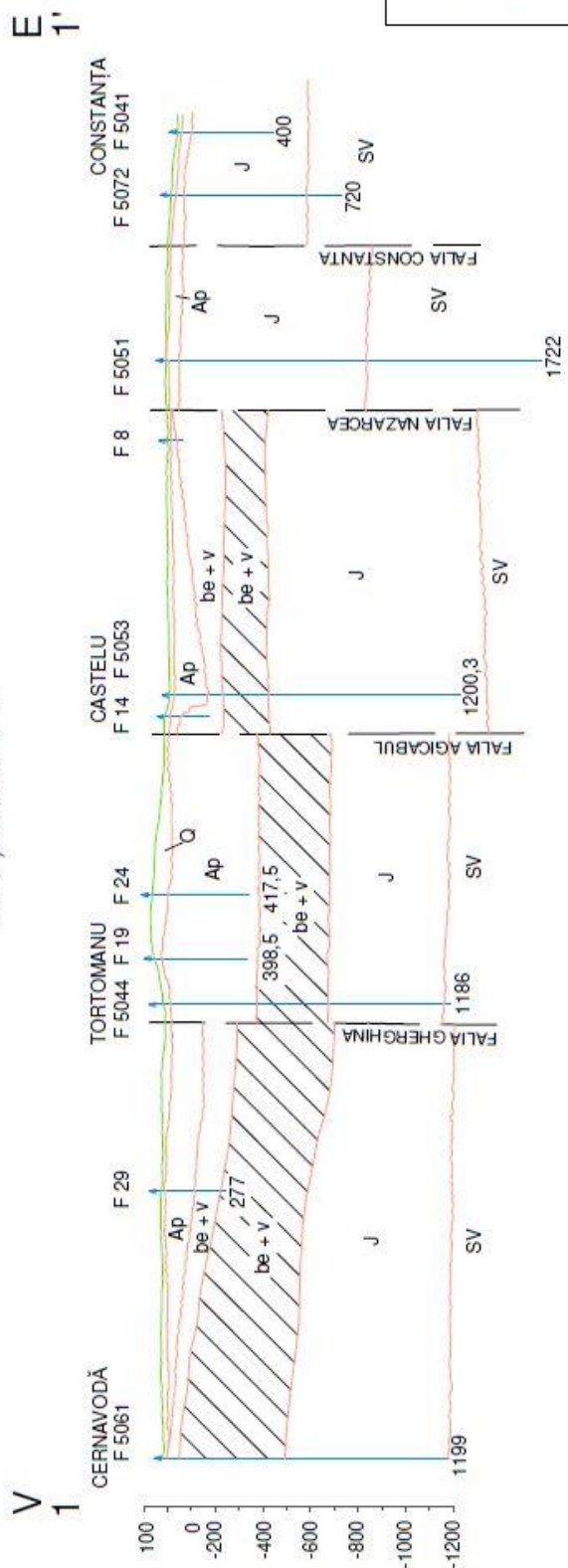
Izobată la acoperişul Cretacic

Bloc tectonic fără Jurassic - Cretacic

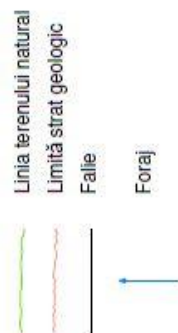
Secţiune geologică

## SECȚIUNI GEOLOGICE

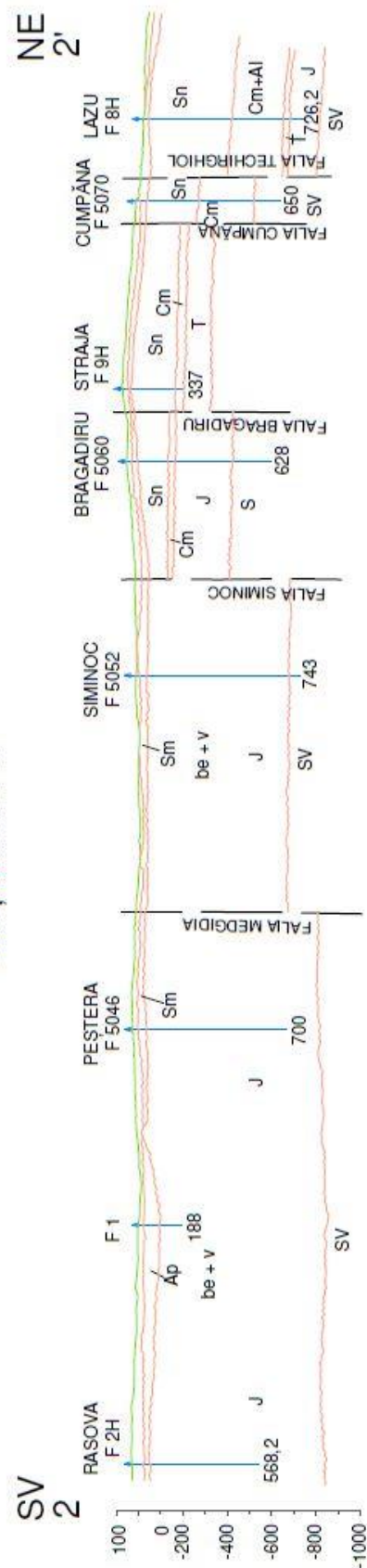
Secțiunea 1-1'



### LEGENDĂ

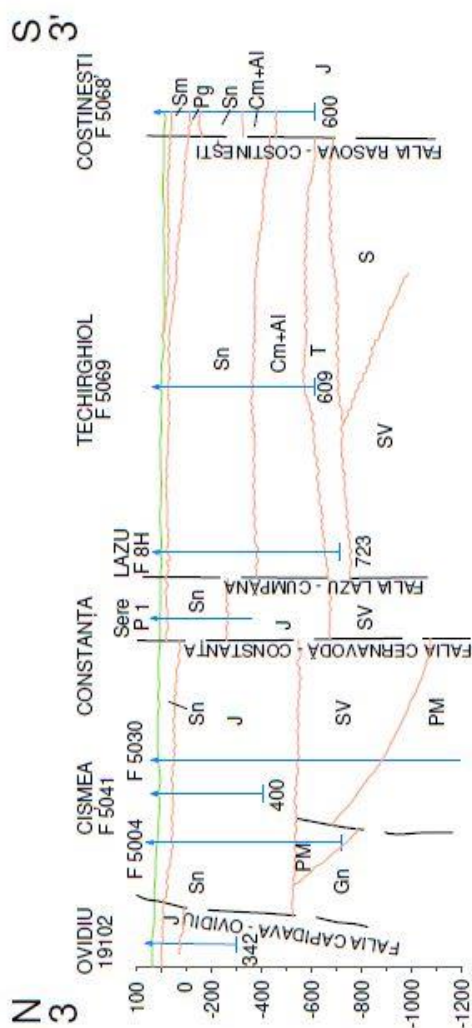


Secțiunea 2-2'

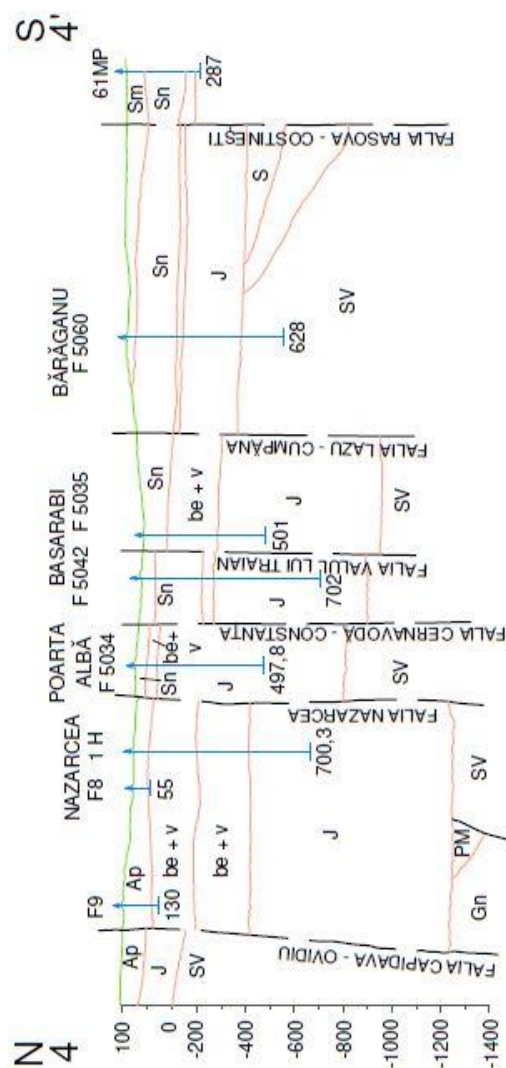


## SECȚIUNI GEOLOGICE

Secțiunea 3-3'

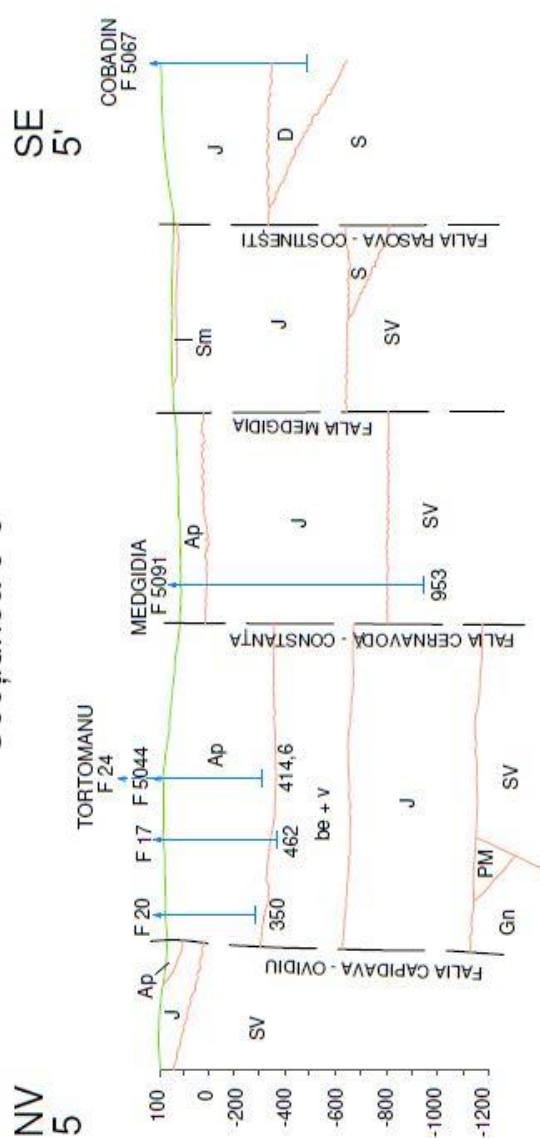


Secțiunea 4-4'

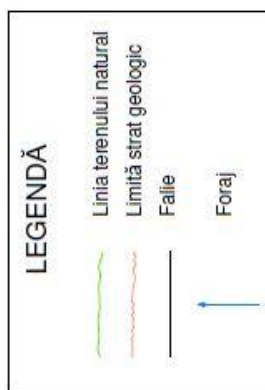
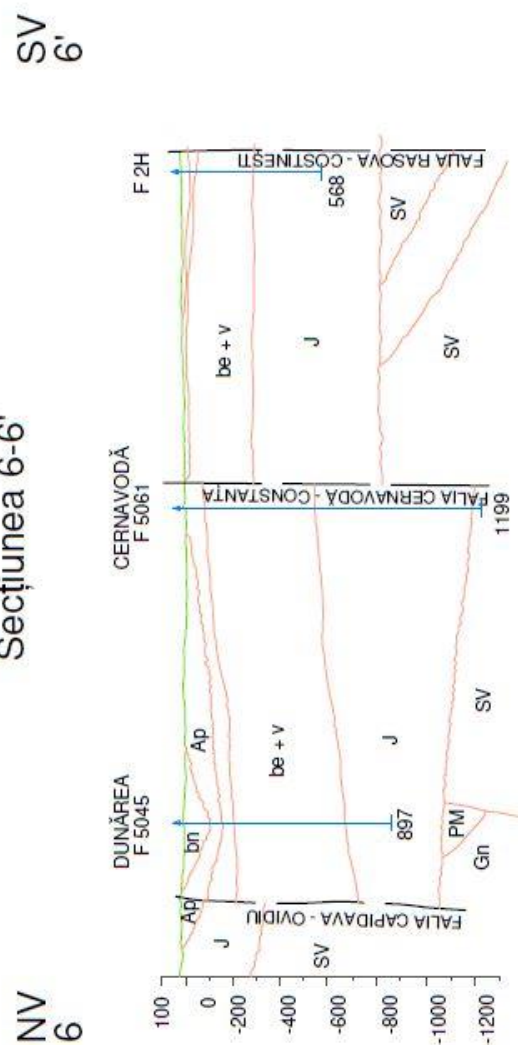


## SECȚIUNI GEOLOGICE

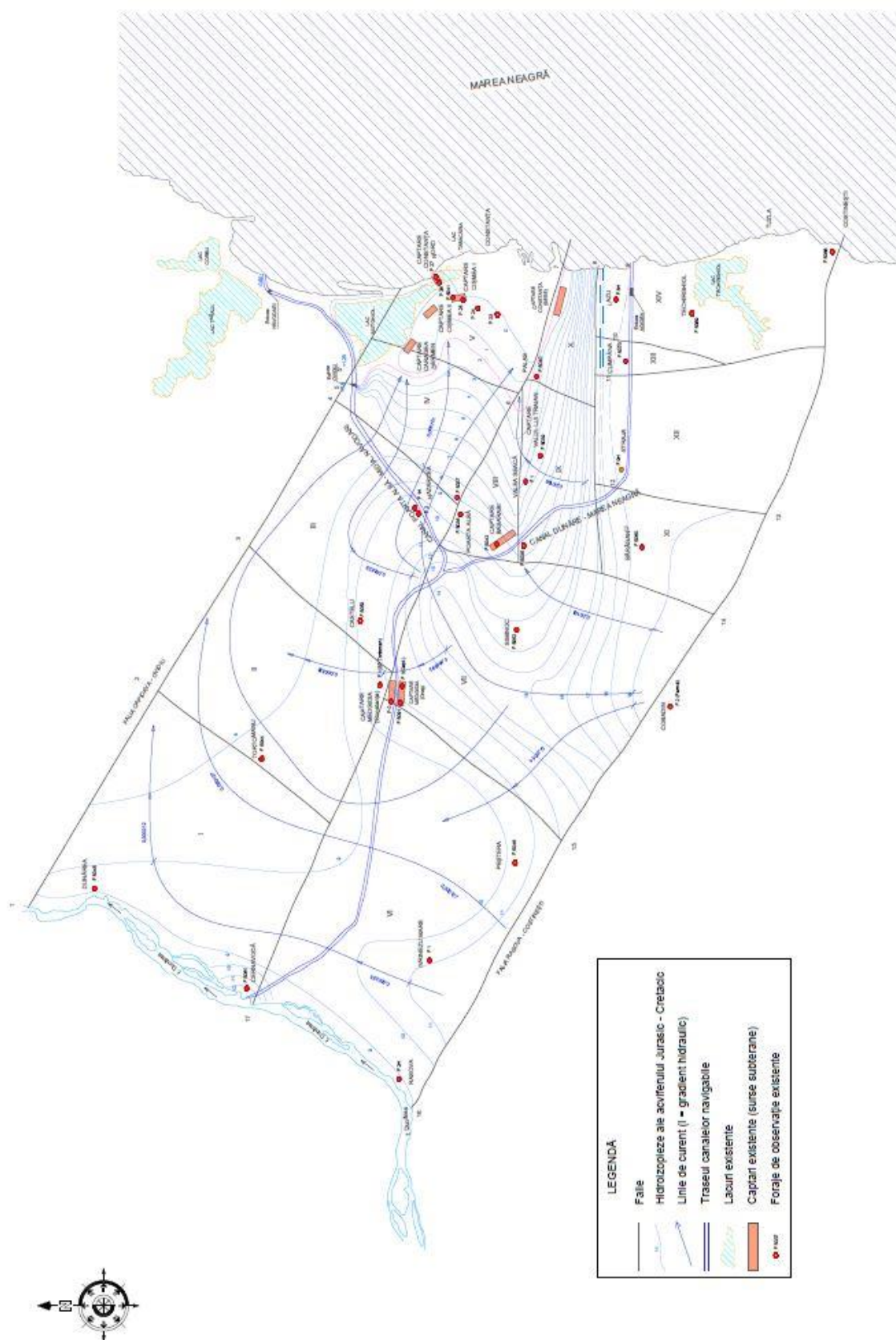
Secțiunea 5-5'



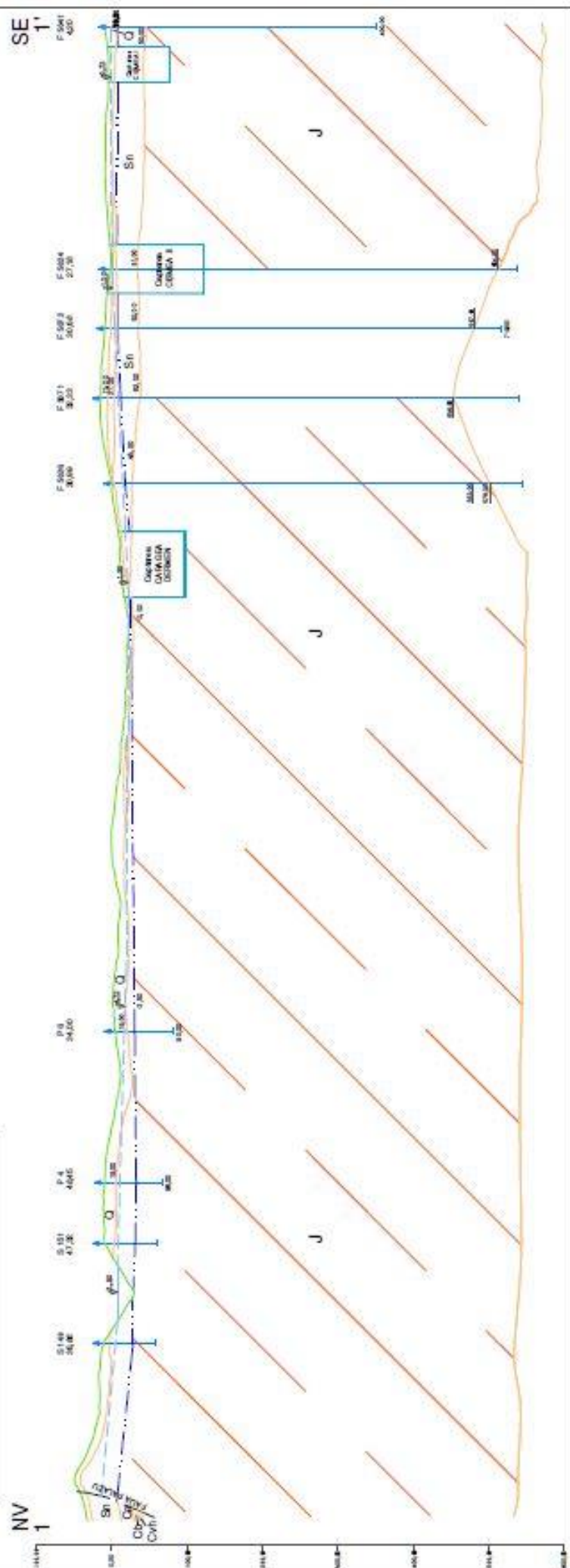
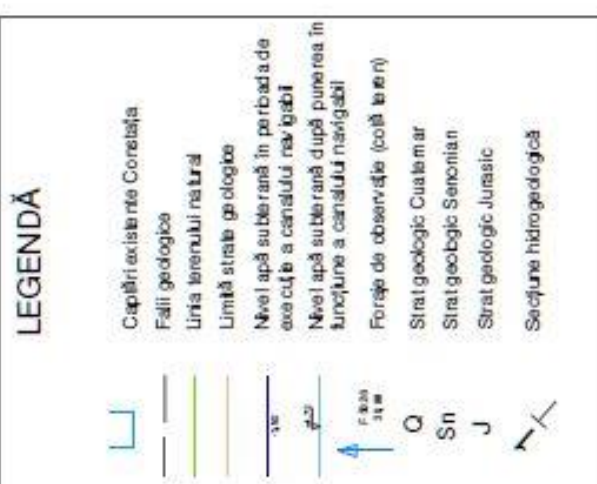
Secțiunea 6-6'



HARTĂ HIDRODINAMICĂ A ACVIFERULUI INFERIOR  
JURASIC - CRETACIC  
Scara 1:200.000



## SECȚIUNE HIDROGEOLOGICĂ



HARTĂ CU DISTRIBUȚIA STRATELOR ACVIFERE ÎN ZONA  
CERCETATĂ  
Scara 1:200.000

