

ROMÂNIA
MINISTERUL EDUCAȚIEI, CERCETĂRII, TINERETULUI ȘI SPORTULUI
UNIVERSITATEA DUNĂREA DE JOS DIN GALAȚI

Strada Domnească nr. 47, cod poștal 800008
Galați, România
E-mail: rectorat@ugal.ro



Tel: (+4) 0336-130.109; 0336-130.108; 336-130.104
Fax: (+4) 0236 - 461.353
www.ugal.ro

TEZĂ DE DOCTORAT
REZUMAT

Modelarea matematică a indicatorilor de calitate a corpurilor de apă de suprafață și a apelor uzate

Conducător științific:

Prof.Univ. Dr. Ing.Chim. Constantin STANCIU

Conducător științific în cotutelă:

Prof. Univ. Dr. Habilitat Mat.Fiz. Vasile MARINA

Doctorand:

Mat. Valerian N. ANTOHE

MULȚUMIRI

Lucrarea a fost realizată în cadrul Școlii Doctorale a Universității „Dunărea de Jos” din Galați.

Doresc să aduc profunde mulțumiri conducătorului științific, domnului **Prof. univ. dr. ing. Constantin Stanciu**, conducătorului științific în cotutelă, domnului **Prof. univ. dr. hab. mat-fiz. Vasile Marina**, pentru sprijinul acordat de-a lungul pregătirii mele, pentru modul în care mi-au călăuzit, ghidat și încurajat întreaga activitate de cercetare științifică.

Mulțumesc în același timp doamnei **Prof. Univ. dr. ing. Maria Gavrilescu**, domnului **Prof. univ. dr. hab. George Bălan**, domnului **Prof. Univ. dr. Matei Macoveanu** și domnului **Prof. univ. dr. ing. Valeriu Jinescu**, pentru experiență, disponibilitate și învățături, experiența dumealor în domeniu fiindu-mi de un real ajutor.

Aduc mulțumiri domnului **Prof. Univ. dr. George Păun**, membru corespondent al Academiei Române și domnului **Prof. univ. dr. Victor Mitrana** pentru modul în care m-au încurajat și au apreciat pas cu pas dezvoltarea demersului meu în realizarea temei de cercetare.

Adresez mulțumiri colectivului Catedrei de Ingineria Sistemelor Biotehnice și Ecologice din cadrul Facultății de Inginerie din Brăila a Universității „Dunărea de Jos” din Galați, pentru aprecierile și sfaturile de care am beneficiat în perioada pregătirii și elaborării lucrării, găsind întotdeauna sprijin și îndrumare.

Doresc să mulțumesc și familiei, colegilor, tuturor celor care prin sprijinul lor, încurajările, sfaturile sau părerile lor au contribuit la elaborarea acestei lucrări

Mat. Valerian Antohe

CUPRINS

INTRODUCERE	5	1
ABSTRACT	6	6
<u>CAPITOLUL 1 – STUDIU DOCUMENTAR</u>	7	8
1.1 Încadrarea ariei de studiu	8	9
1.1.1 Poziționare geografică	8	9
1.1.2 Încadrarea arealului studiat din punct de vedere geomorfologic	8	14
1.2 Stadiul actual al cercetărilor privind prelucrarea matematică a bazelor de date obținute din monitorizări ecologice	8	17
1.2.1 Cercetări privind monitoringul	8	18
1.2.2 Modele matematice elaborate în domeniul protecției calității corpurilor de apă	8	21
1.2.3 Studii de management privind corpurile de apă	9	25
1.3 Concluzii și obiectivele cercetării	9	28
<u>CAPITOLUL 2 – MEDIUL DE CUPRINDERE AL BAZELOR DE DATE, CERCETĂRI ANALITICE ȘI NUMERICE</u>	10	31
2.1 Baza de date, serii de timp, spațiul parametrilor de calitate a corpurilor de apă	10	32
2.1.1 Baza de date, funcția de stare a unui parametru de calitate C	10	32
2.1.2 Spațiul observabil al parametrilor de calitate (SO)	12	42
2.2 Construcția funcțiilor X_C prin intermediul funcțiilor polinomiale și al funcțiilor de interpolare X_{CR}	13	47
2.2.1 Construcția funcțiilor X_C prin intermediul funcțiilor polinomiale	14	48
2.2.2 Construcția funcțiilor de tip X_{CR} cu ajutorul mediului software TableCurve 2D	15	66
2.3. Concluzii asupra bazelor de date analizate	17	72
<u>CAPITOLUL 3 – COMPLEXUL DE ALGORITMI DE UNIFORMIZARE, PRELUCRARE ȘI ANALIZĂ A DATELOR (AUPAD)</u>	17	75
3.1 Uniformizarea seriilor temporale cu ajutorul funcțiilor Spline	17	76
3.2 Considerații asupra funcțiilor $\tilde{X}_C: \{1,2,3, \dots, 12\} \rightarrow \mathbb{R}$	19	84

3.2.1. Exemple de analiză a datelor	20	89
3.2.2. Algoritmul de organizare, prelucrare și analiză a datelor (AUPAD)	21	91
3.2.3. Indicatori chimici ai regimului de oxigen, reflectarea analizei conform (AUPAD)	21	97
3.3. Aproximarea uniformă a funcțiilor de stare	22	100
3.4. Concluzii asupra (AUPAD) și a funcțiilor de stare	23	102
<u>CAPITOLUL 4 – VERIFICAREA ȘI VALIDAREA COMPLEXULUI DE ALGORITMI (AUPAD), EVALUAREA REZULTATELOR</u>	24	104
4.1. Modelul matematic integrat (AUPAD)	24	105
4.2. Oxigen dizolvat – rezultatele aplicării (AUPAD)	25	117
4.3. Periodicitatea evoluției nivelului de (OD)	27	149
4.4. Debit – scurgerea solidă – aplicarea (AUPAD)	27	155
4.5. Consumul biochimic de oxigen – aplicarea (AUPAD)	30	165
4.6. Considerații asupra sistemului de drenaj urban a orașului Brăila, considerând configurația geometrică a spațiului	31	176
4.7. Concluzii privind validarea complexului de algoritmi	34	186
<u>CAPITOLUL 5 – CONCLUZII FINALE, DIRECȚII ULTERIOARE DE CERCETARE</u>	35	188
<i>Bibliografie</i>	38	200

INTRODUCERE

Importanța apei pentru viață, ca o componentă a ecosistemului global, este din ce în ce mai clară.

Directiva Cadru privind Apa, (*Water Framework Directive*), reprezintă o abordare nouă și inovatoare, care extinde scopul protecției apelor către toate tipurile de apă și stabilește obiective clare pentru atingerea la un stadiu bun de calitate. Obiectivele trebuie atinse până în 2015 pentru toate țările din Europa și astfel să fie asigurată folosirea durabilă a resurselor de apă în toată Europa. În esență, Directiva Cadru privind Apa are drept scop prevenirea poluării la sursă și stabilește mecanismele de control în scopul protejării apei și pentru utilizarea durabilă a acesteia.

Directiva Cadru 2000/60/EC, (WFD), definește apa ca pe un patrimoniu ce trebuie protejat, tratat și conservat.

În vederea urmării implementării politicilor de mediu europene, și având în vedere obiectivul general ca până în 2015 să se atingă “starea bună a corpurilor de apă”, orice demers care poate susține acest efort este unul binevenit.

Cu scopul de a reliefa o stare de fapt a evoluției parametrilor de calitate ai mediului și mai ales a evoluției acestui proces și pentru a realiza o serie de proceduri de îmbunătățire a demersurilor necesare optimizării sistemului de observație și acțiune în timp util împotriva degradării corpurilor de apă din zona Dunării de Jos, s-a realizat studiul cu titlul „*Modelarea matematică a parametrilor de calitate a corpurilor de apă de suprafață și a apelor uzate*”.

Obiectivele urmărite în prezenta teză sunt:

- Analiza indicatorilor de calitate a apelor Fluviul Dunărea, pe parcursul anilor 1992-2006 pentru principalul corp de apă de suprafață în zona Brăila pe distanța în km pe Dunăre 132-375, proiectarea unui model matematic de analiză a datelor specific analizei numerice a seriilor temporale folosind programe informatice și algoritmi proprii de analiză realizate sub diferite medii de programare.
- Realizarea unui model matematic propriu corpurilor de apă prezente în arealul studiat și elaborarea unor forme funcționale matematice specifice seriilor temporale care să redea cât mai fidel, sintetic și corelațional evoluția și interacțiunea dintre o serie de indicatori de calitate ai modelului studiat.
- Construirea unui complex de algoritmi de uniformizare, prelucrare și analiză a datelor (AUPAD), care să permită completarea datelor lipsă în istoricul bazelor de date, prelucrarea prin metode proprii analizei numerice a seriilor temporale ale bazelor de date, identificarea unor funcții analitice ce pot modela evoluția parametrilor de stare ai corpurilor de apă și identificarea unor predicții ale acestor evoluții.
- Analiza și realizarea modelului matematic care să reflecte impactul zonelor urbane principale din arealul studiat (orașul Brăila și Galați) asupra apelor Dunării și influența zonelor umede asupra nivelului de calitate a corpurilor de apă. Elaborarea unor soluții în sensul considerării zonelor umede și bazine de decantare primară și de autoepurare.

- Elaborarea de soluții în cazul deversării apelor uzate urbane prin regândirea unor aspecte legate de urbanizare, reconsiderarea sistemului de canalizare, micșorarea impactului negativ asupra apelor Dunării și corpurilor de apă în arealul studiat.

Teza este structurată în cinci capitole.

Capitolul 1 realizează un studiu documentar încadrând geografic aria de studiu în cadrul bazinului Dunării și dinamica cercetărilor actuale în domeniu privind bazele de date obținute din cercetări privind nivelul de calitate al apelor de suprafață, prelucrarea matematică a acestora și alte studii referitoare la monitorizarea și managementul corpurilor de apă. Studiul documentar abordează cercetări privind modelele matematice privind fenomene ecologice proprii corpurilor de apă și este structurat pe „tematică celor trei M”, monitoring, modelare și respectiv management.

Capitolul 2 fixează mediul de cuprindere al bazelor de date și realizează cercetări analitice și numerice ce conțin direcțiile pentru proiectarea complexului de algoritmi de analiză a bazelor de date. În acest capitol sunt definite și fundamentate teoretic o serie de noțiuni și concepte noi necesare realizării algoritmului cum ar fi, funcția de stare a unui parametru de calitate, spațiul observabil al seriilor de timp specifice unui parametru de calitate, modele matematice ale funcțiilor de stare ca funcții continue și derivabile, structuri considerate în urma analizării unor corpuri de apă în situații concrete investigate. Tot în acest capitol se enunță și se susțin ipotezele de lucru pe baza unor cercetări proprii asupra evoluției parametrilor de calitate ai corpurilor de apă de suprafață, din grupa oxigenului dizolvat.

Capitolul 3 prezintă și fundamentează complexul de algoritmi de uniformizare, prelucrare și analiză a datelor, (AUPAD), motivând prin numeroase exemple necesitatea introducerii și folosirii acestui algoritm de analiză a datelor de mediu. Schema algoritmică realizată, permite analiza evoluției parametrilor de stare ai corpului de apă, comportarea în regim dinamic în timp, relațional și corelațional.

Capitolul 4 este dedicat aplicării practice a (AUPAD), verificării și validării construcției teoretice, prezentând evaluarea rezultatelor și a unor concluzii referitoare la presiunea factorilor poluanți din zona geografică studiată. Rezultatele au pus în evidență evoluția în timp a nivelului de oxigen dizolvat din apele Dunării, evoluții asupra consumului biologic de oxigen, evoluții oscilatorii altele decât cele implicate de aspectul sezonier anual ce pot pune în lumină o presiune a factorilor poluanți din zona geografică, ce a fost considerată, asupra celui mai important corp de apă al regiunii, și anume fluviul Dunărea. Rezultatele sunt prezentate considerând și rezultate ale unor analize anterioare realizate de agenții de mediu în rapoarte anuale dar, aduc în discuție noi interpretări considerând evoluția debitului, curgerea solidă, anual sau lunar, ceea ce demonstrează puterea de analiză a algoritmului proiectat. Datele despre factorii influenți au fost analizate tot în structura (AUPAD), descriind și în aceste cazuri aspecte pulsatorii, periodice în evoluția acestor factori. Capitolul se finalizează cu o serie de considerații asupra apelor uzate și a sistemului de drenaj urban al municipiului Brăila, analiza folosind (AUPAD) asupra acestui aspect având ca rezultat unele propuneri privind re-proiectarea și reconsiderarea acestui sistem având în vedere și particularitățile din schema structurală geometrică a planului orașului Brăila.

Capitolul 5 este rezervat concluziilor finale și prezintă atât o sinteză a rezultatelor obținute precum și modalități de implementare a acestor rezultate în cadrul unor studii asupra corpurilor de apă de suprafață sau a apelor uzate. Modelul matematic realizat, poate constitui o nouă metodologie de lucru aplicabilă în cazul modelării unor fenomene dinamice temporale dar și în cadrul considerării altor domenii ce au ca obiect investigarea unor fenomene de mediu .

ABSTRACT

The importance of water for life, as a component of the global ecosystem, is becoming clearer and clearer. Water resources are affected today by many activities that use the water as a resource and activities belonging to agriculture, industry and domestic activities. Twenty per cent of surface waters in Europe are seriously threatened by pollution.

This thesis, entitled "Mathematical modeling of quality indicators of surface water bodies and wastewater" brings some contributions to the domain of modelling and prediction of some quality indicators of the Danube water, especially taking into consideration the group of dissolved oxygen.

In order to emphasize the level of the evolution of environmental quality parameters and especially the evolution of this process and to make a series of procedures to improve the necessary steps to optimize the system of observation and timely action against degradation of water bodies in Lower Danube area, the study considered has been conducted.

The objectives of this thesis are focused on:

- Analysis of water quality indicators of the Danube River between 1992-2006 for the main body of surface water in the distance in km on the Danube 132-375, designing a mathematical model for data analysis, numerical analysis of time series using specific algorithms and their analysis using in different programming environments.
- Developing a proper mathematical model of water bodies present in the area studied and the construct of specific mathematical functional forms specific to time series to render, synthetically and co-relationally the evolution and interaction of a number of quality indicators of the model studied.
- Building a complex of algorithms in order to uniform, processing and analyze data (AUPAD), allowing completion of missing data in historical databases, processing through own methods of numerical analysis of time series database identification of some analytical functions that can shape the evolution of state parameters of water bodies and identify predictions of these evolutions.
- Analysis and implementation of the mathematical model to highlight the impact of the main urban area studied (the city of Braila and Galati) on the Danube waters and the wetlands influence of the level of quality of water bodies. Working out some solutions in terms of considering wetlands and primary settling as tanks for self-cleaning.

- Working out of solutions for urban sewage spill by rethinking some aspects of urbanization, the sewage system, reducing the negative impact on the Danube water and water bodies in the area studied.

The thesis is divided into five chapters and the original contribution starts with chapter 2.

Chapter 1 makes a documentary study framing the geographic area of study in the Danube basin and the dynamics of current research in the field of databases derived from research on the quality of surface waters, their mathematical processing and other studies related to monitoring and management of water bodies. The documentary research study addresses the mathematical models of ecological phenomena and their water bodies and is structured on the "theme of the three M", monitoring, modelling and management respectively.

Chapter 2 sets the coverage area of databases, achieves on analytical and numerical research, containing directions for the design of algorithms for analyzing complex databases. In this chapter there are theoretical definitions of a number of notions and concepts necessary to achieve algorithm such as state function of a quality parameter, observable space of time series-specific to a quality parameter, mathematical models of state functions as continuous functions and derivatives, following the analysis of structures considered bodies of water in actual investigated situations.

Also this chapter sets out and supports assumptions based on their research on the evolution of quality parameters of surface water bodies from the group of dissolved oxygen.

Chapter 3 presents and substantiates the complex of smoothing algorithms, data processing and analysis, (AUPAD), supporting numerous examples the need of introducing and using this algorithm for analyzing environmental data.

Chapter 4 is dedicated to the practical application of (AUPAD), the verification and validation of theoretical construction, presenting the evaluation of results and some conclusions related to the pressure of polluting factors in the geographical area studied. The results revealed the time evolution of dissolved oxygen levels in the waters of the Danube, the evolution of biological consumption of oxygen evolution, oscillator evolutions other than those involved in the annual seasonal aspect that may highlight the pressure of polluting factors in the geographical area that was considered. The chapter ends with some considerations on wastewater and urban drainage system of Braila, analysis using (AUPAD) on this aspect and the resulting proposals to redesign and reconsider this system, taking into account the peculiarities of the geometric structure of the plan scheme of Braila.

Chapter 5 is reserved for final conclusions and presents both a summary of the results and ways to implement these results in the studies on surface water bodies or sewage. The mathematical model developed, may be a new working methodology applicable for modelling of dynamic phenomena within the consideration of time but also other areas that concern the investigation of environmental phenomena.

CAPITOLUL 1 – STUDIU DOCUMENTAR

Scopul acestui capitol este de a încadra aria de studiu a tezei din punct de vedere geografic și geomorfologic, prezentând aria de studiu ca parte integrantă a bazinului Dunării, ca sector al Dunării maritime, conform studiilor actuale în acest sens.

A fost analizată dinamica cercetărilor în domeniu și s-au luat în considerare studii de ecologie, studii de geografie, studii ale Comisiei Internaționale pentru Protecția Dunării (ICPDR), sistemul trans-național de monitorizare a calității apelor Dunării (TNMN) și impactul acestuia atât în considerarea arealului Dunării de Jos, ca un segment important al Dunării, cât și în încadrarea ariei de studiu din punct de vedere al nivelului de calitate al apelor de suprafață.

Cu scopul de a reliefa cercetările actuale în domeniul monitoringului și a constituirii bazelor de date, materialul bibliografic a fost structurat conform celor „trei M” [20], privind monitoringul, modelele matematice elaborate în domeniul protecției calității apelor de suprafață și respectiv al managementului de mediu privin în special corpurile de apă de suprafață.

Complexul de informații analizat pe parcursul elaborării tezei a direcționat studiul documentar spre analiza cercetărilor și rezultatelor obținute pe plan național și internațional privind prelucrarea matematică a bazelor de date obținute din monitorizări ecologice și fructificarea informației acumulate pentru construirea unei imagini fidele a nivelului actual al calității apelor de suprafață și al dinamicii acestui fenomen.

În urma realizării studiului documentar, se poate afirma că segmentul studiat nu este încă analizat suficient conform importanței sale și prin urmare un studiu ce poate aduce noi informații în acest sens constituie un element de noutate în domeniul studierii corpurilor de apă de suprafață.

1.1. ÎNCADRAREA ARIEI DE STUDIU

1.1.1 POZIȚIONARE GEOGRAFICĂ

Aria de studiu se găsește în partea terminală a bazinului hidrografic al Dunării. Această zonă este denumită de majoritatea geografilor români sectorul Dunării maritime. Zona de studiu este încadrată din punct de vedere matematic într-un patrulater imaginar, cu un perimetru de aproximativ 480 km.

1.1.2. ÎNCADRAREA AREALULUI STUDIAT DIN PUNCT DE VEDERE GEOMORFOLOGIC

Expedițiile care au avut în vedere întregul bazin al Dunării s-au desfășurat în 2001, „Joint Danube Survey 1”, (JDS1) și respectiv „Joint Danube Survey 2”, (JDS2) în 2007, sub auspiciul Comisiei Internaționale pentru Protecția Fluviului Dunărea, „ICPDR” și au realizat studii complexe asupra stării ecologice a Dunării, pe tot parcursul fluviului. Prima expediție a structurat bazinul Dunării în nouă sectoare geomorfologice, sectorul 8 de la Râul Jantra și până la localitatea Reni, (km pe Dunăre: 573-132) incluzând aproape în întregime arealul studiat în teză [39]. În anul 2005 s-a

realizat o revizuire și împărțire a cursului Dunării în 10 sectoare cu caracteristici morfologice și de habitat comune [40].

1.2. STADIUL ACTUAL AL CERCETĂRILOR PRIVIND PRELUCRAREA MATEMATICĂ A BAZELOR DE DATE OBTINUTE DIN MONITORIZĂRI ECOLOGICE

Apa este considerată resursa naturală cea mai importantă pentru dezvoltarea și supraviețuirea speciei umane. Pe plan național și internațional au fost efectuate cercetări privind zona de vărsare a Dunării [1], managementul resurselor de apă la nivel mondial [2,15,33], și implementarea acestor studii în cazul bazinului Dunării [3,6], monitorizarea, analiza și interpretarea unor parametri de calitate ai mediului, proiectarea modelelor matematice considerând procesele unitare în cadrul apelor uzate, monografii și studii de ecologie și protecția mediului [5,7,20]. Pot fi amintite cercetările și materialele teoretice despre resursele de apă, studii hidrotehnice privind amenajările bazinelor hidrografice și impactul acestora asupra stării mediului [19], sau proiectele ce au în vedere reducerea încărcării cu nutrienți, precum „Danube Pollution Reduction Programme”, (Program de reducere a poluării Dunării, 1997-1999), și modelul “Danube Water Quality Model”, cu acronimul DWQM și raportul final din anul 1999 [52].

1.2.1. CERCETĂRI PRIVIND MONITORINGUL

Termenul de monitorizare înglobează, de cele mai multe ori, toate aspectele referitoare la colectarea informației despre calitate, și anume: colectarea informației, creerea unei baze de date flexibile și ușor de interpretat, evaluarea informației, analiza și realizarea unor modele matematice de analiză și predicție.

În 1992 a fost proiectat sistemul transnațional de monitorizare (TNMN), pentru fluviul Dunărea iar acesta a fost lansat oficial în 1996 sub coordonarea Comisiei Internaționale pentru Protecția Fluviului Dunărea, (ICPDR). Rapoartele comisiei arată că, Dunărea se află încă sub impactul interacțiunii cu zonele acoperite de orașele mari aflate în bazinul său, aglomerările urbane precum și sub influența principalilor afluenți din bazinul Dunării [36,32,35].

1.2.2. MODELE MATEMATICE ELABORATE ÎN DOMENIUL PROTECȚIEI CALITĂȚII APELOR

Modelele matematice ale evoluției corpurilor de apă au în vedere impactul factorilor de poluare asupra resurselor de apă. S-au realizat monografii în acest domeniu care prezintă modelarea matematică a proceselor ecologice [16,76], modelarea și simularea proceselor de epurare în lucrări apărute în țară [8], și străinătate [9], principii și concepte fundamentale privind ingineria apelor și a apelor uzate corelate cu metode de calcul [10], precum și studii privind procesele unitare pentru tratarea apelor [18]. Proiectarea modelului matematic a avut în vedere studiile matematice din domeniul statisticii matematice, analizei numerice și folosirea unor platforme de calcul, precum mediul MATLAB [17], și alte soft-uri informatice. Pentru studii de față s-au

considerat noțiunile teoretice vizând seriile de timp [11], analiza numerică [12, 13], precum și alte lucrări în domeniu ce vizează comportarea unor serii de timp, modelarea seriilor de timp în sensul realizării unor predicții [30]. Literatura de specialitate prezintă predictibilități ale unor serii de timp dar cu rezultate notabile și cu impact în practică în domenii ale statisticilor economice sau geo-demografice [20], și mai puțin cu rezultate semnificative în cazul predicției unor fenomene de mediu privind calitatea corpurilor de apă ca sisteme ecologice deschise urmărind evoluția acestora pe termen lung.

Una dintre principalele ținte ale modelării fenomenelor de mediu, este aceea de a produce predicții ale comportării sistemului în timp. Problema intervalului temporal maximal care include predicții rămâne totuși o problemă deschisă.

Pentru studiile de ecohidrologie se acceptă faptul că sunt necesare date continue, interdisciplinare, pe perioade mai mari de 20 de ani [28,53].

Studii publicate recent prezintă proiectarea și optimizarea unor sisteme urbane de administrare a resurselor de apă [21], modelele matematice ce prelucrează evoluția unor sisteme descentralizate de epurare a apelor uzate în zonele periferice ale orașelor mari, ce au la bază algoritmi genetici de planificare [22], sau modele holistice ale managementului resurselor de apă dintr-un bazin hidrografic [23]. Sunt analizate influențele zonelor verzi din aglomerările urbane ce pot reține anumiți contaminanți [29], și sunt realizate modele matematice de analiză ale acestui aspect. S-au realizat de asemenea studii regionale despre resursele de apă și managementul acestora, puse în acord cu schimbările climatice [24], studii ce au reliefat legătura semnificativă dintre dinamica sedimentelor și mobilitatea poluanților pentru fluviul Dunărea, arătându-se consecința fenomenelor de despădurire necontrolată, a eroziunii, a drenajului artificial, canalizărilor, barajelor sau îndiguirilor excesive ale zonelor umede [78, 25,26]. Pentru studiul interacțiunii complexe dintre corpurile de apă și mediul economic se folosesc modele integrate hidro-economice într-o abordare holistică, posibil de modelat pentru obținerea unei stări de echilibru a sistemului [27].

Literatura în domeniu prezintă numeroase abordări ale problematicii legate de modelarea matematică a unor fenomene, urmând domeniul general al realizării modelării matematice [31], utilizând ecuații diferențiale sau ecuații cu derivate parțiale, diferențe finite [81], rețele neurale [77, 82]. Monitorizarea poate fi considerată un supliment al modelului dar, monitorizarea poate produce modele de analiză, stând la baza construcției algoritmice a analizei bazei de date realizate în urma monitorizării [83]. Această abordare de tip “monitorizare-bază de date-algoritm-model-analiză-decizie-management” poate constitui structura ce stă la baza construirii modelelor matematice în ecologie.

1.2.3. STUDII DE MANAGEMENT

Importanța considerării managementului de mediu împreună cu noțiunea de dezvoltare sustenabilă a mediului înconjurător este astăzi considerată ca o direcție de bază în cadrul acțiunilor de conservare, menținere și folosire rațională a mediului [79,80,14].

Modelarea matematică este metoda cea mai folosită pentru descrierea unor fenomene dinamice proprii sistemelor ecologice. Dezvoltarea unor sisteme de calcul performante la sfârșitul secolului XX a permis dezvoltarea pe o scară tot mai înaltă a

unor modele matematice susținute de programe specializate, realizându-se simulări, prognoze, modele matematice virtuale. Managementul structurilor de mediu nu mai poate fi unul performant astăzi fără aportul unor algoritmi de analiză implementați pe platforme informatice. Aceasta justifică abordarea în sens algoritmic a studiilor de inginerie a mediului.

1.3. CONCLUZII ȘI OBIECTIVELE CERCETĂRII

Analizând bazele de date existente și înregistrate de către agențiile de mediu precum și ceilalți factori ce au ca scop principal al activității monitorizarea corpurilor de apă, am observat că există multe perioade în care valorile unor parametri de calitate se află sub limitele minime admisibile iar în aceste perioade frecvența prelevării probelor nu se intensifică.

Am propus și realizat un studiu asupra unui complex de algoritmi care să realizeze o uniformizare a acestor baze de date, uniform distribuită în timp, care să redeva mult mai fidel evoluțiile parametrilor de calitate ai corpurilor de apă. O astfel de bază de date va rescrie istoricul evoluției parametrilor de calitate.

Rezultatele obținute au fost aplicate și au confirmat faptul că sistemul algoritmic proiectat poate aduce informații suplimentare despre posibilele segmente temporale cu valori în afara limitelor admisibile.

Complexul de algoritmi realizează o imagine a evoluției parametrilor de calitate în timp și poate avea ca rezultat un mai bun management al corpurilor de apă prin identificarea unor perioade temporale aflate sub presiunea unor factori de risc poluant precum și micșorarea unor costuri legate de colectarea, analiza și interpretarea datelor.

S-au analizat factorii poluanți ce afectează în timp și constant un ecosistem acvatic urmărind particularitățile sistemului studiat.

Oricât de ample au fost cercetările în cazul fluviului Dunărea totuși, segmentul Dunării de Jos este mai puțin reprezentat în studiile de specialitate. Din această cauză prezentul studiu are rolul de a aduce informații noi din acest punct de vedere.

Aplicarea complexului de algoritmi pentru uniformizarea, prelucrarea și analiza datelor realizat în prezenta cercetare, poate constitui un real suport pentru reconsiderarea bazei de date și a evoluțiilor ulterioare, a periodicităților identificate cu privire la evoluția unor parametri de calitate în timp și a perioadelor temporale supuse unei mai mari presiuni a factorilor poluanți.

Rezultatele și concluziile aplicării modelului matematic realizat descriu aceste aspecte și pot fi folosite ca suport în proiectarea schemei directe privind bazinul Dunării de Jos, precum și aplicarea rezultatelor și concluziilor pentru studii ulterioare de mediu, pentru reactualizarea sau refacerea master-planurilor privitoare la corpurile de apă de suprafață, pentru fundamentarea teoretico-practică a structurilor de baze de date privitoare la mediu.

CAPITOLUL 2- MEDIUL DE CUPRINDERE AL BAZELOR DE DATE, CERCETĂRI ANALITICE ȘI NUMERICE

Scopul acestui capitol este de a realiza cercetări analitice și numerice asupra bazelor de date obținute în urma unor procese de monitorizare a evoluției parametrilor de calitate ai corpurilor de apă de suprafață și al apelor uzate.

Pentru realizarea modelului matematic s-au introdus și definit o serie de noțiuni noi legate de seriile temporale precum ar fi: seria temporală a unui parametru de calitate, spațiul observabil al seriilor de timp specifice unor parametri de calitate, funcția de stare a unui parametru de calitate. În același timp s-au investigat modalități de a descrie matematic funcțiile de stare a unui parametru de calitate prin intermediul funcțiilor continue și derivabile construind categoria funcțiilor de stare specifice parametrilor de calitate ai corpurilor de apă de suprafață și definind analitic aceste funcții într-un subspațiu al funcțiilor continue și derivabile.

2.1. BAZA DE DATE, SERII DE TIMP, SPAȚIUL PARAMETRILOR DE CALITATE

2.1.1. BAZA DE DATE, FUNCȚIA DE STARE A UNUI PARAMETRU DE CALITATE C

Având în vedere arealul studiat, s-au folosit date de calitate prelevate în timp în stațiile de monitorizare de pe Dunăre, notate generic în teză S1, S2, S3 și S4, (tabel 1), reprezentate în hărțile procesate în sistemul Google Maps (fig. 1).

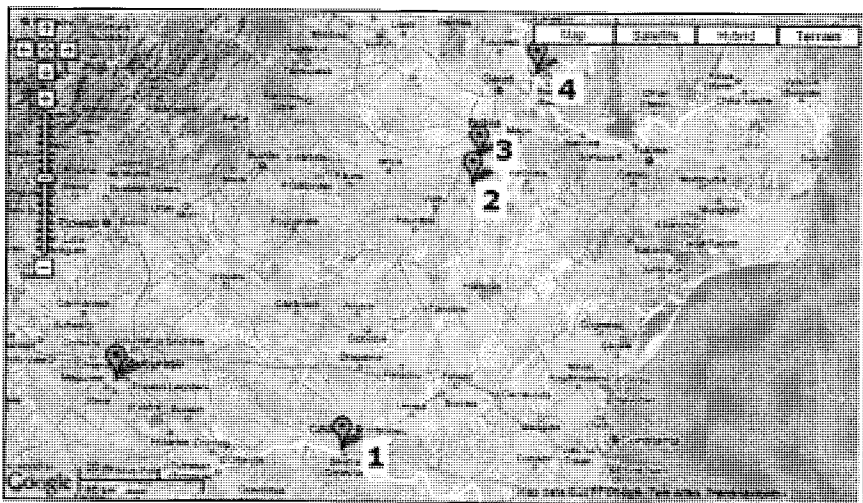


Figura 1 Stațiile de monitorizare ale TNMN și respectiv ANM

Tabel 1. Date geografice ale stațiilor de monitorizare

No	Stație de monitorizare	Indicativ	Longitudine	Latitudine	km pe Dunăre	Altitudine	Indicativ în teză
1	Chiciu/Silistra	L0280	44,121667	27,243889	375	13	S1
2	Gropeni	Gr	45,08	27,90	180	5	S2
3	Brăila I	Br I	45,18	27,93	176	4	S3
4	Reni-Chilia/Kilia	L0430	45,482216	28,226624	132	4	S4

Pentru realizarea modelului matematic s-au luat în considerare indicatorii de calitate a apelor Fluviului Dunărea pe perioada 1992-2006, (15 ani), și s-a realizat un model conceptual nou de analiză specific seriilor temporale, numit în teză complexul de algoritmi de uniformizare, prelucrare și analiză a datelor și notat generic sub forma (AUPAD).

Pentru fundamentarea modelului de analiză se definesc în ordine funcțiile de stare a parametrilor de calitate, folosind noțiunea de serie temporală și încadrarea acestora în spațiul de analiză observabil al parametrilor de calitate. Șirul observațiilor asupra unui anumit parametru de calitate formează o serie de timp. În cadrul studiului sa realizat un model teoretic iar construcția cuprinde definiții, leme și propoziții enunțate, exemplificate și demonstrate de autor.

Definiția 1. Prin **serie de timp** înțelegem șirul (în general finit) al observațiilor asupra valorilor X_t luate la momentul t , pentru o variabilă aleatoare X .

Propoziție 1. Orice parametru de calitate posedă o serie de timp, specifică valorilor parametrului de calitate pentru care s-au înregistrat date în urma realizării unui proces de monitorizare.

Definiția 2. Șirul valorilor înregistrate în timp pentru un anumit parametru de calitate se va numi seria de timp a parametrului de calitate sau **seria temporală a parametrului de calitate** C . Aceasta o vom nota în continuare cu \widetilde{X}_C .

Pentru a construi **spațiul seriilor de timp** specific parametrilor de calitate ai corpului de apă este necesară introducerea unui **factor de comparație** α , pentru a aduce în **domeniul vizibil al spațiului de analiză** a seriilor de timp observațiile caracteristice a mai multor parametri de calitate.

Definiția 3. Pentru un interval de timp $[0, T]$, vom numi **funcția de stare a parametrului de calitate** C , o funcție $X_C: [0, T] \rightarrow \mathbb{R}$, care va avea următoarele proprietăți:

- Restricția funcției X_C pe mulțimea $\{t_0, t_1, \dots, t_k\} \subset [0, T]$ va fi **seria temporală a parametrului de calitate** C .
- Funcția X_C este continuă și mărginită pe intervalul $[0, T]$.

Prima ipoteză de lucru: pentru toți parametrii de calitate ai corpurilor de apă, evoluția în timp a unui anumit parametru se comportă în realitate ca o funcție continuă și

derivabilă pe tot intervalul $[0, T]$, urmând ca această funcție să fie cunoscută inițial doar prin valorile discrete corespunzătoare valorilor înregistrate în probele prelevate lunar, bilunar sau anual. Considerând funcția de stare a unui parametru de calitate continuă și derivabilă, aceasta va implica mărginirea funcțiilor considerate.

A doua ipoteză de lucru ce decurge din prima ipoteză emisă este aceea că pe subintervale temporale evoluția parametrilor de calitate poate fi modelată cu ajutorul unor funcții polinomiale. Aceste două ipoteze fundamentale au stat la baza construcției și aplicării modelului (AUPAD).

Considerarea celor două ipoteze deschide calea controlului grafic al funcțiilor de tip X_C . Evident că pusă în acești termeni problema nu are o soluție unică și este practic imposibil de realizat [11].

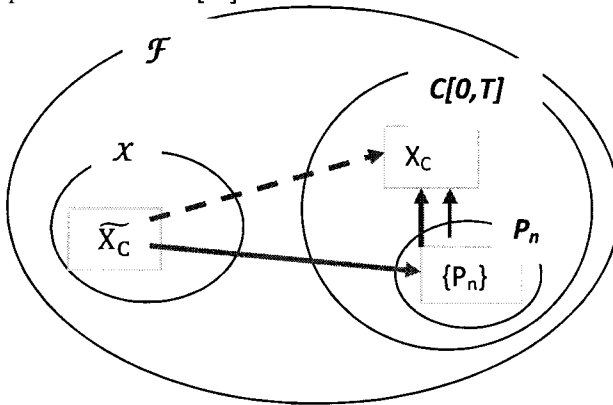


Figura 2 Construcția funcțiilor X_C pentru parametrul de calitate C

Construcția înglobează mulțimea X care reprezintă mulțimea seriilor temporale ale parametrului de calitate C iar $C[0, T]$ reprezintă mulțimea funcțiilor continue asociate parametrului de calitate C (fig.3).

În același timp, P_n reprezintă mulțimea funcțiilor polinomiale ce interpolează prin diferite metode de interpolare seriile temporale \widetilde{X}_C .

Conform investigațiilor realizate s-a propus să se realizeze conexiunea $\widetilde{X}_C \rightarrow X_C$ pentru cea mai bună imagine a funcției X_C .

Rezultatele realizate pot fi de un real folos permițând pentru prima oară să se afirme că inclusiv în cadrul fluviului Dunărea, evoluția unor parametri de calitate se supune unor evoluții matematice în timp, evoluție ce poate fi prezentată într-un spațiu observațiilor (SO), funcțiile de stare fiind modelate ca funcții continue și derivabile de un anumit tip, polinomial, sinusoidal, periodic sau neperiodic, logaritmice sau exponențiale.

2.1.2. SPAȚIUL OBSERVABIL AL PARAMETRILOR DE CALITATE (SO)

Definiția 4 : Numim spațiu al observațiilor (SO) un domeniu inclus în R^2 de forma $SO=[0, T] \times [0, M]$, $T, M \in R_+$, care are următoarele proprietăți:

- Pentru orice parametru de calitate C , valorile minime și maxime ale funcției corespunzătoare X_C află în (SO);
- Extensia oricărei funcții X_C pe intervale de forma $[T, T_1]$ inclus în intervalul $[0, \infty)$, valorile maxime, (respectiv minime), ale funcțiilor X_C sunt incluse în intervalul $[0, M]$;
- Există un număr finit de funcții X_C care pot fi nule, aproape peste tot, în domeniul (SO), (fig.3).

Definiția 5. Spațiul $[T, T_1] \times [0, M]$ se va numi spațiul previziunilor imediate asociat unui domeniu (SO) și se va nota cu (SO_i) .

Propoziția 2. Orice spațiu (SO) posedă un spațiu (SO_i) iar reuniunea celor două spații disjuncte, $(SO) \cup (SO_i)$ poate defini un nou spațiu de tip (SO).

Acest spațiu poate deveni generator pentru un nou spațiu de tip (SO_i) și astfel iterativ se va construi un șir de spații al previziunilor imediate $\{(SO_i)\}_{i=1,n}$, așa cum se observă în figura 3.

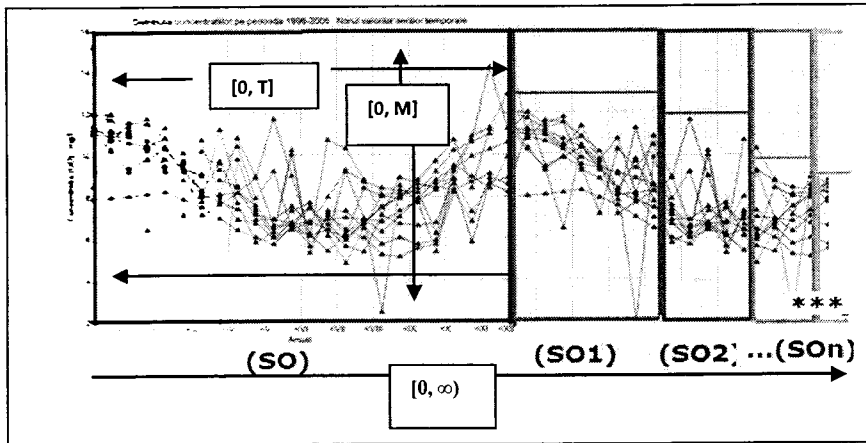


Figura 3 Spațiul observațiilor vizibile (SO) și șirul spațiilor previziunilor imediate $\{(SO_i)\}_{k=1,n}$

Definiția 6. Spațiile $(SO_i) = [T_i, T_{i+1}] \times [0, M]$ sunt caracterizate prin norma acestora definită ca modulul diferenței dintre T_{i+1} și T_i .

Propoziția 3. Șirul normelor spațiilor (SO_i) tinde către zero.

2.2. CONSTRUCȚIA FUNCȚIILOR X_C PRIN INTERMEDIUL FUNCȚIILOR POLINOMIALE ȘI A FUNCȚIILOR DE INTERPOLARE X_{CR}

Construcția acceptată în paragraful anterior privind folosirea funcțiilor polinomiale pentru a obține funcțiile de tip X_C , va fi completată în continuare, exemplificând modelul.

Definiția 7. Numim funcții de interpolare X_{CR} , acele funcții continue și derivabile care interpolatează o serie temporală a unui parametru de calitate \widetilde{X}_C , a cărei restricție pe domeniul de definiție al funcției \widetilde{X}_C , nu coincide cu aceasta pe tot domeniul de definiție, dar sunt obținute prin interpolări cu o normă reziduală minimă.

Definiția nu exclude ca, cele două funcții X_{CR} și \widetilde{X}_C pot fi egale pe o submulțime a domeniului de definiție al seriei temporale \widetilde{X}_C . Cele două mulțimi de funcții respectiv, ale funcțiilor X_{CR} , și al funcțiilor polinomiale P_n (fig. 4), nu sunt disjuncte.

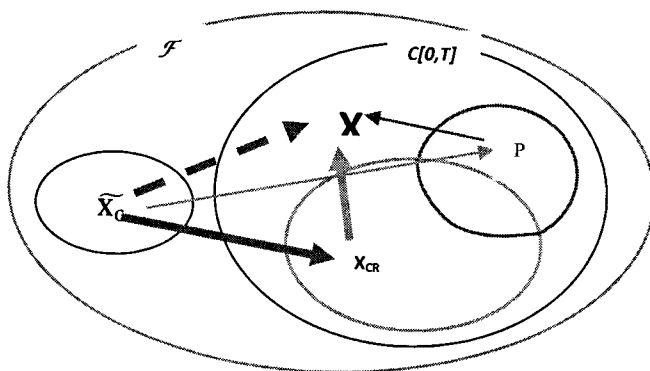
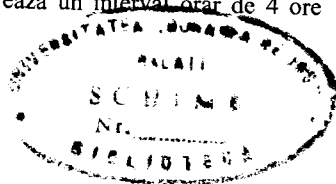


Figura 4 Considerarea funcțiilor de tip X_{CR}

2.2.1. CONSTRUCȚIA FUNCȚIILOR X_C PRIN INTERMEDIUL FUNCȚIILOR POLINOMIALE

Pentru a demonstra punerea în acord a modelului matematic cu evoluțiile reale ale unui parametru de calitate, vom exemplifica în continuare această construcție folosind șiruri de polinoame. Construcțiile analizate demonstrează fidelitatea modelului.

Exemplul 1: Analiza datelor de calitate realizate cu programul QUAL2K în cazul modelului „Stream Water Quality Model” pentru corpul de apă „Boulder Creek” pe data de 09.21.1987 în care frecvența datelor înregistrează un interval orar de 4 ore pentru oxigen dizolvat, este folosită ca suport.



Conform construcției modelului matematic proiectat putem pune în evidență atât graficul seriei temporale \widetilde{X}_C cât și al funcțiilor de tip P_n , identificând un polinom de gradul 7, (fig.5).

Polinomul obținut este o funcție ce poate fi considerată de tipul X_C , conform modelului matematic propus și a ipotezei asupra continuității și derivabilității.

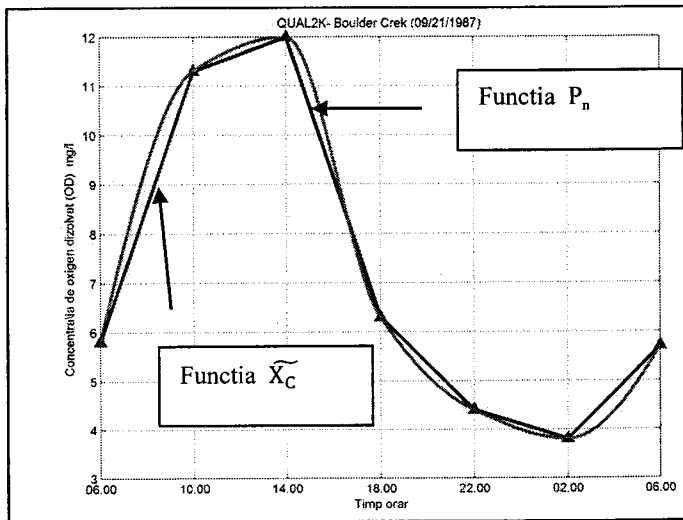


Figura 5 Interpolarea datelor în (SO) cu ajutorul funcției cubice spline

Prin urmare putem considera: $\widetilde{X}_C : \{1,2,3,\dots,12\} \rightarrow \mathbb{R}$ funcția dată tabelar și respectiv funcția $X_C : [0, T] \rightarrow \mathbb{R}$ dată de expresia analitică următoare:

$$X_C(t) = 0.013t^7 - 0.31t^6 + 2.8t^5 - 12t^4 + 24t^2 - 17t + 8.4$$

Exemplul 2: Pentru următorul exemplu s-a considerat evoluția parametrului (OD) pentru anul 2005 corespunzător datelor (TNMN), uniformizate la 24 de date anual, pentru stația S1. Evoluția apare modelată grafic în figura 6.

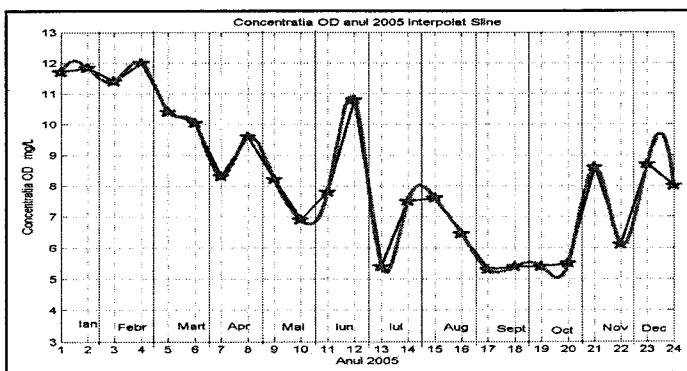


Figura 6 Cele 24 de date pentru concentrația (OD) în stația S1, anul 2005, procesat cu ajutorul unui program MATLAB

Acoperirea cu polinoame se prezintă ca în figura 7, rezultatele analizate urmărind comportarea polinomului ca acoperind o evoluție aproape de realitate, pâna la gradul 10. Aceste analize pregătesc proiectarea pașilor complexului de algoritmi (AUPAD).

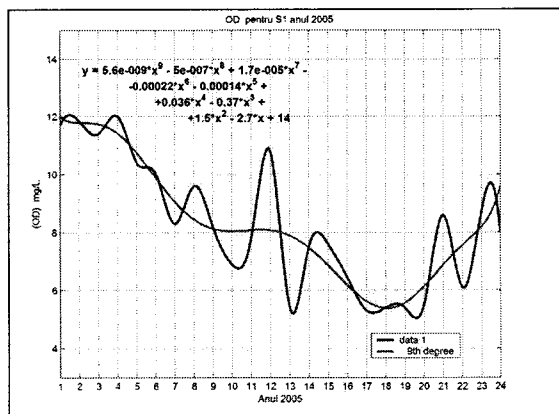


Figura 7 Polinomul de interpolare de grad10

2.2.2. CONSTRUCȚIA FUNCȚIILOR DE TIP X_{CR} CU AJUTORUL MEDIULUI SOFTWARE TableCurve 2D

În cazul modelării evoluției datelor pentru concentrația oxigenului dizolvat, folosind softul TC2D, se pot analiza evoluțiile acestui parametru precum și situațiile definite ca supuse unei inerții a pastrării trendului crescător/descrescător într-un anumit segment temporal, (fig.8). Această inerție poate produce variații de cel puțin 1 mg/L.

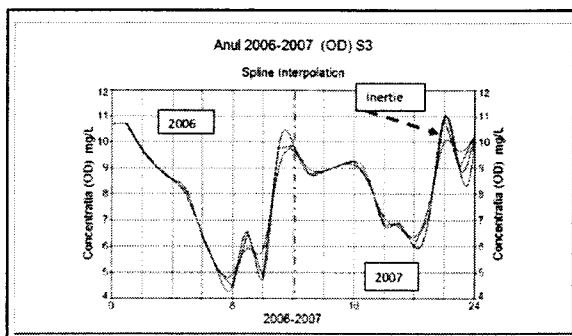


Figura 8 Evoluția parametrului OD în stația S3 interpolând datele Spline

Același soft poate realiza modele SARIMA pentru realizarea unor predicții, iar pentru aceasta există situații în care evoluția previzionată este foarte apropiată de evoluția ulterioară reală, (fig. 9).

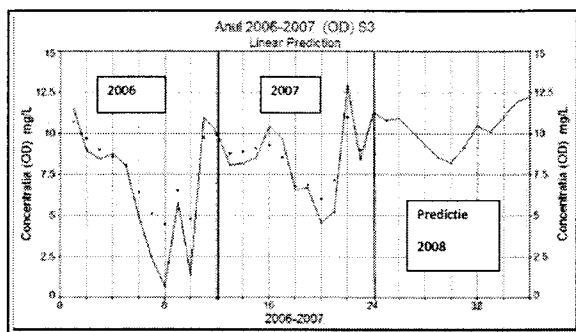


Figura 9 Evoluția parametrului OD în stația S3 pentru anii 2006-2007 și predicția realizată pentru anul 2008

Desigur că pentru analiza oxigenului dizolvat într-o stație de monitorizare, cel mai important este să reținem și să punem în evidență acele perioade în care valorile sunt sub 7 mg/L, deci sub clasa de calitate III, dezideratul fiind acela de a obține evoluții în cea mai mare parte a anului în clasa de calitate II, (fig.10).

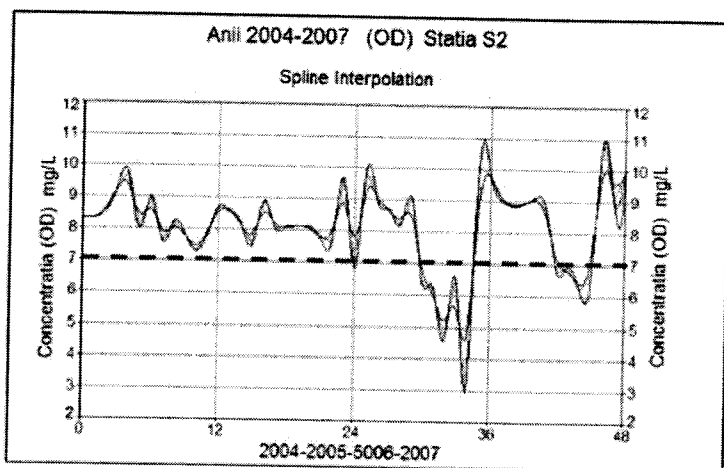


Figura 10 Evoluția parametrului OD în stația S2 interpolând datele Spline

Pentru valorile înregistrate în stația S2, putem considera critic anul 2006 și sfârșitul anului 2007. Aceste perioade au ca istoric evenimente și situații de risc, precum inundațiile. Baza de date realizată uniform permite și un suport de 4 ani pentru a prezice evoluția pe doi ani înșă, doar manipulând eficient parametrii de calcul ai soft-ului TC2D pentru modelare ARIMA sau SARIMA, (fig 11).

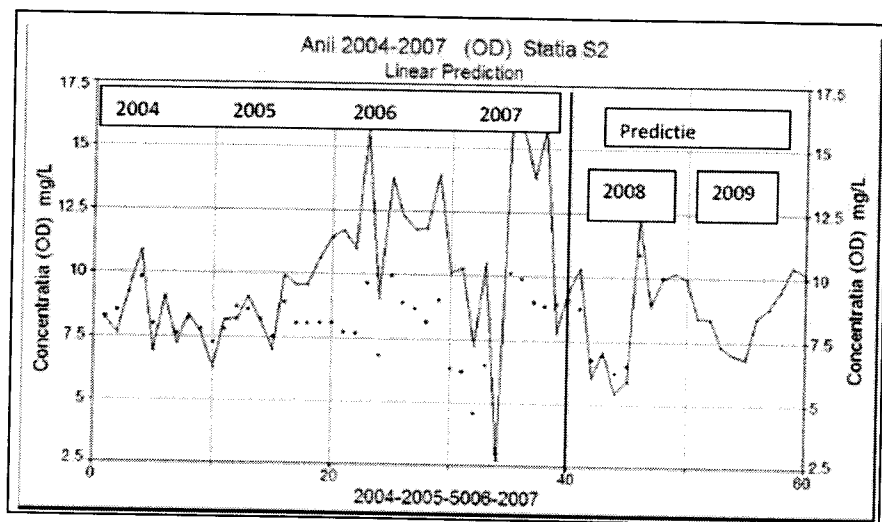


Figura 11 Evoluția parametrului OD în stația S2 și previzionare pentru doi ani având ca bază datele a patru ani

2.3. CONCLUZII ASUPRA BAZELOR DE DATE ANALIZATE

Procesele de monitorizare ale unui corp de apă sau cele care urmăresc nivelul de încărcare cu poluanți ai apelor uzate realizează serii temporale ale parametrilor de calitate, încadrate ulterior în bibliotecă de baze de date.

Schema algoritmică de analiză propusă constituie o nouă formă de abordare în domeniul analizei bazelor de date referitoare la fenomene de mediu. Considerarea unor concepte, precum funcția de stare, spațiul observabil, spațiul previziunilor imediate, factorul de comparație pentru diferiți parametri de calitate ce nu sunt prezenți cu aceeași unitate de măsură, structurează modelul de analiză pentru considerarea noțiunilor de monotonie a funcțiilor de stare, analiza grafică în spațiul observabil spre construcția unei imagini atât a istoricului de date cât și pentru previziunile asupra evoluției parametrilor conform cu acest istoric al datelor.

Considerarea funcțiilor analitice de stare ale parametrilor de calitate, ca subspațiu al funcțiilor continue și derivabile, restrângerea spațiilor de funcții ce pot fi abordate din punct de vedere al teoremei Weierstrass de găsim a celei mai potrivite funcții analitice pentru care se cunosc doar valorile acestora pe o mulțime discretă de puncte, constituie partea de noutate adusă în plan teoretico-practic de studiul realizat în această teză.

Conform observațiilor proprii realizate pe parcursul realizării tezei, se poate afirma că sistemul este caracterizat prin desfășurarea mai multor procese în paralel în aceeași unitate de timp iar aceste procese sunt controlate de reguli ce influențează comportarea pe ansamblu a parametrilor de stare.

Această evoluție este specifică modelelor matematice de tip P-Systems care se bazează pe evoluții paralele a unor fenomene de stare, în prezența unor reguli specifice stărilor și domeniilor la un anumit moment.

Evoluția acestor sisteme realizată astăzi din punct de vedere teoretico-matematic așteaptă și implementarea acestor studii în mediul real, pentru aplicarea modelului matematic la nivelul fenomenului de mediu.

Studiul realizat în această teză, alături de alte investigații de acest tip ale autorului [84], au menirea de a constitui un prim pas către stabilirea tipurilor de reguli ce guvernează evoluția în timp al unui sistem acvatizat precum corpul de apă. Algoritmii de uniformizare, prelucrare și analiză a datelor poate pune la dispoziția proiectelor de tip P-Systems o plajă de date ce modelează evoluția unui sistem real supus fenomenelor de mediu.

CAPITOLUL 3- COMPLEXUL DE ALGORITMI DE UNIFORMIZARE, PRELUCRARE ȘI ANALIZĂ A DATELOR (AUPAD)

Scopul acestui capitol este de a fundamenta teoretic complexul de algoritmi de uniformizare, prelucrare și analiză a datelor (AUPAD), cea mai importantă construcție din punct de vedere teoretic și al aplicațiilor practice ulterioare în acest studiu.

Modelul matematic pentru analiza parametrilor de calitate ai corpurilor de apă de suprafață și al apelor uzate (AUPAD) permite completarea datelor lipsă în istoricul bazelor de date, realizează prelucrarea prin metode proprii analizei numerice a seriilor temporale ale bazelor de date, corelează identificarea unor funcții analitice ce pot

modela evoluția parametrilor de stare ai corpurilor de apă și dă posibilitatea realizării de predicții ale acestor evoluții.

3.1. UNIFORMIZAREA SERIILOR TEMPORALE CU AJUTORUL FUNCȚIILOR SPLINE

Datele parametrilor de calitate pentru diferiți indicatori formează o bază de date rezultat al unor prelevări cu o frecvență de 6, 12 sau maxim 24 de date anual. Pentru a ajunge la o uniformizare a câmpului de date pe perioada din 1992-2006, am folosit interpolări cu ajutorul funcțiilor cubice Spline, folosind baza de date existentă. Spre exemplu, pentru datele referitoare la conținutul de oxigen dizolvat, (OD), pentru anul 1992 au fost realizate probe și analize în stația S1 obținându-se date conform tabelului 2.

Tabel 2 Evoluția conținutului de (OD) în mg/L în anul 1992 în stația S1, lunar

Luna	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
OD	12.2	7.7	10.8	8.3	7.5	6.5	7.3	6.4	6.2	6.9	10.2	9.8

Seria temporală obținută prin interpolare Spline va conține 24 de date și se va prezenta conform tabelului 3, în care concentrația de (OD) este în (mg/L).

Tabel 3 Seria temporală a conținutului de (OD) procesată cu interpolare Spline

Nr.Crt	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
OD	12.2	8.9125	7.7	9.25	10.8	9.7015	8.3	7.8596	7.5	6.8889	6.5	6.9

Nr.Crt.	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24
OD	7.3	6.8909	6.4	6.2591	6.2	6.4056	6.9	8.6944	10.2	10	9.8	9.8

Prin acest procedeu s-au uniformizat toate datele avute la dispoziție, date ce vor fi analizate în continuare. Analiza grafică, discretizarea intervalului temporal cu o normă mai fină prezintă unele evoluții ce nu pot sau nu au fost sesizate în timp, cum ar fi creșteri sau scăderi în afara limitelor acceptate. În figura 12 se observă o pantă a descreșterii mai amplă în luna ianuarie sau o valoare mai mare în luna noiembrie.

O altă ipoteză pe care o introducem este aceea că Dunărea „respiră ca o ființă vie”, iar acest proces este continuu are loc după anumite legi, iar comportările acestui proces pot fi modelate cu funcții continue, asemeni propunerii unei evoluții armonice [41]. Modelul poate vizualiza astfel evoluții critice în istoricul bazei de date. Anomaliile din grafic pot fi puse în concordanță cu nivelul precipitațiilor observat. Folosirea diferitelor norme de discretizare, din ce în ce mai fine pentru variabila timp, descrie evoluții ce modifică valorile maxime/minime sau medii, prin introducerea sau neluarea în considerare a valorilor înregistrate într-o anumită lună, (fig. 13).

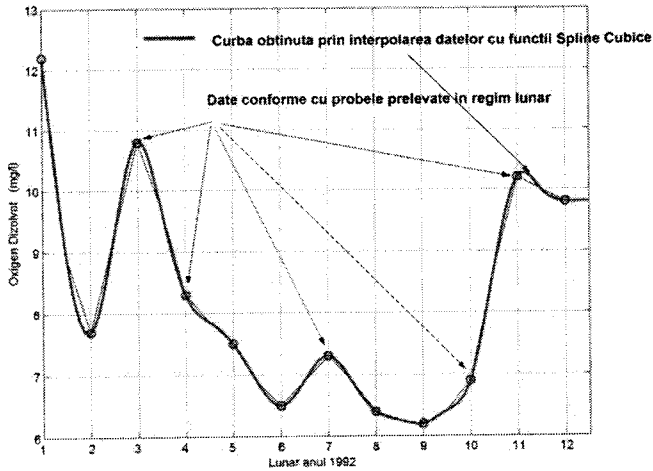


Figura 12 Variația în perioada Ianuarie-Februarie a conținutului de (OD). Se observă o descreștere mult mai rapidă, analizând curba interpolării Spline cubice

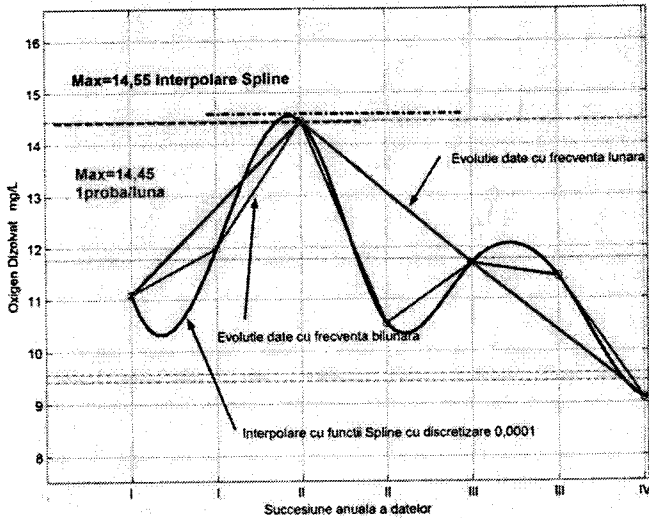


Figura 13 Detalierea evoluției parametrului (OD) folosind diferite discretizări ale intervalului temporal

Chiar dacă, în cazul mediului acvatizat al corpurilor mari de apă, nu există modele teoretice care să fundamenteze evoluția concentrațiilor unui anumit parametru de calitate, referirea putând fi asupra tipului de creștere/descreștere dintre două momente temporale t_1 , t_2 , concav sau convex, conform unei funcții continue și

derivabile, sau, fără prezența în grafic a unor puncte unghiulare sau de întoarcere, acesta face ca ipoteza comportării acestor parametri să fie acceptată, nefiind infirmată de situații practice.

Funcțiile ce exprimă comportarea parametrilor de calitate vor fi acceptate, prin urmare, continue și derivabile, concave în jurul punctelor de maxim, convexe în jurul punctului de minim cu acceptarea funcției de stare ca fiind continuă, derivabilă și deci mărginită într-un interval de timp compact.

3.2. CONSIDERAȚII ASUPRA FUNCȚIILOR $\widehat{X}_C: \{1,2,3,\dots,12\} \rightarrow \mathbb{R}$

În continuare prezentăm funcțiile de stare \widehat{X}_C pentru date de calitate a Dunării în perioada 2005-2006 pentru parametrii de calitate C,

$$C \in \{(\text{OD}), (\text{T}), (\text{pH}), (\text{CBO}_5), (\text{CCO}_{\text{Mn}}), (\text{CCO}_{\text{Cr}}), (\text{Q}), \dots\};$$

Datele vor fi analizate cu ajutorul regresiei liniare, polinoamelor de interpolare Lagrange, seriei mobile, funcțiilor cubice Spline și alte metode de interpolare și extrapolare. Pentru realizarea corelațiilor între datele considerate, se vor folosi în continuare valori prezentate în mg/L sau părți per milion (ppm) sau alte unități de măsură specifice. Acestea pot reliefa numărul de molecule dintr-o anumită specie prezente în unitatea de volum de apă (m^3 de apă). Modelul construit astfel va da și posibilitatea de a analiza prezența unor specii chimice prin elemente ale unor mulțimi de tip „multisets”, mulțimi în care pot apare mai multe copii ale unui element.

Definiție 8: Un „multiset” este o mulțime în care un anumit element apare de mai multe ori prin copii ale elementului astfel încât fiecare element posedă un anumit ordin de multiplicitate.

Lema 1: La momentul t , într-o unitate de volum din apă se regăsește un multiset de elemente în care elementele sunt molecule ale unei anumite specii chimice prezente în apă, cu un anumit grad de multiplicitate (ordin de multiplicitate) care este reprezentat de un număr natural, ce poate reflecta concentrația unei anumite specii prezente în unitatea de volum de apă.

Spre exemplu, dacă la momentul t concentrația de OD este de 8.2 mg/l (8,2 ppm) iar concentrația de suspensii solide de 11.3 mg/l (11.3 ppm) și vom nota cu x elementele din prima specie iar cu y elementele din cea de-a doua specie, atunci multiset-ul elementelor va conține 8 elemente x și respectiv 11 elemente y , aceasta scriindu-se după modelul matematic $\{(x,8); (y,11)\}$.

Pentru precizarea numărului de molecule putem folosi și calculul cunoscut ca cel ce face trecerea de la concentrația unui element al unei specii chimice la numărul de molecule din specia respectivă folosind numărul lui Avogadro. Desigur că nu putem vorbi de un număr mic de molecule în unitatea de volum dm^3 spre exemplu. Construcția teoretică dă posibilitatea de a crea un submodel matematic plauzibil prin care folosind o

bogată bibliotecă de date să putem analiza evoluții ale concentrațiilor anumitor specii. Prin urmare valori de tipul 8 molecule sau 11 molecule pot apărea doar în construcția modelului matematic, strâns legată de ceea ce vom numi și defini ca „**spațiul vizibil al analizelor de calitate**”, sau **spațiul observabil al datelor (SO)**, (fig. 14). În cazul în care valorile nu sunt numere naturale putem folosi valoarea părții întregi a valorii calculate [41].

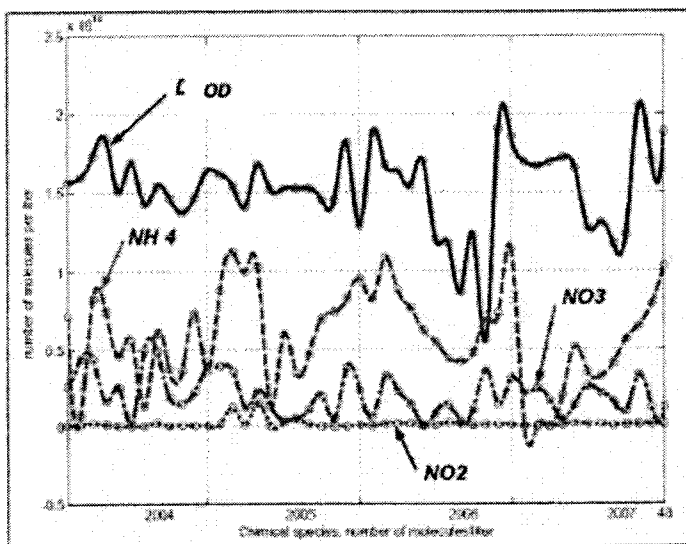


Figura 14 Spațiul observabil al datelor (SO)

Privind acest aspect, vom accepta că există un termen de calitate cantitativ, măsurabil și comparabil pentru o mare parte a substanțelor prezente în apă, de fapt, pentru toate acelea în care există evaluări cantitative. Această construcție va fi reluată și susținută în continuare, fiind necesară derulării unui „calcul cu membrane” susținută ca teoria matematică nouă a numitelor P-Sisteme [69].

3.2.1. EXEMPLE DE ANALIZĂ A DATELOR

Analiza pune în evidență o serie de decade în istoricul influenței factorilor poluanți, analize de acest tip regăsindu-se în publicațiile de specialitate. Pentru perioada după 1992, s-a observat o evoluție constantă spațială din cauza procesului de auto-purificare în apele Dunării [47], fiind vizibilă și o tendință de scădere a influenței factorului poluant după anul 1992, atât în amonte cât și în aval de Baziaș, la intrarea Dunării pe teritoriul românesc. Aceiași tendință reiese și considerând datele prelevate și analizate grafic, folosind algoritmul de analiză.

Modelul de analiză considerat are particularitatea că încadrează o arie supusă unui factor de poluare complex datorat unor aglomerări urbane (Brăila sau Galați), între două locații între stația de monitorizare S1 și stația S4, ce nu sunt supuse unor situații de poluare punctuale vizibile, ci unor situații de poluare de tipul celor agricole, ce pot acționa pe o distanță remarcabilă pe Dunăre și având un efect întârziat în timp. Aceasta poate fi explicat prin faptul că odată înregistrat factorul poluant pe terenul agricol, aceasta se manifestă după precipitații abundente de obicei la interval de două-patru luni. În aceste condiții, considerarea în paralel a datelor procesate pentru S₁ și S₄ poate realiza conexiuni cu impactul poluării în zonele stațiilor S₂ și S₃.

Comportarea armonică (sau oscilatorie) a acestor parametri poate fi pusă în evidență, însă este mult mai importantă înregistrarea trendului descrescător sau crescător al valorilor concentrațiilor și chiar considerarea istorică a unor astfel de decade influențate de anumiți factori economici sau de poluare care, de cele mai multe ori, au trecut neobservați sau au rămas neconsemnați ca efect.

Este un adevăr, din ce în ce mai mult acceptabil, acela că, în cazul evoluției corpurilor de apă de suprafață, multitudinea parametrilor și condițiilor ce trebuie urmărite, fac din respectivul sistem unul greu de controlat și, mai mult, dificil de modelat.

Cu toate acestea, modelul matematic propus în prezenta lucrare (precum și algoritmul construcției urmat) poate fi considerat un model de analiză, investigație și predicție. În prezența unor medii de programare specifice matematice, s-au considerat baze de date bogate atât ca timp cât și ca număr al parametrilor analizați.

Alegerea grupei oxigenului ca subsistem investigat, a acceptat metodologia analizei unui sistem ecologic prin considerarea unor subsisteme, aceasta nealterând procesul de abstractizare sau generalizare.

Datorită posibilităților de calcul specifice programelor informatice folosite și din cauza unor limitări ale posibilităților de aplicare a acestor soft-uri (posibilități de calcul, posibilități de a realiza grafice ale mai multor funcții în același panel sau posibilități de import de date), am considerat un algoritm de analiză a acestor date care precizează, în fapt, modelarea datelor și importul în medii de calcul. Structura propusă se poate aplica și în cazul lucrului asupra altor serii temporale, baze de date din alte domenii de cercetare.

3.2.2. ALGORITMUL DE UNIFORMIZARE, PRELUCRARE ȘI ANALIZĂ A DATELOR (AUPAD)

Algoritmul propus urmează următorii pași și realizează câteva secvențe de analiză secvențial, astfel:

1) Uniformizarea bazei de date. Datorită regimului de prelevare a datelor considerate, de către TNMH sau ANM pentru care nu există o uniformizare a datelor (o distribuție uniformă în timp a acestor date), s-au prelucrat pentru toți parametrii de calitate considerați, cu ajutorul funcțiilor Spline cubice, o plajă de date uniformă de 24 de date anual (câte două date pentru fiecare lună).

2) Identificarea unor perioade în afara limitelor minime, maxime admise. Pentru a observa evoluții anuale sau specifice unei luni a anului, s-au folosit discretizări din ce în ce mai fine ale spațiului de timp și s-au suprapus imagini grafice ale evoluției unor anumiți parametri, observându-se corelații, precum și anumite perioade în afara limitelor maxime sau minime admisibile pentru parametrii considerați. Aceste perioade, "out of admissible limits", au fost identificate și s-au căutat evoluții în istoricul arealului studiat, pentru a determina factori ce au influențat aceste evoluții (spre exemplu, nivel secetos și limite de (OD) sub minimul admis).

3) Considerarea funcțiilor X_C ca funcții continue și derivabile. Pentru a întări ideea că evoluția parametrilor de calitate se realizează funcțional, urmărind funcțiile continue, derivabile și implicit mărginite (conform ipotezei de lucru admise), baza de date, realizată cu discretizări ale unui segment de timp, a fost analizată din punct de vedere al distribuțiilor Weibull. Rezultatele descriu o evoluție conformă cu analiza Weibull și, prin urmare, aceasta confirmă ipoteza introdusă.

4) Identificarea formei analitice a funcției X_C . Datele evoluției parametrilor de calitate, obținuți în urma procesării acestora în mediul MATLAB, au fost introduse în EXCEL și apoi importate în soft-ul Table Curve 2D, realizându-se analize ce au urmărit identificarea formei funcționale ce modelează cât mai fidel evoluția (din punct de vedere al valorilor reziduale) și considerarea inclusiv a unor funcții armonice sau forme funcționale de tip polinomial sau forme funcționale de tipul celor periodice.

5) Analiza datelor pentru același parametru de calitate C și pentru stațiile S1, S2, S3, S4. Considerând cursul normal al Dunării, s-au analizat datele în stația de intrare S₁, evoluția datelor specifice parametrilor de calitate în stația S₄ și s-au identificat perioade critice ale evoluțiilor ce pot fi interpretate ca fiind influențate de sursele de poluare identificate în stațiile intermediare S₂ și S₃.

6) Prezentarea formelor analitice, trend, predicție pentru parametrii de calitate C . Identificarea unor forme funcționale adecvate, pentru a modela evoluția parametrilor de calitate C , a fost analizată și propunerile realizate pentru forme analitice pot fi folosite în diferite calcule, fără a avea, totuși, certitudinea că acestea sunt general valabile pentru toți parametrii.

Totuși, aceste forme modelează evoluții ale parametrilor, specifice sistemului ecologic studiat și permit precizarea unor tendințe de evoluție, propun intervale de predicție a evoluției și identifică situații istorice critice în evoluția seriilor temporale.

3.2.3. INDICATORI CHIMICI AI REGIMULUI DE OXIGEN, REFLECTAREA ANALIZEI CONFORM (AUPAD)

Oxigenul este un gaz solubil și se află dizolvat în apă sub formă de molecule O₂, prezența oxigenului în apă condiționând existența mării majorității a organismelor acvatice. Toate apele care se află în contact cu aerul atmosferic conțin oxigen dizolvat, în timp ce apele subterane conțin foarte puțin oxigen.

Solubilitatea oxigenului în apă depinde de presiunea atmosferică, temperatura aerului, temperatura și nivelul substanțelor în suspensie.

Oxigenul dizolvat (OD), cel mai important parametru de calitate al apei din râuri și lacuri, are o importanță vitală pentru ecosistemele acvatice. Astfel, conținutul de oxigen

$\bar{X}_C = (D; [0, M]; C; G; P; Clim; F; S)$, în care:

- $D = \{1, 2, \dots, n\}$, unde n este numărul de probe prelevate într-un interval de timp;
- $[0, M]$ este domeniul valorilor parametrului de calitate C ;
- C este parametrul de calitate;
- G reprezintă factorul geografic al bazinului hidrografic;
- $Clim$ reprezintă factorul climatic reprezentat de aspectele de temperatură, presiune, precipitații, vânt, radiații solare;
- F reprezintă factorul aleator de risc al proceselor accidentale;
- S reprezintă factorul subiectiv al prelevării și interpretării probelor precum și normele impuse de abateri medii acceptate în cazul interpretării probelor administrate într-o anumită stație de monitorizare.

Prin urmare, modul de definire al funcțiilor de tip \bar{X}_C poate fi interpretat mult mai complex. Această abordare poate duce la existența unei unicități a funcției de tip X_C , care să interpoleze datele unor serii de timp și care am presupus că există pentru orice parametru de calitate considerat.

Evoluția spațio-temporală a calității apelor de suprafață corespunde factorilor secvenței n -uplului precizat ce conține anumiți factori fie produși de om (factori antropici), fie factori de origine naturală.

Factori antropici influențează o variație spațio-temporală a calității apelor de suprafață și sunt reprezentați în primul rând poluările antropice accidentale, de deversarea discontinuă de ape uzate ce produc variații-șoc, de concentrație a factorilor poluanți, greu de suportat pentru viețuitoarele acvatice. Se pot prezenta în acest sens irigațiile care determină debite de reîntoarcere sau apele fecaloid-menajere neepurate care ajung în emisar în cantități crescute la anumite ore, corespunzător programului locuitorilor.

Factori naturali includ condițiile climatice, condițiile geografice, condițiile geologice, vegetația, anotimpurile sau variațiile diurnale.

3.4. CONCLUZII ASUPRA (AUPAD) ȘI A FUNCȚILOR DE STARE

În cazul analizei unui istoric al datelor ce reflectă evoluția unui ecosistem este rar regăsită o bază de date uniformă, ce acoperă o perioadă temporală prin date distribuite în timp, cu aceeași normă temporală.

Aceasta se datorează faptului că, anumite măsurători realizate în procesul de monitorizare nu sunt posibile, din cauza unor condiții climatice, din cauza nestabilirii unor date fixe pentru acest demers, sau datorată factorului uman, ce consideră comportarea sistemului una normală, în limita parametrilor admiși. Trecerea unui set de parametri din clasa II de calitate, în clasa III de calitate, pentru o perioadă de timp, nu este sesizabilă și, practic, se consideră inoportună monitorizarea cu o frecvență bilunară a parametrilor. În bazele de date, regăsite la institutele ce au ca obiect de activitate monitorizarea calității apelor de suprafață, se vor întâlni, astfel, frecvent perioade și de 90 de zile fără date înregistrate.

Se pune, deci, întrebarea firească: în ce mod s-a comportat respectivul corp de apă în această perioadă?

În cazul apelor uzate deversate, controlul calității se realizează și mai rar sau numai impus de anumite situații de poluare accidentală.

Totuși, aceste fenomene lasă urmă în istoricul bazei de date, asupra calității corpului de apă, considerat receptor în cazul deversărilor apelor uzate.

Pentru aceste considerente s-a impus, în primul rând, o uniformizare a bazelor de date investigate, obținându-se, conform ipotezelor enunțate în teză și acceptate în cadrul construcției matematice, o bază de date uniformă distribuită în timp.

Considerând și o anumită inerție naturală a evoluției crescătoare sau descrescătoare a unei concentrații a unui parametru de calitate, afirm că modalitatea de lucru a produs o comportare a evoluțiilor studiate, confirmate în cazul unor investigații concrete asupra unor corpuri de apă, ca o diagramă de stare a corpului de apă investigat.

Exemplele prezentate confirmă pașii algoritmului de analiză proiectat în teză ca o reală schemă de analiză numerică, posibil de aplicat pentru studiul dinamicii indicatorilor regimului de oxigen și a celorlalți parametri de calitate.

Realizarea unor forme polinomiale ce descriu evoluția parametrilor din grupa oxigenului, analiza regresiiilor în funcție de gradul polinomului considerat, conduce atât la o formă analitică a funcțiilor de stare, într-un segment temporal, dar și la posibilitatea de a analiza, în imagini grafice, monotonia, valoarea maxima/minimă, înregistrarea în istoricul bazei de date a perioadelor temporale critice, sub clasa II de calitate.

Considerarea parametrilor de calitate din grupa oxigenului, ca subsistem al parametrilor de calitate investigat, este un alt aspect considerat ca important și analizat din punct de vedere al interacțiunilor dintre subsisteme, precum grupa oxigenului, grupa nitraților sau evoluția acestor subsisteme în mediul acvatizat.

Comportarea unor parametri de calitate într-un regim sinusoidal, cu perioade diferite, este un alt aspect ce este pus în evidență în acest capitol și, prin urmare, se deschide calea unei analize a acestei comportări temporale sinusoidale și a explicării periodicității identificate în anumite segmente temporale pentru același parametru sau pentru interacțiunea unor parametri diferiți.

Acestea pot reprezenta evoluția parametrilor de calitate, dar sunt strâns legate, după cum reiese din investigațiile proprii, și de factorii climatici și de evoluțiile acestora în zona studiată.

CAPITOLUL 4 - VERIFICAREA ȘI VALIDAREA COMPLEXULUI DE ALGORITMI (AUPAD), EVALUAREA REZULTATELOR

Analiza și realizarea modelului matematic AUPAD permite reanalizarea unor baze de date și realizarea unor noi analize care să reflecte impactul zonelor urbane principale din arealul studiat (orașul Brăila și Galați) asupra apelor Dunării și influența zonelor umede, asupra nivelului de calitate a corpurilor de apă.

Plin aplicarea asupra bazelor de date a schemei algoritmice de analiză s-au pus în evidență pentru prim dată rezultate semnificative ale evoluției în timp a nivelului de oxigen dizolvat în apele Dunării și chiar evoluții oscilatorii ale acestuia care nu sunt influențate în mare măsură de aspectul sezonier ci de un anumit nivel de presiune al

factorilor poluanți din zonă. Acest aspect apare reliefat și de analiza pe termen lung a nivelului consumului biologic de oxigen dizolvat, de diferențele între nivelele modelate grafic pentru datele corespunzătoare celor patru stații de monitorizare considerate.

Datele analizate pentru apele uzate orășenești au pus în evidență faptul ca, impactul acestora este considerat ca nesemnificativ pentru calitatea marelui curs de apă Dunărea, conform analizelor agențiilor de mediu însă, considerând anumite evoluții oșcillatorii sesizate conform aplicării AUPAD, se poate afirma că acest aspect reflectă o presiune constantă a factorului poluant prezent în zonă atât punctual prin gurile de deversare cât și prin acțiunea unor activități agricole pe spații ample din arealul studiat.

Nu în ultimul rând, propunerea de aplicare a AUPAD produce și o nouă abordare a procesului de stocare a datelor într-un nou format în cadrul sistemului TNMN, în cadrul agențiilor de mediu și a celorlalți factori responsabili pentru administrarea unor baze de date privind monitorizările de mediu.

4.1. MODELUL MATEMATIC INTEGRAT (AUPAD)

Pentru a pune în evidență modul de funcționare a unui sistem natural, pentru a înțelege modul în care acesta se comportă în cazul unor factori ce acționează asupra sa, sunt necesare măsurători în timp. Acestea se grupează într-un set de observații ce se organizează cronologic și formează serii de timp. Datele sunt înregistrate cu ziua prelevării probelor. Pentru modelul matematic construit, aceste date se vor considera aparținând lunilor în care s-au înregistrat probele ca medii lunare.

Prin analiza acestor serii de timp, cu ajutorul unor modele matematice conform algoritmului propus, se poate descrie comportamentul sistemului în scopul simulării, anticipării evoluțiilor ulterioare, al evaluării tendințelor și modelarea dinamicii componentelor sale, considerând parametrii de calitate C. Spre exemplu pentru oxigen dizolvat, (fig. 17), s-a realizat o analiză a datelor pentru anul 2006, s-au realizat corelații între date de calitate pentru mai mulți parametri de calitate C, (fig. 18), pe perioada mai multor ani și sesizând comportarea sistemului prin aplicarea unui factor α , pentru a aduce în spațiul observabil toate reprezentările grafice considerate, pentru mai mulți parametrii de calitate. Valorile pentru $N-NH_4^+$ și respectiv pentru $N-NO_3^-$ au fost multiplicare cu factorul $\alpha=10$ pentru a putea vizualiza evoluția acestor factori din punct de vedere al monotoniei și atingerii punctelor de extrem local și pentru a compara grafic evoluțiile cu a celorlalți parametri precum temperatură, debit sau nivel de oxigen dizolvat.

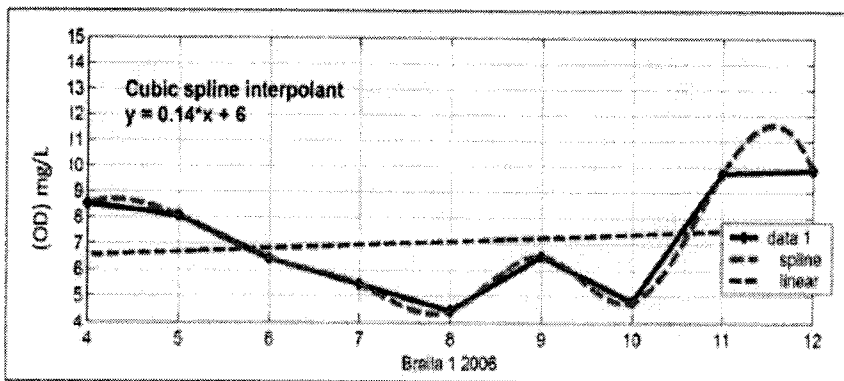


Figura 17 Modelarea datelor pentru (OD), interpolare Spline și regresie liniară

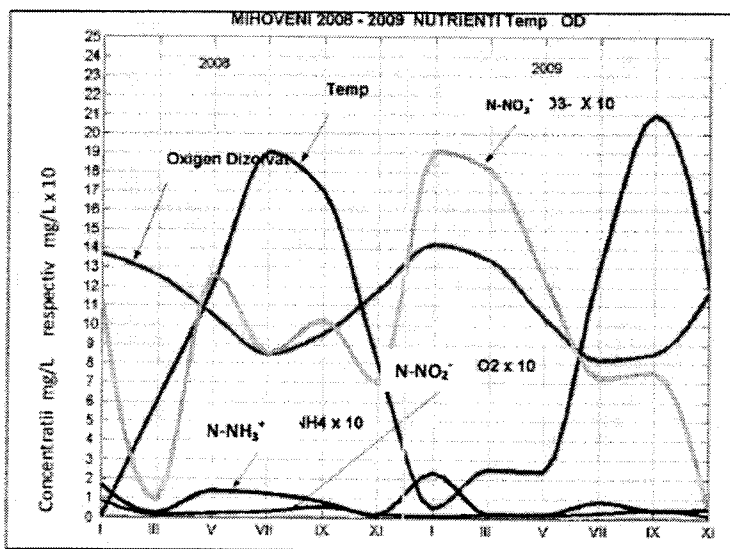


Figura 18 Corelații între date de calitate pentru mai mulți parametri de calitate C

4.2. OXIGEN DIZOLVAT- REZULTATELE APLICĂRII (AUPAD)

Pentru a exemplifica legătura dintre nivelul de precipitații, evoluțiile atmosferice (nebulozitate) ce poate influența direct atât nivelul de precipitații dar, în același timp și nivelul de radiație solară și legătura cu evoluția nivelului concentrației de Oxigen Dizolvat s-au analizat date grafice obținute din baza de date U.S. Geological

Survey, USGS, pentru segmentul studiat. Alături de aceste imagini grafice ce prezintă nebulozitatea în arealul cercetat s-au luat în considerare datele privitoare la circulația atmosferică prezentată ca valori în m/s, datele fiind preluate conform „NOAA/ National Centers for Environmental Prediction (NCEP)/ Environmental Modeling Center (EMC)/ NOAA Operational Model Archive Distribution System (NOMADS) development group”.

Se poate aprecia că există o corelație între imaginea grafică reprezentând presiunea atmosferică conform datelor prelucrate după observațiile din baza de date NOMAD3 referitoare la zona studiată și spre exemplu imaginile grafice ale concentrației de oxigen dizolvat din apele fluviului Dunărea, într-o imagine MATLAB ce prelucrează date anuale pentru cei 15 ani (perioada 1992-2006), fiecare curbă reprezentând comportarea anuală a concentrației de oxigen dizolvat în mg/L, corespunzător stației S4, (fig. 20).

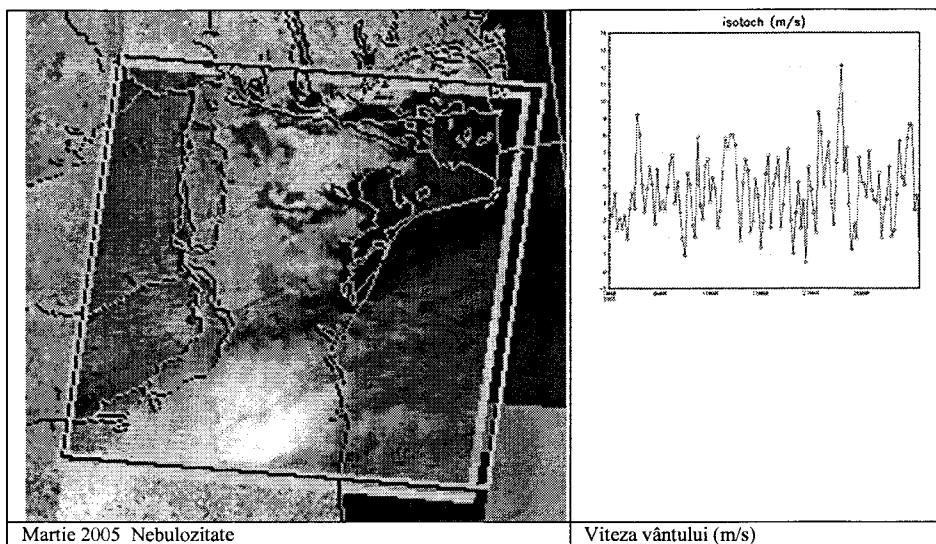


Figura 19 Corelații nebulozitate și viteza vântului la aceeași altitudine în luna martie 2005

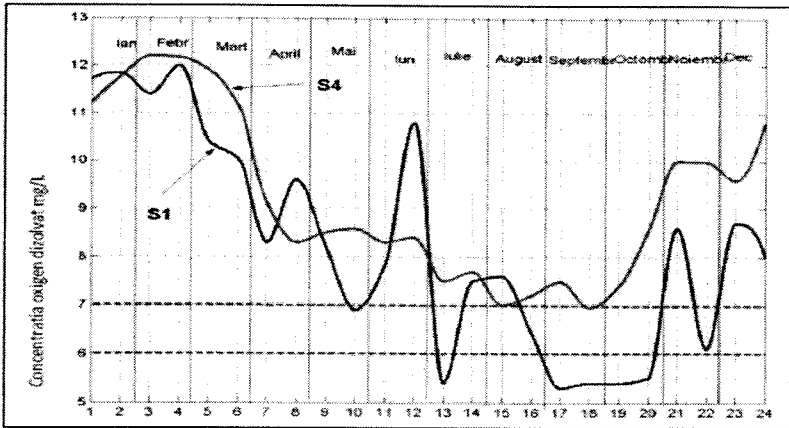


Figura 20 Evoluția concentrației de oxigen dizolvat în mg/L pentru stațiile S1 și S4 în anul 2005

Aplicarea (AUPAD) a scos în evidență anumite periodicități ale evoluției parametrilor de calitate (fig. 21), evoluții periodice sinusoidale sau trenduri sub limita de 7 mg/L pentru (OD) folosind funcții de tip polinoame Cebîșev de ordinul 20, (fig. 22)

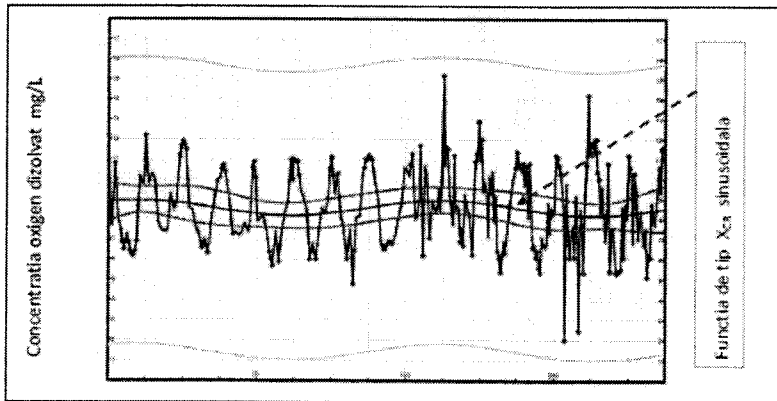


Figura 21 Periodicitatea identificată pentru evoluția oxigenului dizolvat pe perioada 1992-2006 pentru stația S1

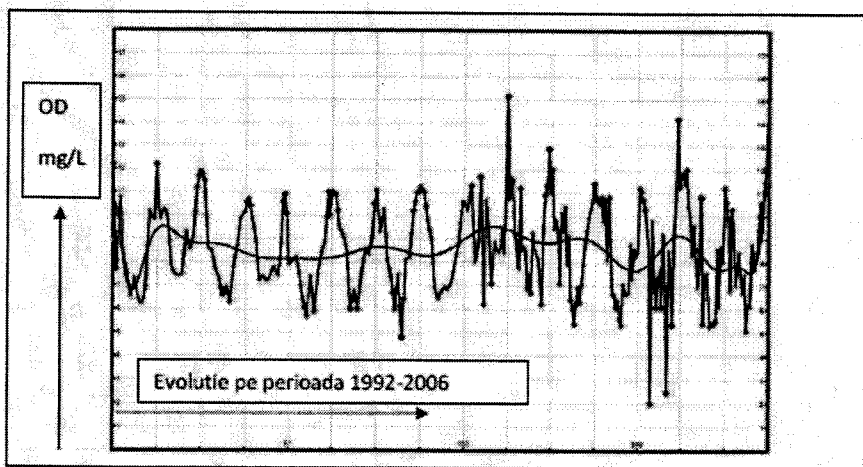
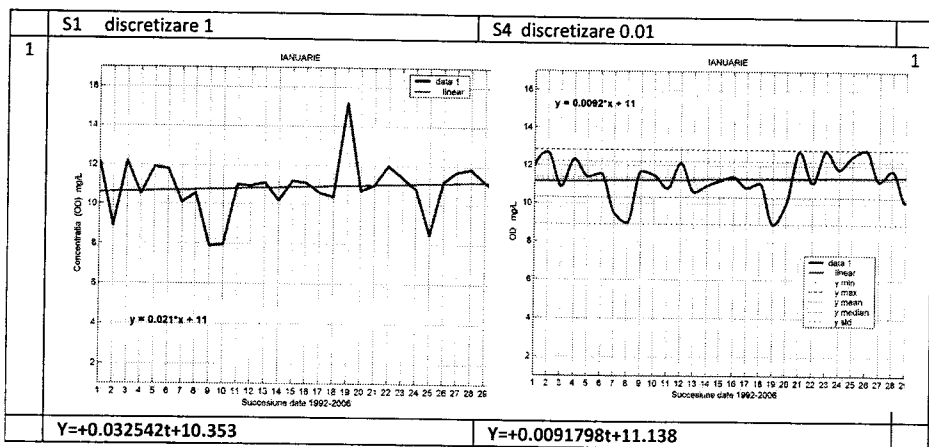


Figura 22 Prelucrarea datelor pentru oxigen dizolvat înregistrate în perioada 1992-2006 în stația S1 prin funcții de tipul X_{CR} în care forma funcțională este funcție polinomială *Cebîșev* de ordin 20

Folosind analize de tip (AUPAD) s-au realizat tabele ce descriu evoluția concentrației de oxigen dizolvat corelațional pentru cele două stații S1 și S4 atât pe ani separat în perioada 1992-2006 cât și analiza pe luni în aceeași perioadă.

	S1	S4	
1992			1992
6.2			6.3
12.2			12.6
7.74			7
9			8.25
	Y=-0.026682t+8.4218	Y=-0.069403+9.7895	7

Setul de tabele corespunzător analizelor anuale sau lunare pun în evidență regresii liniare ce pot identifica trenduri crescător/descrescator pentru aceste evoluții.



4.3. PERIODICITATEA EVOLUȚIEI NIVELULUI DE (OD)

Pentru a identifica o periodicitate a comportării parametrilor de calitate, baza de date uniformizată a fost prelucrată sub programe proprii MATLAB pentru a putea discretiza mai fin spațiul de timp și a obține o bază de date mult mai amplă corespunzătoare unei comportări continue și derivabile a funcțiilor de stare X_C , reprezentând parametri de calitate analizați. Rezultatele sunt produsul aplicării (AUPAD). Considerând datele pentru toți cei 15 ani se poate identifica o periodicitate de 5 ani iar ponderea valorilor modelate sinusoidal se află în intervalul 7,5-10 mg/L

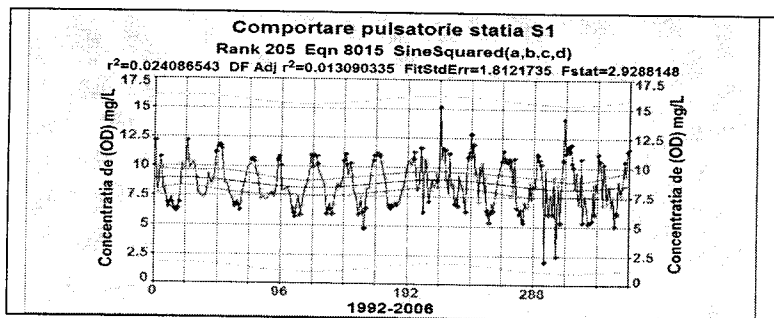


Figura 23 Evoluția concentrației de oxigen dizolvat stația S1 1992-2006

Aceiași situație a acoperirii unei perioade de 5 ani pentru perioada principală se observă și în cazul celei de a doua perioade de 5 ani, fără a se modifica oscilația conform unei periodicități mai mici de 5 ani. Evoluția sinusoidală rămâne și în acest caz în jurul valorilor din intervalul 8-9 mg/L pe subgrupa temporală 1997-2001. În cazul ultimei subperioade de 5 ani se observă o modificare vizibilă a fenomenului pulsatoriu, cu o perioadă 6 luni, în intervalul 7,6-9 mg/L. Se poate afirma că evoluția concentrației de

oxigen dizolvat este influențată vizibil în această perioadă de factorii ce pot modifica nivelul de oxigen dizolvat prezent în apele Dunării. Variația este mult mai vizibilă și desigur că în acest caz nu mai poate fi pusă doar pe seama factorilor naturali ai evoluțiilor sezoniere, segmentul temporal necesitând investigații mai ample asupra deversărilor din aval de stația S1.

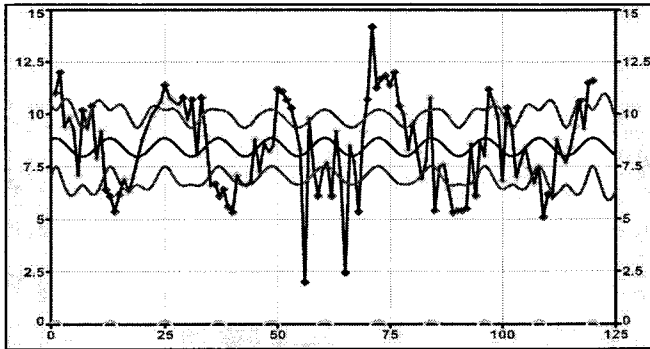


Figura 24 Evoluția (OD) stația S1 Subgrupa temporală 2002-2006

4.4. DEBIT-SCURGEREA SOLIDĂ-APLICAREA (AUPAD)

Sensibil la toate modificările din cadrul bazinului hidrografic, materialul aluvionar este puternic influențat de acesta.

Analiza datelor pentru perioada 1992-2006 a fost analizată separat anual și lunar, înregistrându-se regresii liniare corespunzătoare valorilor înregistrate pe ani și lunar. S-au realizat astfel regresii liniare, (fig.25), evoluții sinusoidale cu o perioadă de cinci ani, (fig. 26), trend crescător indicat de funcția de stare de tip X_{CR} de tip polinom Cebîșev, (fig. 27) sau predicția pentru cei cinci ani de după 2006, adică perioada 2007-2011, (fig.28).

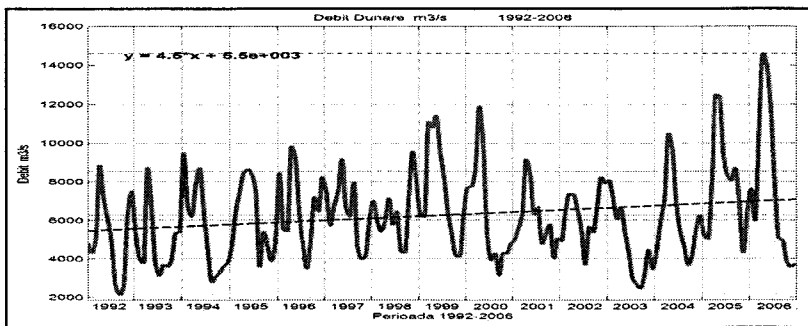


Figura 25 Evoluția debitului interpolată Spline cu o discretizare de 1:10 a variabilei timp. Regresia liniară înregistrează o pantă pozitivă de 4.5

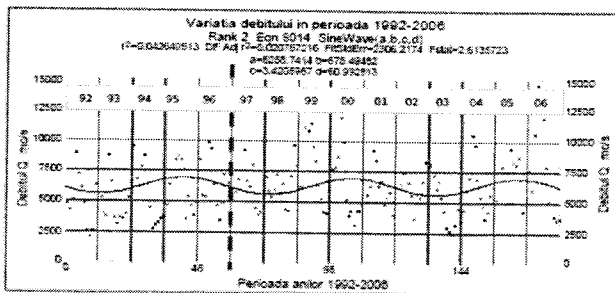


Figura 26 Evoluția sinusoidală a debitului cu perioadă de 5 ani

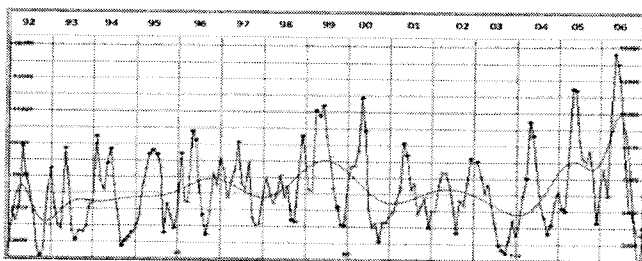


Figura 27 Modelarea evoluției debitului cu polinoam Cebîșev de ordin 20

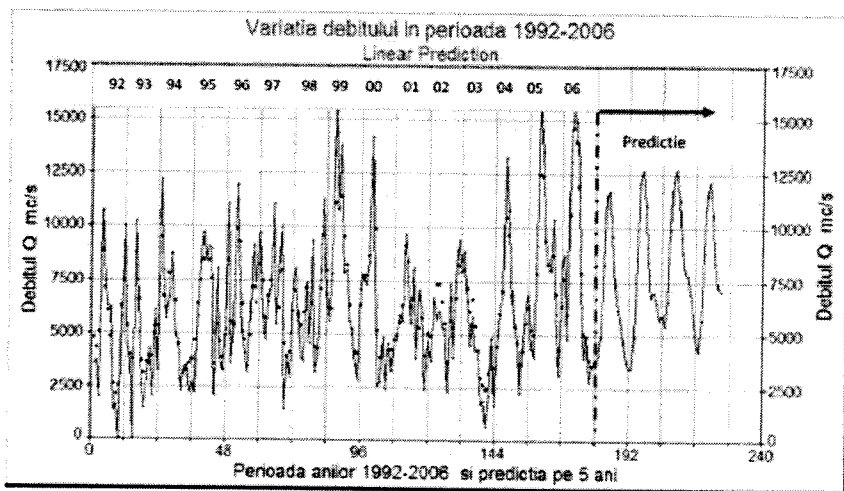


Figura 28 Predicția variației debitului pe o perioadă de 5 ani, 2007-2011 folosind o simulare TC2D

4.5. CONSUMUL BIOCHIMIC DE OXIGEN-APLICAREA (AUPAD)

Considerarea consumului biochimic de oxigen CBO_5 , ca element principal în investigarea poluării cu substanțe organice, s-a impus și datorită faptului că în prezent, odată cu micșorarea nivelului unor activități industriale în zonă (industria chimică) și mărirea ponderii activității agricole, aceasta dă un aspect caracteristic segmentului de fluviu investigat.

Analizele realizate conform (AUPAD) au urmărit regresiile liniare pe ani și considerând intrările în dreptul stației S1 și ieșirile în stația S4, (fig. 29), suprapunerea datelor procesate (AUPAD) pe toate lunile anului în perioada 1992-2006, (fig. 30), identificând perioadele critice ce indică o presiune a factorilor poluanți în zona considerată. Se poate considera că parametrul CBO_5 rescrie istoricul comportării corpului de apă, ca un veritabil decantor natural în această parte a bazinului Dunării, înainte de Delta Dunării, spațiu natural protejat.

Cu ajutorul analizelor realizate asupra seriilor temporale s-a reliefat când segmentul de Dunăre funcționează ca un decantor natural sau când factorii poluanți din zona aglomerărilor urbane este vizibilă. Se poate afirma că există o strânsă corelație între nivelul debitului, nivelul CBO_5 , sau nivelul de (OD).

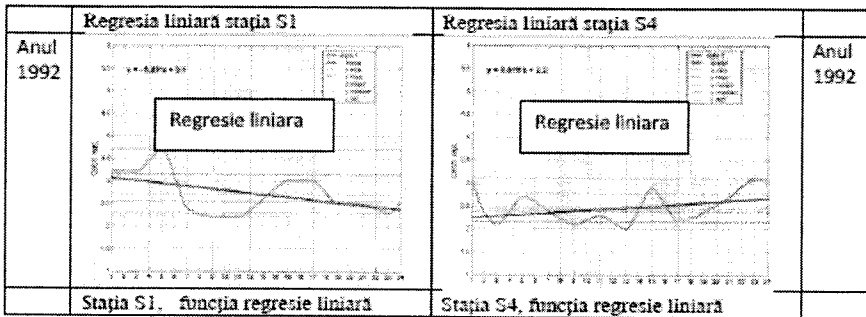


Figura 29 Regresii liniare realizate anual pe baza de date considerată pentru CBO_5

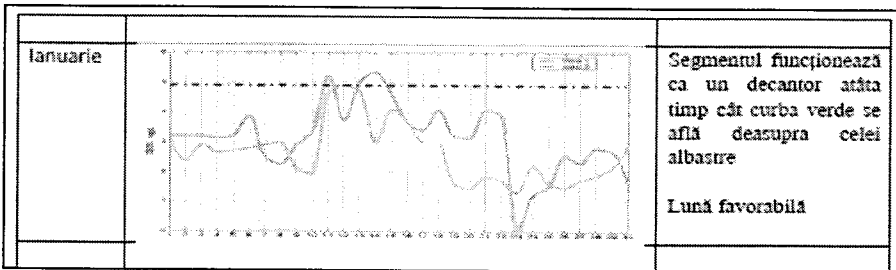


Figura 30 Analiza pentru luna ianuarie a datelor suprapuse pentru CBO_5 , considerând cele două stații S1 și S4

4.6. CONSIDERAȚII ASUPRA APELOR UZATE, A SISTEMULUI DE DRENAJ URBAN A ORAȘULUI BRĂILA, CONSIDERÂND CONFIGURAȚIA GEOMETRICĂ A SPAȚIULUI

Interacțiunea dintre activitatea umană proprie unei aglomerări urbane și ciclul natural al apei se observă cu precădere în aceste zone, inclusiv considerând cel mai important corp de apă al arealului și anume fluviul Dunărea.

În anul 1973 a fost reproiectat sistemul de canalizare a municipiului Brăila prin proiectul nr. 1131 realizat de Institutul de studii și proiectare pentru construcții și instalații de gospodărire comunală, București. Conform acestui proiect se avea în vedere o creștere a populației orașului de la 170.000 locuitori până la 270.000 de locuitori spre anii 1995. Studiul aparține unei perioade mult mai intense din punctul de vedere al activităților industriale foarte puțin supusă unor norme de respectare a protecției mediului înconjurător și inclusiv fără prezența actualelor norme de gestionare a apelor uzate urbane. Proiectul a luat însă în considerare așezarea orașului pe un platou pe malul stâng al Dunării, cu o faleză de circa 15 m și o coborâre lentă de la est spre vest. Punctele cele mai înalte ale orașului situate în zona de nord și cele mai joase în zona de sud pot considera o topologie a sistemului de deversare a apelor uzate și a apelor pluviale nu direct în Dunăre ci pe o structură ce preia această așezare cu înclinarea descrisă a structurii.

Un factor deosebit, propriu orașului Brăila este structura străzilor într-o rețea de tip semicerc, pânză de paianjen, cu bulevarde în formă de semicerc ce pleacă de la faleză și se reîntorc spre faleza Dunării, celelalte străzi principale pornind din centrul vechi sub forma unor raze, (fig. 31).

Și la data proiectării sistemului de canalizare s-a avut în vedere acest aspect care, în prezent în cazul reproiectării sistemului este mai puțin fructificat. Aceasta și datorată extinderii semnificative a zonelor locuite, construcția unor noi cartiere de blocuri, în afara semicercului principal după anul 1970.

Plecând de la acest aspect, am realizat o schemă geometrică pentru analiza unui astfel de sistem de drenaj urban, folosind un model GeoGebra, capabil să deseneze această structură în spațiu 2 dimensional, (fig. 32).

Sistemul de canalizare al orașului Brăila a fost proiectat și realizat în perioada 1914-1920 pe baza proiectului inginerului D. Germani și s-a avut în vedere faptul că datorită configurației orașului în contrapantă de la malul stâng al Dunării spre vest, aceasta nu permite scurgerea naturală a apelor pluviale spre Dunăre. La nivelul anului 2009 analiza asupra volumului de ape uzate deversate se prezintă într-o sinteză grafică aplicând pașii (AUPAD) conform figurii 33. Se poate observa că pentru luna aprilie nu a existat o valoare precizată în baza de date înregistrată, aceasta fiind procesată cu ajutorul unei evoluții Spline.

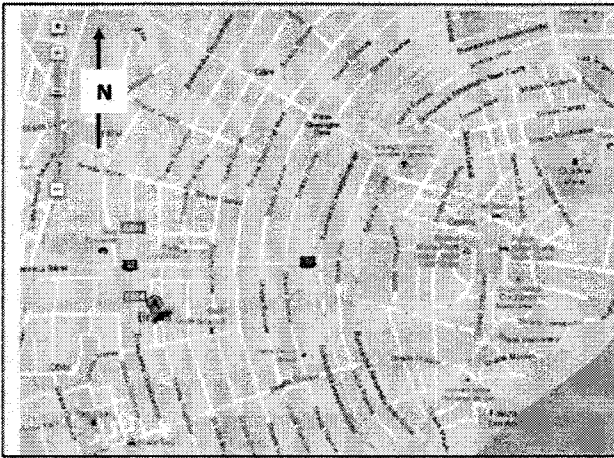


Figura 31 Structura străzilor orașului Brașov cu străzi principale în formă de arc de cerc și străzi principale sub formă de raze ce pornesc din centrul vechi al orașului

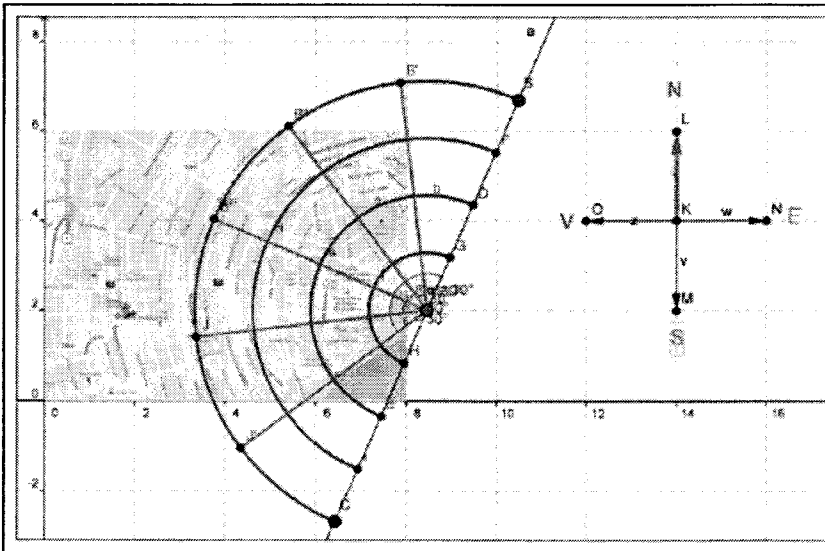


Figura 32 Structura în formă de pânză de păianjen a străzilor orașului Brașov schematizată cu ajutorul unui proiect GeoGebra

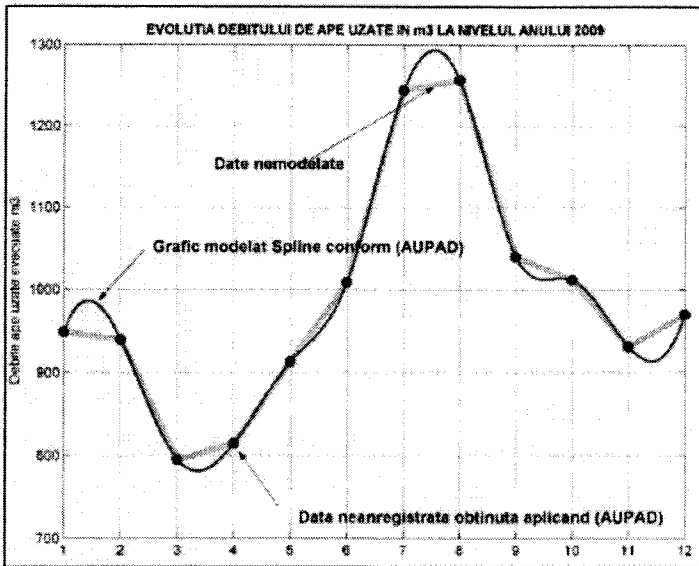


Figura 33 Debitul apelor uzate deversate la nivelul anului 2009, analiză AUPAD

Pentru a putea suprapune date de calitate corespunzătoare prelevărilor pentru unele dintre cele 14 colectoare principale spre Dunăre s-a folosit pentru reprezentarea debitului în sistemul 2-dimensional un factor $\alpha=0,3$. Suprapunând datele pentru debit și nivelul de CBO_5 în mg/L corespunzător anului 2009 s-a obținut graficul din figura 34.

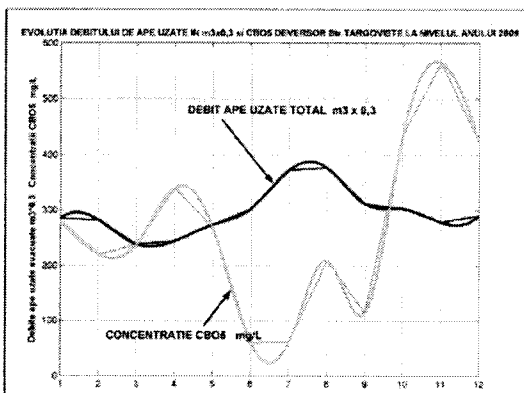


Figura 34 Analiză AUPAD a debitului deversărilor anuale și a indicatorului CBO_5 , la nivelul colecteurii din dreptul străzii Târgoviște, în zona de nord a orașului.

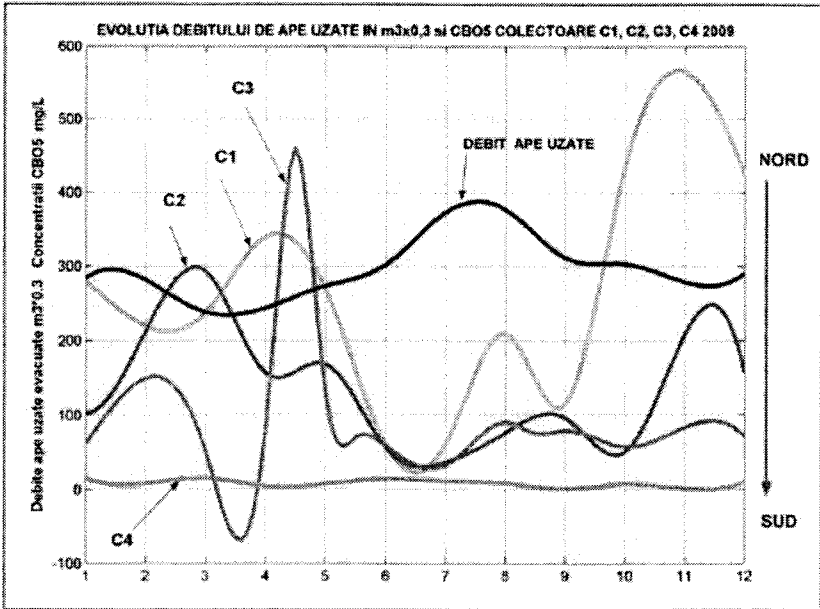


Figura 35 Corelația dintre nivelul de CBO₅ considerând patru colectoare importante dintre cele 14, de la nord la sud, în ordine: C1, C2, C3, C4

Analiza grafică ce finalizează aplicarea sistemului de analiză (AUPAD) asupra datelor, confirmă faptul că în zona de sud a orașului, zona joasă, se înregistrează nivele mai scăzute decât în nordul orașului, colectoarele corespunzătoare considerate fiind: C1- Str. Târgoviște; C2- Str. Cezar Petrescu; C2- Brâila Sud și respectiv C4- Stație de tratare Chiscani. Analiza se prezintă conform graficului din figura 35 și indică un grad de presiune poluant mai scăzut în sud.

Având în vedere rezultatul acestor investigații, propunerea traseului de evacuare pe structura de tip pânză de păianjen, solicită direcționarea traseelor pe semicercuri spre zona de sud iar pe structura de raze din centru spre semicercul exterior. În acest caz calculele arată că lungimea pe care sunt păstrate apele uzate în conducte este mai mare, timpul de parcurgere este mai mare, permițând astfel interacțiunea cu depunerile pe pereții conductelor, realizând astfel un proces de epurare biologică. Traseele propuse sunt cele realizate în schema din figura 36.

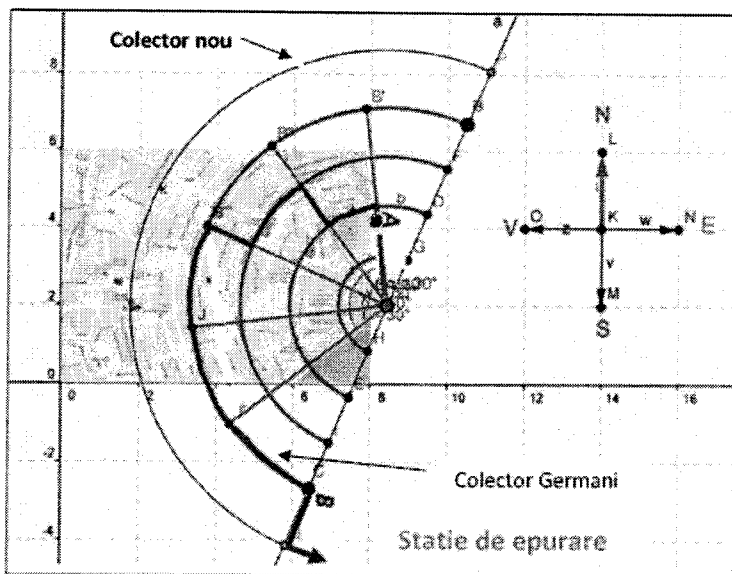


Figura 36 Parcurgerea grafului sistemului de drenaj pentru obținerea traseului cel mai lung între punctul A considerat și punctul de evacuare B

Aceste rezultate și propuneri pot sta la baza reproiectării sistemului de drenaj urban considerând structura geometrică proprie orașului Brăila. Aprecierile asupra parametrilor de calitate ai apelor uzate și a modului de deversare propus, precum și posibilitatea de poziționare a unei stații de epurare biologică pot fi considerate, având în vedere și circulația atmosferică ce în punctul B din figura 36 unde aceasta se realizează cu precădere spre o zonă exterioară orașului. Nu în ultimul rând, propunerile pot fi considerate pentru reevaluarea și refacerea master-planului referitor la problematica apei, în vederea obținerii stării bune a corpurilor de apă.

4.7. CONCLUZII PRIVIND APLICAREA COMPLEXULUI DE ALGORITMI (AUPAD)

În urma aplicării algoritmului de analiză s-au observat necorelații evidente ale valorilor parametrilor, chiar dacă stațiile sunt relativ apropiate și chiar dacă trendul evoluției scoate în evidență viteza mică de curgere a Dunării în acest segment (fig. 4.5). Valorile minime/ maxime se află pe aceeași abscisă temporală, dar cu diferențe semnificative. Pentru oxigen dizolvat (OD), acestea depășesc uneori 3 mg/l.

Studiul a scos în evidență impactul vizibil al transformărilor atmosferice, al nivelului precipitațiilor asupra corpului de apă. Chiar dacă există o inerție a observării efectelor imediate, aceste modificări sunt strâns legate, ca evoluție în timp de condițiile climatice.

S-au observat luni ale anului în care studiile teoretice anterioare scot în evidență valori scăzute ale oxigenului dizolvat (OD) (lunile de vară, uneori secetoase) și acestea au fost realizate vizibil în analizele grafice realizate. Și în acest caz există o inerție a efectelor foarte vizibilă în lunile septembrie și octombrie.

Evoluțiile sinusoidale au fost puse în evidență și se poate reține faptul că în perioadele în care aceste variații sunt mai intense (perioadă mai mică de un an), corpul de apă este supus factorilor poluanți prezenți în segmentul studiat.

Evoluția concentrației de oxigen dizolvat (OD), realizată ca imagine grafică (fig. 4.18), se suprapune integral peste imaginea grafică a presiunii atmosferice preluată din bazele de date via satelit.

Folosirea polinoamelor de tip Cebîșev realizează o imagine a evoluției parametrilor de calitate în interiorul segmentului temporal și mai puțin la capetele intervalului analizat în imaginile grafice ale funcțiilor de stare.

Datorită faptului că baza de date principală investigată a acoperit 15 ani, perioada 1992-2006, și că realizarea prezentului studiu s-a întins pe patru ani, a făcut posibilă suprapunerea previziunilor prin metoda SARIMA peste datele actuale, pe perioade de maxim patru ani, factorul de realizare a previziunilor depășind, adesea, un procent de 80%.

Considerarea consumului biochimic de oxigen CBO_5 , ca element principal în investigarea poluării cu substanțe organice, s-a impus și datorită faptului că în prezent, odată cu micșorarea nivelului unor activități industriale în zonă (industria chimică) și mărirea ponderii activității agricole, aceasta dă un aspect caracteristic segmentului de fluviu investigat.

În același timp, acest parametru poate rescrie istoricul comportării corpului de apă, ca un veritabil decantor natural în această parte a bazinului Dunării, înainte de Delta Dunării, spațiu natural protejat.

Se poate concluziona că schema algoritmică de analiză (AUPAD) este una eficientă și poate sta la baza tuturor investigațiilor de acest tip, privind nivelul calității corpurilor de apă.

CAPITOLUL 5 - CONCLUZII FINALE, DIRECȚII DE CERCETARE ULTERIOARE

În lucrare s-a construit o schemă algoritmică de analiză a seriilor temporale specifice parametrilor de calitate ai corpurilor de apă de suprafață. Schema algoritmică de analiză, uniformizare și prelucrare a bazelor de date (AUPAD), poate fi folosită pentru investigarea datelor de mediu și poate fi extinsă la o platformă informatică ce înglobează toate programele informatice folosite pentru dezvoltarea analizei asupra datelor de mediu.

Cu ocazia proiectării schemei algoritmice și considerând pașii descriși s-a considerat o bază de date încadrată istoric și s-au reconsiderat cauzele și interacțiunile factorilor ce influențează această evoluție a structurilor de date în timp. Pentru fundamentarea teoretică a construcției (AUPAD) s-au enunțat definiții, s-au redat rezultate în cadrul unor propoziții susținute și demonstrate practic prin exemple multiple analizate, acestea încadrând schema de analiză matematică și grafică a bazei de date în

contextul unor fenomene reale investigate, privind evoluția parametrilor de calitate ai apelor de suprafață și ai apelor uzate. Astfel, s-au introdus noțiuni noi precum seria temporală a unui parametru de calitate, spațiul observabil al seriilor de timp specifice unor parametri de calitate, funcția de stare a unui parametru de calitate.

Analiză bazelor de date privind parametrul de calitate a confirmat ipoteza de lucru enunțată cu privire la comportarea funcțiilor de stare ai parametrilor de calitate și anume, pentru toți parametrii de calitate ai corpurilor de apă, evoluția în timp a unui anumit parametru se comportă în realitate ca o funcție continuă și derivabilă de variabilă timp.

În urma analizelor detaliate și a algoritmicii prezentate și aplicate, s-au identificat trenduri ale evoluției parametrilor de calitate a apelor de suprafață și al apelor uzate deversate în fluviu, din activități domestice sau agro-industriale specifice perimetrului studiat.

Prin considerarea acestui perimetru geografic al Dunării de Jos și prin încadrarea sa ca un segment important înainte de Delta Dunării, prin analizarea acestuia din punct de vedere al încadrării în clasele de calitate spațial și temporal, s-a constituit un nou punct de vedere asupra acestei zone a bazinului Dunării, descriindu-se pentru prima dată evoluții temporale anuale sau lunare pe perioada mai multor ani, în afara unor clase de calitate acceptate ca nivel bun al calității apelor de suprafață din aria de studiu a tezei.

Astfel, în ceea ce privește conținutul de oxigen dizolvat din apele Dunării, pentru stația S3 s-au înregistrat valori sub 7 mg/L în anul 2006 pe toată perioada iulie-noiembrie iar în anul 2007 doar în perioada iulie-septembrie. Inerția descreșterii nivelului de oxigen dizolvat prezintă descreșteri de până la 4 mg/L la sfârșitul lunii august 2006.

Predicția realizată pentru anul 2008 considerând anii 2006-2007 ca bază a realizat valori în intervalul 7,5-12,5 mg/L care se suprapun grafic peste evoluția reală. Modelarea evoluției pentru același parametru pe baza datelor considerată în stația S2 a produs o evoluție a funcției de stare de tip polinom Cebîșev pe intervalul minim/maxim corespunzător valorilor 5-10 mg/L, cu cea mai mare variație de acest tip între limitele minim/maxim, de 5 mg/L în anul 2006, față de o variație de 1 mg/L, între 8 și 9 mg/L în anul 2005.

Folosind modelul funcțiilor spline pentru datele corespunzătoare stației S2, și considerând faptul că se observă valori sub 7 mg/L tot în perioada august-noiembrie 2006, ca și în cazul stației S2, se poate afirma ca evoluția este asemănătoare stației S3, cu precizarea că aici valorile minime pe panta inerțial descrescătoare ajung până la 3 mg/L.

Prin aplicarea (AUPAD) s-au realizat corelații mult mai vizibile între evoluția temperaturii și nivelului de oxigen dizolvat sau între temperatură și nivelul nutrienților din corpurile de apă de suprafață. Chiar dacă aceste aspecte ale monotoniei funcțiilor de stare sunt cunoscute, imaginile grafice realizate prezintă mult mai fidel aceste fenomene.

Ca rezultat important al aplicării (AUPAD) în cazul analizei corelației dintre debit și nivelul oxigenului dizolvat, se pot aminti imaginile grafice ale funcțiilor de stare în paragraful 4.2., referitor la rezultatele aplicării complexului de algoritmi pentru

(OD). Corelația dintre debit și nivelul (OD) indică trenduri defazate cu maxim trei luni dar momentele de minim sau maxim se succed cu aceeași intensitate, considerând perioada 1992-2006 în stațiile S1 și S4. Setul de analize asupra evoluției funcțiilor de stare pentru viteza vântului, imaginile grafice ale nebulozității atmosferice și a funcțiilor de stare ale parametrilor de calitate indică un defazaj constant între factorii climatici monotonia funcțiilor de stare ale parametrilor de calitate din grupa oxigenului dizolvat.

Evoluțiile periodice pentru funcțiile de stare ale debitului și comportarea parametrilor de calitate ai corpului de apă de suprafață, indică frecvențe semnificative pe perioade diferite, ce pot fi identificate ca reprezentând impactul unor factori poluanți din zona studiată. Analizele grafice au urmărit și descris atât evoluții anuale cât și evoluții corespunzătoare unei luni pe toată perioada celor 15 ani, identificându-se trenduri prin regresii liniare și implicit perioadele critice din punct de vedere al impactului factorilor poluanți din zona studiată.

S-a considerat și s-a reliefat influența perimetrului studiat ca un real decantor primar al factorilor poluanți, prezentându-se impactul din tot bazinul Dunării asupra segmentului investigat în teză, folosind aplicarea (AUPAD) asupra bazei de date reprezentând nivelul consumului biochimic de oxigen la cinci zile.

S-a considerat spațiul funcțiilor analitice ce descriu evoluția temporală a unor parametri de calitate din grupa oxigenului dizolvat (OD), emițându-se rezultate și construindu-se imaginea acestui spațiu de funcții, ca subspațiu al funcțiilor continue și derivabile.

S-a realizat o construcție la nivel practic al teoremei lui Weierstrass, al aproximării unei serii temporale prin șiruri de polinoame ce converg uniform la funcțiile analitice considerate, ca extensii ale seriilor temporale ale parametrilor de calitate din grupa oxigenului.

Prin aplicarea (AUPAD) s-a pus în evidență comportarea unor parametri de calitate într-un regim sinusoidal, cu perioade diferite, ceea ce a deschis calea unei analize a acestei comportări temporal sinusoidale și a posibilității explicării periodicității identificate în anumite segmente temporale pentru același parametru sau pentru interacțiunea unor parametri diferiți, rezultate importante fiind încadrate în paragraful 4.3. privind periodicitatea evoluției nivelului de oxigen dizolvat sau pentru nivelul debitului fluviului Dunărea în paragraful 4.4. privitor la debit și scurgere solidă.

Aceste evoluții ale parametrilor de calitate au fost explicate ca fiind produse de factorii climatici și de evoluțiile acestora în zona studiată, aceasta fiind rezultatul unor analize asupra imaginilor grafice ale evoluțiilor noroase sau funcționale ale vitezei mișcărilor atmosferice sau influența altor factori climatici.

În cadrul tezei s-a construit o nouă metodologie de analiză a datelor de mediu, în speță ale datelor pentru parametrii de calitate ale apelor. Metodologia realizată și aplicată, în cazul concret al arealului studiat și al Dunării ca principal corp de apă de suprafață al zonei, a pus în evidență perioade temporale noi, neconsiderate în studii sau rapoarte de mediu ca fiind critice, sub clasa II de calitate, și după anul 2006. S-au corelat aceste evoluții cu observații asupra climei, precipitațiilor, mișcărilor atmosferice sau nivelul radiațiilor solare. Aceasta pune, practic, în evidență multitudinea factorilor

ce trebuie considerați în cadrul analizei asupra evoluției unor factori de mediu și, mai ales, în cazul modelării comportării acestor factori.

Elementele de interpolare și extrapolare aplicate bazei de date, bază de date reclădită de autor acoperind date lipsă din istoricul unor baze de date, au scos în evidență necesitatea regândirii sistemului de monitorizare, analiză a datelor și previzionare a unor evoluții a factorilor de mediu. Pe baza analizelor realizate (lunar, anual, pe segmente de timp ale acestei perioade investigate) s-a realizat imaginea unor evoluții ale unor specii chimice în mediul acvatizat, unele dintre aceste evoluții nefiind încă fundamentate în literatura de specialitate.

În urma construcției modelului teoretic de analiză (AUPAD) și aplicarea practică asupra datelor temporale, s-a realizat o regândire a sistemului de drenaj urban al orașului Brăila, o propunere de îmbunătățire a influenței zonelor umede aflate sub influența fluviului în zona considerată, reconsiderarea poziției unor lacuri ce au fost asanate pentru activități agricole și redarea acestora unui complex al zonelor de decantare primară.

Investigațiile realizate asupra parametrilor de calitate ai fluviului Dunărea pe perioada celor 15 ani, 1992-2006, cumulat cu datele ulterioare, în perioada 2007-2009, au arătat că segmentul studiat se comportă ca un decantor natural ce poate reține și controla impactul factorilor de poluare din bazinul Dunării de Jos. Considerând datele referitoare la consumul biochimic de oxigen, în paragraful 4.5. s-au reliefat aspecte privitoare la perioadele temporale în care nivelul CBO₅ este mai mare în zona stației S4 decât în zona stației de monitorizare S1, aceasta indicând perioadele în care în segmentul considerat se produc deversări mult mai intense ale apelor uzate cu un nivel de încărcare biochimică mult mai mare. Astfel de perioade se pot identifica analizând setul de imagini grafice ale funcționalelor de stare pentru nivelul CBO₅ din paragraful precizat. Periodicitatea identificată pentru diferența dintre ieșiri spre stația S4 și intrarea în dreptul stației S1, pulsația identificată, descrie perioade cu impact poluant semnificativ din aglomerările urbane Brăila-Galați. Pentru a îmbunătăți calitatea apelor de suprafață ale fluviului, la intrarea în Delta Dunării, pe lângă un mai bun control al deversărilor urbane ale localităților importante din acest segment, se propune și reconsiderarea zonelor umede din acest areal. Datorită debitului mare al Dunării în acest segment, o soluție poate fi realimentarea și reclădirea cel puțin a lacurilor mari din Însula Mare a Brăilei, desecate odată cu începerea folosirii acestei zone pentru agricultură. Studiile au arătat că impactul acestei zone agricole asupra cantității de nutrienți prezente în apele Dunării a fost și este încă una semnificativă.

Considerând geometric structura străzilor principale ale orașului Brăila, în formă de semicerc, până de paianjen, sistemul de drenaj urban poate fi reconsiderat și reproiectat. La momentul actual există 14 canale de deversare pe cursul Dunării în zona orașului Brăila, pentru apele uzate urbane. Se propune folosirea unui sistem de drenaj ce poate păstra o perioadă mai lungă apele uzate urbane în conductele de deversare, cunoscând că apa uzată, în contact cu depunerile de pe pereții acestor conducte, suportă un fenomen de autoepurare.

Investigarea, modelarea și simularea comportării sistemului de drenaj, pe baza calculului cu membrane precum și a proceselor ce au loc în mediul acvatizat va constitui un spațiu de dezvoltare a prezentei teze, considerând că aparatul matematic

teoretic este dezvoltat încât să preia transpunerea și aplicarea acestui demers în cazul concret al studierii corpurilor de apă de suprafață și al apelor uzate.

Rezultatele obținute în urma proiectării și aplicării (AUPAD) deschid prin metodologia folosită o filă din istoricul comportării fluviului Dunărea pe segmentul important considerat și investigat. Se poate afirma vizualizând imaginile funcționalelor de stare realizate pentru parametrii de calitate din grupa oxigenului dizolvat ca, Dunărea respiră asemeni unei ființe vii. Punerea în evidență a unor factori ce influențează negativ acest proces și continuarea scrierii unei baze de date privind nivelul de calitate al apelor de suprafață conform algoritmicii propuse, poate contribui la acțiuni mult mai energice ce previn degradarea corpului de apă.

În ceea ce privește aplicarea aparatului matematic specific P-sistemelor și al aplicării acestuia în modelarea unor procese de mediu, lucrarea scoate în evidență complexitatea considerării mulțimii de factori ce influențează comportarea și evoluția în timp al unui sistem ecologic. Totuși, putem afirma că investigațiile asupra acestor factori, punerea la dispoziție a unei plașe de date mult mai bogată și uniformizată, poate fi considerat un demers important spre implementarea rezultatelor obținute în medii de calcul și programe informatice ce pot simula comportarea fenomenelor specifice corpurilor de apă după modelul matematic al P-sistemelor. Considerarea unor subsisteme ale domeniului investigat corespunde unor membrane ce conțin în structură elemente și specii chimice ale domeniului acvatizat, iar modul de evoluție în timp realizat în urma aplicării sistemului (AUPAD) poate defini regulile specifice subdomeniilor considerate, reguli ce descriu trecerea sistemului dintr-o stare în alta sau, modificarea structurii membranelor, elemente de bază în cadrul construcției matematice a P-sistemelor. Aceste rezultate constituie punctul de plecare spre dezvoltarea în continuare a cercetărilor în domeniu.

BIBLIOGRAFIE

- [1] DIACONU, C. [et al.]. *Zona de vărsare a Dunării-Monografie hidrologică*. București: Editura Tehnică, 1963
- [2] BEISWAS, K. *Water Resources-Environmental Planning, Management, and Development*. New York: Editura McGraw-Hill, 1996
- [3] DOBRA, A. [et al.]. *Plan de management al bazinului hidrografic Dunărea* [online]. [citat iulie 2010]. disponibil la URL: <http://www.mmediu.ro>
- [4] CANCIU, C. *Valea Dunării între Brăila și Pătârlăgeanca*: [rezumat teză doctorat]. Iași: Editura Heliade, 2008
- [5] *Chimia ecologică*. DUCA GH.; SKURLATOV IU.; MISITI A.; MACOVEANU M.; SURPĂȚEANU M. Chișinău: CE USM, 2003
- [6] BURLACU, G. *Studii de ecologie și protecția mediului*. București: Editura Paideia, 2010
- [7] POPESCU, Maria; POPESCU, Miron. *Ecologie aplicată*. București: Editura Matrix Rom, 2000
- [8] ROBESCU, Diana; LANYI, Szabolcs; VERESTOY, Atila; ROBESCU, Dan. *Modelarea și simularea proceselor de epurare*. București: Editura Tehnică, 2004
- [9] RUSSELL, L. David. *Practical Wastewater Treatment*. New Jersey: Editura John Wiley & Sons, Inc. Hoboken, 2006
- [10] SHUN, Dar Lin. *Water and Wastewater Calculation Manual*. New York: Editura The McGraw-Hill Companies, 2007
- [11] COLOJOARĂ, Alexandra. *Serii de timp*. București: Editura Universității din București, 2007
- [12] POPOVICI, I. Constantin. *Analiză numerică cu MATLAB*. Iași: Casa de editură Venus, 2007

- [13] TRÎMBIȚAȘ, Radu Tiberiu. *Analiză numerică - O introducere bazată pe MATLAB*. Cluj-Napoca: Editura Presa Universitară Clujeană, 2005
- [14] DOBRA, A. [et al.]. *Planurile de Management ale Bazinelor Hidrografice-Raport National 2004 – România*. [online]. [citat iulie 2004]. disponibil la URL: <http://www.mmediu.ro>
- [15] BEISWAS K. *Water Resources-Environmental Planing, Management, and Development*. New York:Editura McGraw-Hill, 1996
- [16] NAVAL I.K.; RYBAKIN B.P.; CEBAN V.G. *Modelarea matematică a proceselor ecologice*. Chișinău: Editura EVRIKA, 1998
- [17] MURARU, Carmen-Violeta. *MATLAB Ghid de studiu*. Bacău: Editura EduSoft, 2006
- [18] NISTREANU, Viorela. *Procese unitare pentru tratarea apelor*. București: Editura AGIR, 2000
- [19] NISTREANU, Valeriu ; NISTREANU, Viorela. *Amenajarea resurselor de apă și impactul asupra mediului*. București: Editura BREN, 1999
- [20] SÎRBU, Ioan. *Modelarea proceselor ecologice: note de curs*. Sibiu: Editura Universității Lucian Blaga Sibiu, 2009
- [21] LIM, Seong – Rin; SUH, Songwon; KIM, Jund – Hoon; PARK, Hung Suck. *Urban water infrastructure optimization to reduce environmental impact and costs*. În: Journal of Environmental Management, 2009
- [22] CHO, Jae Heon; SUNG, Ki Seok; HA, Sung Ryong. *A river water predicty management model for optimising regional water treatment using a genetic algoritm*. În: Journal of Environmental Management, nr. 73, 2004
- [23] ZHAO, J. [et al]. *Study on the holistic model for work resources system*. În: Science in China Ser. R. Engineering & Materials Science, Vol.47, Supp. I, 2004
- [24] WIBERG, David Arthur; STRZEPEK, Kenneth Marc. *Development of Regional Economic Supply Curves for Surface Water Resources and Climate Change Assessments: A Case Study of China*. Viena: Editura Ramaprint,
- [25] ANH, Lan N. T. [et al]. *Development of a holistic approach to river modelling in the Bradford catchment UK*. În: Proceedings to The 7th International Conference on Hydroscience and Engineering, (ICHE – 2006), Philadelphia, USA
- [26] KÜBECK, C. [et al]. *Model Based Raw Water Quality Management – Manganese Mobilization Induced By Bank Filtration*. În: Clean – journal, nr. 37, 2009
- [27] BROWER, R. [et al]. *Integrated hydro-economic modeling: Aproaches, key issues and future research directions*. În: Ecological Economics – Elsevile, Vol.66, No.1, 2008
- [28] THIELEN J. *Monthly-, medium-, and short-range flood warning: testing the limits of predictability*. În: Meteorol Appl., nr.16: Wiley InterScience, 2009
- [29] KOMATSU, Hikoru; KUME, Tomonori; OTSUKI, Kyoichi. *Water resource management in Japan: Forest management or dam reservoirs*. În: Journal of Environmental Management, nr. 91, 2010
- [30] PĂLTINEANU Gavriil; MATEI, Pavel; TRANDAFIR, Romica. *Analiză numerică: note de curs*. București: Editura Universității Tehnice de Construcții București,
- [31] DANGELMAYR, Gerhard; KIRBY, Michael. *Mathematical Modeling – A Comprehensive Introduction*. Fort Collins: Editura Prentice Hall, 2005
- [32] JAKOCEV-TEODOROVIĆ, Dunja; PAUNOVIĆ, M.; STAJANOVIĆ, Bojana; SIMIC, V.; DJIKANOVIĆ, Vesna; VELJKOVIĆ, Ana. *Observation of the quality of the Danube water in the Belgrade region based on benthic animals during periods of high and low water conditions in 2002*. În: Arch. Biol. Sci., 2005
- [33] CIUREA, Aurel; CARTAȘ, Viorel Laurențiu; STANCIU, Constantin; POPESCU, Maria. *Managementul mediului*. București: Editura Didactică și Pedagogică, Vol.1, Vol.2, Pp. 60-64, 2005
- [34] SOARE, Ionica. *Spațiul dunărean fluvio-maritim. Studiu de geografie umană și economică*. Galați: Editura NERGO, Pp. 16-26, 2004
- [35] FLOREA, Traian; CÎRÎC, Geta; GHEORGHÎȚĂ, Ionel. *Lucrările Sesiunii de Comunicări ale Universității „Aurel Vlaicu” din Arad, Ediția a IV-a, 30-31.10.1997, Vol. IV, protecția mediului*. Arad, 1997

- [36] LIŠKA, Igor; WAGNER, Franz; SLOBODNÍK, Jaroslav. *Final Report of JDS2*. Vienna: International Centre, ICPDR 2008
- [37] DIACONU, C. [et al]. *Zona de vărsare a Dunării: monografie hidrologică*. București: Editura Tehnică, 1963
- [38] CANCIU, C. *Valea Dunării între Brăila și Pălăgeanca*: [rezumat teză de doctorat]. Iași: Editura Heliade, 2008
- [39] LITERATHY, Peter [et al]. *Final Report of Joint Danube Survey* [online]. [citată 2002]. disponibil la URL: <http://www.icdpr.org>
- [40] SCHMEDTJE, Ursula. *The 2-nd Report of ICPDR*, Doc. IC/84. Vienna, Austria, 2005
- [41] ANTOHE, Valerian; STANCIU, C. *Modeling and simulation of quality indicators of surface waters*. În: Environmental Engineering and Management Journal. Vol.8, No.6, 2009
- [42] TANK, Klein [et al]. *Daily dataset of 20th-century surface air temperature and precipitation series for the European Climate Assessment*. Int. J. of Climatol., 22, 1441-1453 [online]. [citată 2002]. disponibil la URL: <http://eca.knmi.nl>
- [43] ZESSNER, M.; FENZ, R.; KROISS, H. *Wastewater management in the Danube Basin*. În: Water Science and Technology. Vol. 38, No.11, 1998, pp 41-49
- [44] PEKÁROVÁ, Pavla; ONDERKO, Milan; PEKÁR, Ján; RONČÁK, Peter; MIKÁNEK, Pavlov. *Prediction of Water Quality in the Danube River Under Extreme Hydrological and Temperature Condition*. În: Journal Hydrolog Hydromech. nr. 57, 2009
- [45] SHANAHAN, P; Henze, KONCSS, M.L.; Rouch, W.; REICHERD, P; SOMLYODY, L.; WANROLEGHEM, P. *River Water Quality Modelling: II. Problems of the Art*. Presented at the IAWQ Biennial International Conference, Vancouver, British Columbia, Canada, 1998
- [46] ANTOHE, Valerian; STANCIU, Constantin. *Mathematical modelling methodology for quality parameters of surface waters bodies*. În: Journal of Engineering Studies and Research. Vol. 17, Nr. 2, 2011
- [47] CONSTANTINESCU, Teodor, Lucian; National Administration "Romanian Waters", Bucharest, Romania; *Water quality of the Danube river and his impact on the Danube Delta and Black Sea*. River symposium Environmental Flows Conference, Brisbane, Australia, 2007
- [48] GANOULIS, Jacques. *Risk Analysis of Water Pollution*. Second Revised and Expanded Edition. Hoboken: Editura WILEY – VCH Verlag GmbH & Co, KGaA, 2009
- [49] DUNEA, Daniel; MOISE, Virgil. *Automated monitoring potential for water quality assessments in the Galati sector of Danube River*. Conference the Danube and Europe: Integrate Space Applications in the Danube Basin, Mamaia, Romania, 2004
- [50] ILKOVA T.; PETROV, M.; ATANASIVO, M.; ROUSSEAU, D. *An Analysis and Assessment of Models for Characteristic of River Ecosystem Pollution*. Biotechnology & Biotechnological Equipment. nr. 20, 2006, p. 84
- [51] REICHERT, Peter [et al]. *River Water Quality Model No. 1 by IWA Task Group and River Water Quality Modelling*. În: Scientific and Technical Report. nr. 12, 2001
- [52] VAN GILS, Jos; BENDOW, Joachim. *The Danube Water Quality Model and its role in the Danube River Basin Pollution Reduction Programme* [online]. [citată 1999]. disponibil la URL: <http://www.icdpr.org>
- [53] MORAN, Susan M.; PETERS, Debra P. C.; McCLARAN, Mitchel P.; NICHOLS, Mary H.; ADAMS, Mary B. *Long – term data collection at USDA experimental site for studies of ecohydrology*. În: Ecohydrology. nr. 1, 2008
- [54] NISTORESCU, Marius; DOBA, Alexandra [et al]. *Raportul de mediu pentru Evaluarea Strategică de Mediu a Planului Național de Management aferent porțiunii naționale a Bazinului Internațional al Fluviului Dunărea* [online]. [citată 2010]. disponibil la URL: <http://www.epcmediu.ro>
- [55] Rapoarte de mediu privind gospodărirea apelor și calitatea apelor. Ministerul Mediului și Pădurilor, [online]. [citată 2008]. disponibil la URL: <http://www.mmediu.ro>
- [56] TEODOROF, Liliana; DAVID, Cristina; TUDOR, Dana; NĂSTASE, Cristina. *Surface water quality indicators of Danube Delta lakes between 2003 – 2005*. În: Scientific Annals of the Danube Delta Institute, Tulcea, Romania, vol. 13, 2007, p. 145
- [57] Normativ nr. 161/2006, privind clasificarea calității apelor de suprafață în vederea stabilirii stării ecologice a corpurilor de apă În: Monitorul Oficial al României, Partea I, nr. 511/13.06.2006

- [58] SOARE, I.; ANTOHE, C.; *Modeling the geographical studies with GeoGebra software*. În: Annals. Computer Science Series, Computers and Applied Computer Science Faculty, "Tibiscus" University of Timișoara, Vol.8, Fasc. 1, 2010
- [59] HAIDU, Ionel. *Analiza seriilor de timp, aplicații în hidrologie*. București: Editura *H*G*A*, 1997
- [60] LAN ANH, N. T.; BOXALT, J. B.; SAUL, A. J.; WILLEMS, P. *Development of a holistic approach to river modelling in the Bradford Catchment (UK)*. Proceedings of the 7th International Conference on Hydrosience and Engineering (ICHE – 2006). Philadelphia, 2006
- [61] IM, Hae – Kyung; RATHONZ, Paul J.; FREDERICK, John E. *Space – time modeling of 20 years of daily air temperature in the Chicago metropolitan region*. În: Environmetrics, Wiley InterScience, 2008
- [62] SCHAFFER, Joseph L.; GRAHAM, John W. *Missing Data: Our View of the State of Art*. În: Psychological Methods. vol. 7, nr. 2, 2002, p. 147
- [63] TWALA, Bhekisipho; CARTWRIGHT, Michelle; SHEPPERD, Martin. *Ensemble of Missing Data Techniques to Improve Software Prediction Accuracy*. În: ICSE'06, 2006
- [64] MARTON, Richard.; KANG, Emily L.; L'HENDERSON, Brent. *Smoothing splines for trend estimation and prediction in time series*. În: Environmetrics 2008, published online in Wiley InterScience, DOI: 10.102/env.925
- [65] QUINN, N.W.T.; JACOBS, Karl; CHEN, Carl W.; STRINGFELLOW, William T. *Elements of a decision support system for real-time management of dissolved oxygen in the San Joaquin River deep water ship channel*. Lawrence Berkley National Laboratory, 2004
- [66] CHEN, C. W. *Proposal for a 2-D version of the Systech Stockton Dissolved Oxygen model*. Sankamon: Editura Systech Engineering Inc., 2002
- [67] MAXIM, Cristina; ANTOHE, Valerian; COJOCARU, Dumitru. *Study concerning the mathematical simulation and the interpolation of quality indicators of Suceava River*. În: Analele Științifice ale Universității "Alexandru Ioan Cuza", Secțiunea Genetică și Biologie Moleculară, vol. XI, 2010
- [68] INGLEZAKIS V.J. *The Physical Significance of Simplified Models in Engineering*. Romanian Technical Scientist Academy, 2, MOCM 13, 2007
- [69] PĂUN, George. *DNA Computing, Membrane Computing as a Modeling Framework. Cellular Systems Case Studies*. Lecture Notes, În: Computer Science, Vol. 3384, 2005
- [70] GHEORGHE, Brezeanu. *Dunărea transformată: impactul construcțiilor hidrotehnice asupra ecologiei râului. O singură Dunăre*. Brăila: Editura Istros, 1999
- [71] DRĂGUȘANU [et al]. *Zona de vărsare a Dunării*. București: Editura Academiei Române, 1960
- [72] BODNAR, C. *Hidrologia – un studiu de caz al Deltei Dunării*. În: Analele Științifice ale Institutului Delta Dunării,
- [73] STANCIU, Constantin; ANTOHE, Valerian; ROADEVIN, Nicoleta; CANTEMIR, Gheorghe; CIUREA, Aurel. *Shaping and Simulating the Quality Characteristics of Surface Waters with the Help of Spline Functions*. În: Analele Academiei Oamenilor de Știință din România. Bucuresti: Editura Academia Oamenilor de Știință din România, vol 2, nr.1, 2010
- [74] ANTOHE, Valerian; STANCIU, Constantin. *Mathematical modelling methodology for quality parameters of surface waters bodies*. În: Journal of Engineering Studies and Research, Year: 2011 vol. 17, nr. 2, 2011
- [75] ANTOHE, Valerian. *Limits of Educational Soft "GeoGebra" in a Critical Constructive Review*. În: Annals. Computer Science Series, Computers and Applied Computer Science Faculty, "Tibiscus" University of Timișoara, 2010
- [76] IVANOV, Sergiu. *Modelare și simulare – sisteme electromecanice și procese de mediu*. Craiova: Editura Universitaria, 2007
- [77] BURK, A.R. [et al]. *Progress in Aquatic Ecosystems Research*. New York: Editura Nova Science Publishers, Inc., 2005
- [78] WESTRICH, Bernhard; FÖRSTNER, Ulrich. *Sediment Dynamics and Pollutant Mobility in Rivers, An Interdisciplinary Approach*. Berlin: Springer-Verlag, Heidelberg, 2007
- [79] FRID, Chris; DOBSON, Mike. *Ecology of Aquatic Management*. În: Prentice Hall, Pearson Education Asia Pte. Ltd., 2002

- [80] HASSAN, John; NUNN, Paul; TOMKINS, Judith; Fraser, Iain. *The European Water Environment in a Period of Transformation*. Manchester: Editura Manchester University Press, 1996
- [81] POKRAJAC, Dubravka; HOWARD, Ken. *Advanced Simulation and Modelling for Urban Groundwater Management – UGROW, Vol.7*. Paris:Editura UNESCO Publishing, CRC Press, 2010
- [82] WINTER, Cristian; HEIN, Thomas; KAVKA, Gerhard; MACH, Robert L.; FARNLEITNER, Andreas H. *Longitudinal Changes in the Bacterial Community Composition of the Danube River: a Whole-River Approach*. În: Applied and Environmental Microbiology Journal, vol.73, nr.2, 2007
- [83] MANIVANAN, R. *Water Quality Modeling. Rivers, Streams and Estuaries*. New Delhi: Editura New India Publishing Agency, 2008
- [84] ANTOHE, Valerian; STANCIU, Constantin. *Model of surface water quality*. Proceedings of the Eleventh International Conference on Membrane Computing CMC11. Jena: Berlin,Editura Pro Bussines , August 2010
- [85] STANCIU, Constantin; ANTOHE, Valerian; ROADEVIN, Nicoleta;. *Research on the Sources of Pollution of the Danube River in Braila County*. În: Analele Academiei Oamenilor de Știință din România. Bucuresti: Editura Academia Oamenilor de Stiinta din Romania, vol 2, nr.1, 2010
- [86] ANTOHE, Valerian; STANCIU, Constantin. *Modelarea matematică în protecția mediului*. Proceedings : Editia a V-a „Materiale si procese inovative”, Facultatea de inginerie chimică și protecția mediului, Iasi, 19-21 noiembrie 2008
- [87] NEDEFF, Valentin; RAVEICA, Ianul, Crinel;. *Procedee și tehnici de protecția mediului în agricultură și industria alimentară*. Editura Tehnică, Chișinău, 1998
- [88] MĂCĂRESCU, Bogdan; NEDEFF, Valentin; GEAMĂN, Virgil;. *Ingineria și protecția mediului în industrie*. Editura Tehnică, Chișinău, 2003
- [89] HG nr. 188/2002 pentru aprobarea unor norme privind condițiile de descarcare în mediul acvatic a apelor uzate; NTPA-011 - Norme tehnice privind colectarea, epurarea și evacuarea apelor uzate orășenești; (Anexa 1) NTPA-002/2002, Normativ privind condițiile de evacuare a apelor uzate din rețelele de canalizare ale localităților și direct în stațiile de epurare; NTPA-001/ 2002 privind stabilirea limitelor de încărcare cu poluanți a apelor uzate industriale și orășenești la evacuarea în receptorii naturali, modificată și completată prin HG nr. 352/2005; M. Of. nr. 187/20.03.2002
- [90] HG nr. 351/2005 privind aprobarea Programului de eliminare treptată a evacuarilor, emisiilor și pierderilor de substanțe prioritare periculoase, M. Of. nr. 42S/2U.U5.2005
- [91] HG nr. 352/2005 privind modificarea și completarea HG nr.18 8/2002 pentru aprobarea unor norme privind condițiile de descarcare în mediul acvatic a apelor uzate; M. Of. nr. 398/11.05.2005
- [92] Legea nr. 14/1995 pentru ratificarea Convenției privind cooperarea pentru protecția și utilizarea durabilă a fluviului Dunarea (Convenția pentru protecția fluviului Dunarea) semnată la Sofia la 29 iunie 1994; M. Of. nr. 41/27.02.1995
- [93] Legea nr. 30/1995 pentru ratificarea Convenției privind protecția și utilizarea cursurilor de apă transfrontaliere și a lacurilor internaționale încheiată la Helsinki la 17 martie 1992; M. Of. nr. 81/03.05.1995

