

STUDIUL PRIVIND INTEGRAREA ZONELOR UMEDE ÎN MANAGEMENTUL INUNDAȚIILOR

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

Alexoaie Laura

Conducător științific: prof.univ.dr.ing. Gheorghe Crețu
Referenți științifici: prof.univ.dr.ing. Ion Giurma
prof.univ.dr. Gheorghe Ianoș
prof.univ.dr.ing. Eugen Teodor Man

Ziua susținerii tezei: 14.12.2012

Seriile Teze de doctorat ale UPT sunt:

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

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

Copyright © Editura Politehnica – Timișoara, 2012

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

România, 300159 Timișoara, Bd. Republicii 9,
tel. 0256 403823, fax. 0256 403221
e-mail: editura@edipol.upt.ro

Cuvânt înainte

Teza de doctorat a fost elaborată pe parcursul activității mele în cadrul Departamentului de Hidrotehnică al Universității „Politehnica” din Timișoara.

Mulțumiri deosebite se cuvin conducătorului de doctorat prof. univ. dr. ing. Gheorghe CREJU pentru îndrumarea atentă și sprijinul acordat pe întreaga perioadă de elaborare a tezei de doctorat.

Doresc să îmi exprim considerația față de membrii comisiei de îndrumare, prof. univ. dr. ing. Ion MIREL, ș.l. dr. ing. Constantin FLORESCU și ș.l. dr. ing. Codruța BĂDĂLUJĂ, din cadrul Departamentului de Hidrotehnică și față de membrii comisiei de doctorat, începând cu domnul președinte de comisie prof. univ. dr. ing. Daniel GRECEA, prof. univ. dr. ing. Ion GIURMA, prof. univ. dr. Gheorghe IANOȘ și prof. univ. dr. ing. Eugen Teodor MAN, pentru bunăvoința de a răspunde invitației de a face parte din comisia de analiză a tezei de doctorat și pentru timpul acordat lucrării.

Aduc pe această cale mulțumiri colaboratoarelor mele Hanelore Muntean, și Ramona Rusu, colegilor care mi-au fost alături în procesul de cercetare, redactare și m-au sprijinit în demersurile legate de birocrație. Soțului meu și familiei le mulțumesc pentru înțelegerea, răbdarea și ajutorul acordat.

Această lucrare a fost realizată cu sprijinul Administrației Bazinale de Apă Banat și a Proiectului ID50783 (2009), POSDRU/88/1.5/S/50783, co-finanțat de Fondul Social European – Investim în oameni, în cadrul Programului Operațional Sectorial pentru Dezvoltarea Resurselor Umane, 2007-2013.

Timișoara, decembrie 2012

Ing. Laura Alexoaie

Alexoaie, Laura

Studiul privind integrarea zonelor umede în managementul inundațiilor

Teze de doctorat ale UPT, Seria 5, Nr. 101, Editura Politehnica, 2012, pagini 160, figuri 103, tabele 13.

ISSN: 1842-581X

ISBN: 978-606-554-588-5

Cuvinte cheie: zone umede, risc, inundații, nutrienți, renaturare

Rezumat: Protecția împotriva inundațiilor în contextul modificării climatului presupune îmbinarea cerințelor sociale și economice actuale cu cele ecologice, pentru asigurarea continuității râului și conectivității laterale cu lunca inundabilă în scopul conservării biodiversității.

Lucrarea face o analiză a măsurilor de protecție și restaurare a zonelor umede pentru utilizarea în scopul captării unor debite în perioadele de ape mari. Pentru a realiza acest lucru a fost făcută o descriere a zonelor umede, a elementelor și a funcțiilor acestora, cu accent asupra funcției de reducere a efectelor inundațiilor prin managementul factorilor care o alcătuiesc. Este analizat impactul unei de viitură asupra zonelor umede din perspectiva hidrologică, a calității apei și a biodiversității.

Aplicația practică este modelarea comportamentului dinamic al râului Bega Veche la confluența cu Apa Mare și a capacității de acumulare a zonelor umede, realizată cu ajutorul aplicației HEC-RAS 4.1. Sunt propuse recomandări pentru a eficientiza procesul de refacere a zonelor umede care și-au pierdut capacitatea de acumulare în urma modificării antropice a surselor de alimentare.

CUPRINS

Capitolul 1. Introducere	7
1.1. Importanța temei	8
1.2. Obiective	8
Capitolul 2. Noțiuni generale	10
2.1. Definiții	10
2.2. Clasificări	13
2.3. Integrarea internațională a conceptului	18
2.4. Funcțiile zonelor umede	21
Capitolul 3. Caracterizarea zonelor umede	24
3.1. Hidrologia zonelor umede	24
3.1.1. Bilanțul apei	25
3.1.2. Precipitații	27
3.1.3. Evapotranspirația	28
3.1.4. Infiltrația	30
3.1.5. Scurgerea de suprafață	31
3.1.6. Apa subterană	33
3.2. Pedologie	35
3.3. Vegetație	39
3.4. Faună	43
Capitolul 4. Zonele umede – amenințări, pierderi, restaurări	46
4.1. Factori de influență	46
4.2. Metode de conservare	50
4.3. Restaurarea zonelor umede	50
4.3.1. Metode	51
4.3.2. Probleme și soluții	54
4.4. Zone umede construite pentru epurarea apelor uzate	55
4.5. Schimbările climatice	59

Capitolul 5. Managementul inundațiilor	62
5.1. Inundațiile. Riscul la inundații	62
5.2. Hidrograful de viitură	64
5.3. Apărarea împotriva inundațiilor. Măsuri structurale și nonstructurale	66
5.4. Potențialul zonelor umede de atenuare a viiturii	69
Capitolul 6. Impactul undei de viitură asupra zonelor umede	74
6.1. Impactul undei de viitură asupra regimului hidric	74
6.2. Impactul undei de viitură asupra vegetației și faunei	76
6.3. Impactul undei de viitură asupra compoziției chimice a apei	82
Capitolul 7. Studiu de caz. Spațiul Hidrografic Timiș – Bega	90
7.1. Cadrul natural	90
7.2. Istoricul regiunii și evoluția în timp	93
7.3. Starea actuală a zonelor umede din Banat	97
7.4. Reconnectarea zonei umede la confluența Apa Mare cu Bega Veche	100
7.5. Modelarea matematică a scurgerii cu HEC-RAS	110
7.6. Proiecte similare de renaturare a zonelor umede	117
Capitolul 8. Concluzii și contribuții personale	120
Bibliografie	124
Anexe	131

1. INTRODUCERE

Utilizarea zonelor umede prezintă o latură nouă de apărare în managementul inundațiilor, care până în prezent a avut ca principiu gospodărirea apelor bazată pe amenajări hidrotehnice.

Directiva Cadru pentru Apă nr. 2000/60/CE și Directiva privind Evaluarea și Managementul Riscului la Inundații 2007/60/CE promovează un concept privind amenajarea râurilor, având printre obiectivele principale reducerea riscului la inundații și conservarea biodiversității mediului acvatic. Se impune principiul "mai mult spațiu pentru râuri" care ilustrează necesitatea restaurării lunilor inundabile pentru ca acestea să dreneze corespunzător viiturile, în locul încorsetării râurilor între diguri.

Acesta presupune îmbinarea cerințelor sociale și economice cu cele ecologice, pentru asigurarea continuității râului și conectivității laterale cu lunca inundabilă în scopul conservării biodiversității, prin măsuri structurale și non-structurale pentru reamenajarea albiilor și lărgirea digurilor laterale, măsuri care includ protecția zonelor umede și utilizarea acestora în scopul captării unor debite în perioadele de ape mari.[68]

Cele mai grave inundații recente în țara noastră au avut loc în perioada aprilie-septembrie a anului 2005, când au fost atinse limitele istorice cele mai ridicate. Suprafețe mari au fost inundate provocând decese și daune severe ale infrastructurii.

Pe teritoriul României, inundațiile din 2005 au adus un bilanț al daunelor totale estimate la valoarea de 1,5 miliarde Euro, din care: 76 de persoane decedate; 1.734 localități afectate; 656.000 ha de teren agricol au fost serios afectate; 630 de diguri și alte lucrări de protecție împotriva inundațiilor au necesitat lucrări de urgență. [71]

Inundațiile au condus, de asemenea, la multe decese și daune economice în 2006. S-au înregistrat cele mai mari niveluri ale apelor din ultimii 100 de ani. Cele mai afectate zone au fost comunitățile situate de-a lungul fluviului Dunărea, dar și bazinele hidrografice ale râurilor Siret, Prut, Jiu, Mureș și Timiș - Bega.

Pentru a reține apa tranzitată în timpul viiturilor este necesar managementul câmpiei inundabile, o altă metodă de a reține apa din inundații și a o elibera treptat, obținând astfel atenuarea hidrografelor de inundații.

Stocarea în câmpia inundabilă se poate face prin acumulări laterale tip polder, celule inundabile – necontrolate, care pot prelua un debit prin canale de intrare, sau zone umede.

În România, sunt recunoscute numeroase zone umede, de diverse dimensiuni, de la lacuri mici cu apă dulce în munți până la lagune mari cu apă sărată pe țărmul Mării Negre. Cea mai importantă zonă umedă a țării noastre, Delta Dunării, este unică în Europa și cuprinde un areal de 647.000 ha la gura de vărsare a fluviului Dunărea în Marea Neagră.

Sunt puține turbării, care au fost studiate și integrate în rezervații naturale și parcuri naționale protejate.

1.1. Importanța temei

Metoda cercetată poate avea ca efect restabilirea echilibrului ecologic cu efecte diferite pentru fiecare corp de apă datorită caracteristicilor distincte ce reies din valorile parametrilor fizico – chimici.

Îndiguirea râurilor determină creșterea continuă a presiunilor antropice asupra corpurilor de apă, ajungând în situații de criză să producă breșe ce conduc la inundații cu pagube semnificative. Un exemplu important în România îl reprezintă lunca Dunării. Cadrul natural inițial al acesteia era constituit din albia majoră, minoră și câmpia inundabilă care conținea zone umede, păduri și pășuni. În perioada 1960 - 1970, au început îndiguirile fluviului pe partea românească, ajungând până în anul 1987 la 75% din cei 1.075 km gestionați de România. [93]

Solul încărcat cu nutrienți oferea posibilitatea unei suprafețe agricole propice și în consecință autoritățile momentului au decis transformarea câmpiei în teren agricol prin desecări și diguri longitudinale.

Drenajul zonelor umede și includerea acestora în circuitul agricol a crescut riscul de inundații, ceea ce s-a observat în nenumărate rânduri în sezoanele ploioase. Deversările peste diguri și breșele din digurile longitudinale au produs pagube în localitățile adiacente, cum a fost demonstrat în perioada viiturilor excepționale din anii 1965, 1970, 1985 și exemplul cel mai recent, în 2005, când au fost produse catastrofe prin ruperea digurilor, prin inundări naturale și controlate în incinte adiacente. [63]

O situație similară există în bazinul hidrografic Timiș - Bega, digurile longitudinale încorsetează cursul râului Timiș, acest lucru fiind un factor important în producerea inundațiilor din ultimii ani. În trecut, Banatul sub stăpânire austriacă avea teren mlăștinos, dar a fost transformat prin lucrări intense de drenaj și regularizări de albie. [25]. Singurele zone din județul Timiș care păstrează proprietățile terenului înaintea desecărilor sunt în prezent Mlaștinile Satchinez. Condițiile actuale: pânza freatică la mai puțin de 2 m adâncime, clima temperată și relieful sunt considerate oportune pentru a asigura existența zonelor umede.

1.2. Obiective

Sunt necesare studii multidisciplinare pentru a integra zonele umede în managementul inundațiilor, datorită implicațiilor pe diverse planuri.

Pentru acest lucru trebuie abordate următoarele subiecte:

- folosința terenurilor;
- condițiile hidrologice;
- condiții geomorfologice;
- condiții climatice.
- procese biologice și ecologice;
- calitatea apei.

În acest studiu este necesară îndeplinirea unor obiective pentru a determina eficiența introducerii zonelor umede în gospodărirea apelor mari:

- Sinteza bibliografică referitoare la proprietățile, utilizările, caracterizarea zonelor umede;

- Analiza legislației și strategiilor de gospodărire a apelor mari pe plan internațional și local, evidențierea necesității măsurilor de reducere a efectelor undelor de viitură.;
- Analiza impactului undei de viitură asupra ecosistemului și a capacității de adaptare a acestuia, impactul undei de viitură asupra biodiversității și compoziției chimice a apei;
- Propunerea amenajării unor zone umede riverane artificiale în Spațiul Hidrografic Timiș-Bega, analiza riscului la inundații prin programe de simulare (HEC - RAS);
- Compararea rezultatelor cu zone umede riverane existente (Lunca Mureșului) și propunerea unor măsuri de eficientizare.

2. NOȚIUNI GENERALE

2.1. Definiții

Zonele umede au fost recunoscute de *Convenția asupra zonelor umede*, de importanță internațională, în special ca habitat al păsărilor acvatică, încheiată la Ramsar, Iran, sub egida UNESCO, cunoscută sub numele de *Convenția Ramsar*. Aceasta are ca scop protejarea și utilizarea durabilă a zonelor umede la nivel local, regional, național și internațional.

Definiția zonelor umede acceptată în acest studiu este dată de *Convenția Ramsar* [76]:

„întinderi de bălți, mlaștini, turbării, de ape naturale sau artificiale, permanente sau temporare, unde apa este stătătoare sau curgătoare, dulce, salmastră sau sărată, inclusiv întinderile de apă marină a căror adâncime la reflux nu depășește 6 m”.

O altă definiție este oferită de Armata Asociației Inginerilor Statelor Unite (Corps of Engineer's) precum și de Agenția de Protecție a Mediului (EPA):

„zonele umede reprezintă acele suprafețe care sunt inundate sau saturate cu apele de suprafață sau subterane cu o frecvență și durată suficientă, care permit exercitarea unui control asupra ariei inundate, și care, sub aceste circumstanțe normale de suport, permit adaptarea tipică a vegetației în condiții de umiditate excesivă din sol”.

Cowardin [12] introduce o definiție care a fost utilizată în multe studii:

„zonele umede sunt terenuri de tranziție între sistemele terestre și acvatică, unde pânza freatică este de obicei aproape sau la suprafața terenului, sau solul este acoperit de ape puțin adânci”.

Alte definiții plasează zonele umede la interfața dintre uscat și acvatic, un teren care păstrează proprietăți caracteristice ambelor zone, dar dezvoltă caracteristici specifice atribuite unui ecosistem unic. Unii cercetători, [12],[37] au susținut că hidrologia este caracteristica de bază a zonelor umede și aceasta determină existența zonelor umede și nu vegetația. Acest lucru a fost contrazis de studii care au susținut relațiile de dependență dintre elementele unui ecosistem parțial acvatic, parțial terestru.

Caracteristicile zonelor umede sunt cele care determină existența și proprietățile acestora:

- **Apa:** nu depășește 6 m, are o viteză redusă, pânza freatică se află la suprafața terenului în cea mai mare parte a anului;
- **Solul:** specific fiecărei categorii, cu textură poroasă și capacitate de reținere ridicată, conținutul în substanțe nutritive; tipul de sol caracteristic fiind solul hidric (histosol, gleisol);
- **Vegetația:** macrofite care sunt adaptate la condițiile regimului hidrologic și ale umidității solului. Speciile higrofitice se dezvoltă în condițiile anaerobe, datorită adaptărilor morfologice.

Mlaștinile care au fost drenate și nu mai au capacitatea de a susține vegetația higrofită nu mai pot fi numite zone umede, dar au o mare capacitate de a oferi informații ca mlaștini istorice și prezintă un indicator de conformitate pentru restaurare.

Habitatele cu apă adâncă sunt permanent inundate și includ ecosisteme în care apa de suprafață este în permanență sau de cele mai multe ori adâncă astfel încât organismele dominante sunt adaptate la viața acvatică. Plantele dominante sunt higrofitele, dar substratul este foarte puțin populat cu plante emergente datorită adâncimii mari a apei. [101]

U.S. Soil Conservation Service au făcut o clasificare a zonelor umede în 5 sisteme: marine, estuare, riverane, lacustre și palustre. Primele 4 conțin și sisteme acvatice de mare adâncime, dar cele palustre includ doar zonele de baltă.

Delimitarea zonelor umede este dificil de realizat, există în literatură diverse metode pentru acest lucru, cea mai semnificativă pare să fie delimitarea făcută de către USGS prin care limitele zonelor umede sunt determinate ca fiind:

- 1) limita dintre terenul acoperit cu vegetație higrofită și terenul cu vegetație predominant mezofită și xerofită;
- 2) limita dintre solul predominant hidric și cel predominant uscat;
- 3) în cazul zonelor umede fără vegetație sau sol specific, este limita dintre terenul care este inundat sau saturat cu apă la un moment dat în perioada de vegetație în fiecare an și terenul care nu prezintă aceste proprietăți.

Limita dintre zonele umede și ecosistemele acvatice cu apă de mare adâncime în sistemele marine și estuare, coincide cu punctul de elevație al apei în perioada de flux, zonele inundate permanent sunt considerate ecosisteme cu apă adâncă.



Fig. 2.1. Zonă umedă cu apă dulce din Rezervația Națională Bon Secour, Alabama, SUA, 2010, [83]

În ceea ce privește sistemele riverane și lacustre, limita este dată de creșterea adâncimii peste 2 m. Această limită de 2 m a fost aleasă deoarece reprezintă adâncimea maximă la care plantele emergente cresc în condiții normale.

Daubenmire [17] susține că plantele emergente nu sunt adevărate plante acvatice ci au o natură dublă, fiind adaptate pentru condiții de sol umed și sol inundat. Această limită de 2 m a fost inclusă și în clasificarea dată de Zoltai [66] pentru zona Canadei.

În țara noastră este de multe ori întâlnită folosirea termenului de zonă umedă cu referire la câmpia inundabilă. Frecvent sunt făcute confuzii în ceea ce privește asemănarea zonelor umede cu zonele inundabile.

Legea apelor 107/1996 definește zonele umede ca „întinderi de bălți, mlaștini, turbării și alte suprafețe ocupate permanent sau temporar de ape stătătoare sau curgătoare, dulci, salmastre sau sărate”.

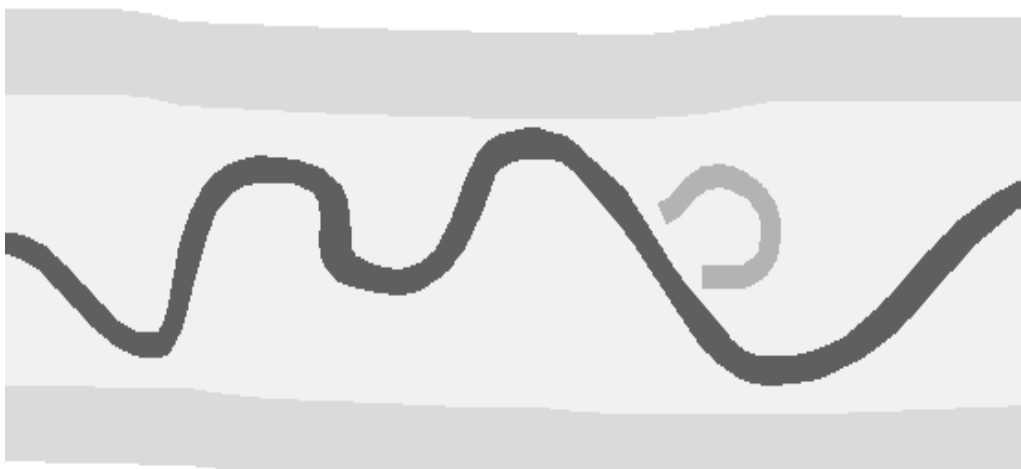


Fig.2.2. Câmpia inundabilă

Zona inundabilă este „suprafața de teren din albia majoră a unui curs de apă, delimitată de un nivel al oglinzii apei, corespunzător anumitor debite în situații de ape mari” [70]. Zonele inundabile de-a lungul cursurilor de apă sunt delimitate de către hărțile de risc la inundație.

Câmpie inundabilă sau luncă este un termen folosit pe un domeniu larg care poate face referire la mai multe tipuri de zone umede, ce pot include lacuri de mici dimensiuni, pajiștile inundate, zone inundate cu vegetație forestieră și tufișuri. Acestea depind în general de sezoanele ploioase când este depășit nivelul albiei minore și sunt alimentate de volumele de apă deversate peste malurile râurilor.

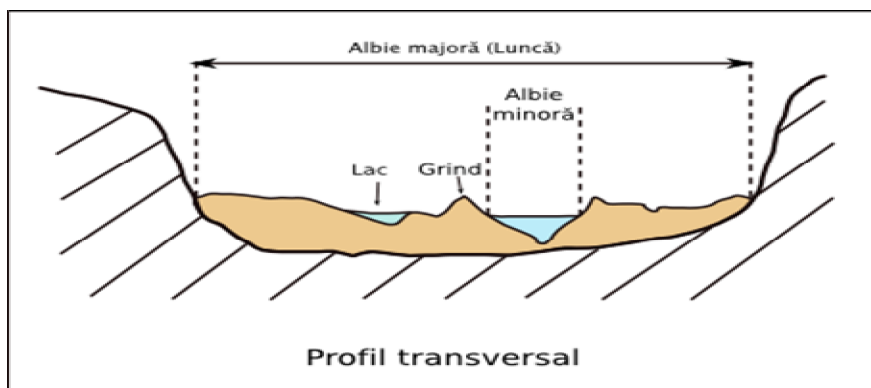


Fig.2.3. Profilul transversal al unei albie majore

Însă câmpia inundabilă nu este neapărat zonă umedă dacă nu îndeplinește condițiile de existență și delimitare. Stagnarea apei la suprafața solului pentru o perioadă scurtă de timp nu coincide întotdeauna cu timpul de formare al vegetației adaptate la condiții de umiditate îndelungată, chiar dacă se formează o conexiune între cursul de apă și zona inundată.

2.2 Clasificări

Literatura de specialitate oferă numeroase clasificări ale zonelor umede, de la mlaștini și izvoare, la lacuri și areale marine, clasificări numeroase făcute de cercetători diferiți care au studiat aceste sisteme din diferite puncte de vedere. Termenul zonă umedă include o varietate de areale, Department of the Interior Fish and Wildlife Service Office of Biological Services face o încadrare în 5 categorii, în funcție de prezența solului hidric și a vegetației higrofitice:

- 1) zone care susțin producția de higrofitice și prezintă un sol hidric, numite comun mlaștini;
- 2) zone cu sol hidric, dar fără existența hidrofitelor, spre exemplu zone costiere care sub influența valurilor și a apei cu salinitate ridicată nu permit dezvoltarea vegetației higrofitice;
- 3) zone cu vegetație higrofită dar fără sol hidric, cum ar fi situri cu acumulare de apă recente, care nu au avut deocamdată posibilitatea formării solului hidric, dar care după procesele de degradare a vegetației și transformarea sedimentelor se va forma;
- 4) zone fără sol dar cu vegetație adaptată condițiilor acvatice, spre exemplu zone acoperite cu alge și solul înlocuit de țărniș format de roci;
- 5) zone fără sol și fără higrofitice cum sunt țărnișurile cu roci sau plajele cu pietriș fără vegetație.

În prezenta lucrare s-au luat în considerare următorii parametri:

- Vegetație:
 - bălți;
 - mlaștini;

- o turbării;
- o mangrove.

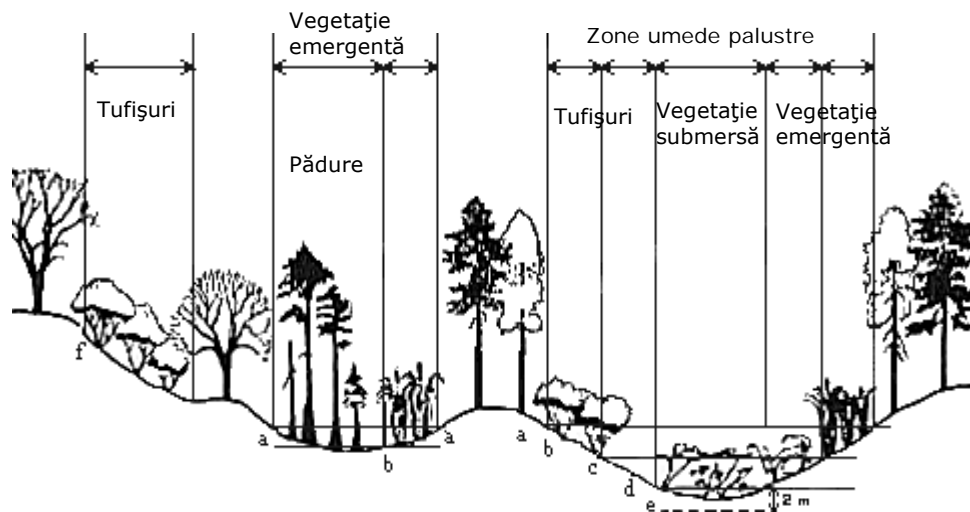


Fig.2.4. Tipuri de vegetație și alimentare cu apă: a – inundate temporar, b – inundate sezonier, c – inundate semipermanent, d – inundate intermitent, e – acoperite cu apă permanent, f – sol saturat.

- Funcția de stocare:
 - o transversale;
 - o longitudinale.
- Funcția de transfer:
 - o cu încărcare a acviferului care sunt folosite la umplerea stratului subteran cu apă;
 - o cu descărcare din acvifer, care sunt alimentate din subteran.
- Tipologie hidrologică:
 - o efective, prezente permanent și necondiționat de sezonul ploios;
 - o potențiale, situații care prezintă condițiile formării zonelor umede atunci când condițiile meteorologice le permit;
 - o eficiente, existente în teren și care sunt utile din punct de vedere hidrologic. [20]
- Timpul de staționare al apei:
 - o Permanente, unde apa este prezentă deasupra solului pe toată durata ciclului hidrologic;
 - o Temporare, care sunt formate sezonier în funcție de cantitatea de precipitații, panta și textura solului.

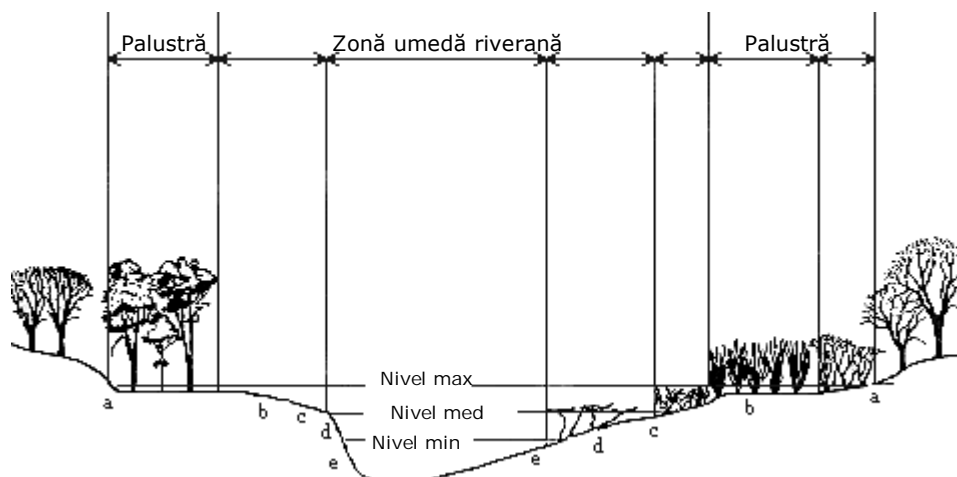


Fig. 2.5. Zone umede riverane, care depind de conexiunea laterală în timpul viiturii:
 a – inundate temporar, b – inundate sezonier, c – inundate semipermanent, d – inundate intermitent, e – acoperite cu apă permanent.

- Influența umană:
 - naturale, formate prin inundarea permanentă a unor zone plate adiacente sau nu râurilor;
 - artificiale, modificate de factorul antropic.
- Localizare:
 - marine;
 - riverane;
 - lacustre;
 - estuare;
 - palustre.

Clasificarea după Convenția de la Ramsar oferă o directivă bine structurată care are ca scop identificarea ușoară a tipurilor de habitat umed. Aceasta împarte zonele umede în 3 sisteme: pe continent, de coastă, antropice. [98]

Zone umede marine și de coastă

- ape marine de mică adâncime, permanente, de obicei cu o adâncime de maxim șase metri la reflux - includ golfurile;
- albiile marine de reflux, meandre marine tropicale, albiile înierbate;
- recife de coral;
- coastă maritimă și țărmuri stâncoase;
- țărmuri cu nisip, dune umede de nisip, țărmuri acoperite de prundiș;
- sisteme de ape estuare permanente și delte;
- ținuturile mlăștinoase, nisipoase sau sărate care sunt acoperite de fluxuri;
- mlaștini nepermanente dependente de flux și reflux cu apă sărată sau salmastră;
- zone umede împădurite dependente de flux, inclusiv mangrove;
- lagune cu apă sărată și salmastră, includ lagunele cu conexiune la mare;

- lagune cu apă dulce din zonele de coastă;
- sisteme hidrologice subterane carstice.



Fig. 2.6. Mlaștină cu apă sărată în Țara Galilor, în care se observă trei tipuri de populații: *Sarcocornia quinqueflora*, *Sporobolus virginicus*, *Juncus kraussii*. [51]

Zone umede de interior

- delte permanente;
- izvoare, pâraie, râuri, cascade permanente;
- izvoare, pâraie, râuri sezoniere, intermitente, iregulare;
- lacuri permanente cu apă dulce (care acoperă o suprafață mai mare de 8 hectare) și includ brațe moarte ale unor râuri;
- lacuri și iazuri sezoniere sau intermitente cu apă dulce (care acoperă o suprafață mai mare de 8 hectare) și includ lacuri din câmpiile inundabile;
- lacuri și iazuri permanente cu apă sărată, salmastră sau alcalină;
- lacuri și iazuri sezoniere cu apă sărată, salmastră sau alcalină;
- mlaștini permanente cu apă sărată, salmastră sau alcalină;
- mlaștini sezoniere cu apă sărată, salmastră sau alcalină;
- turbării împădurite sau neîmpădurite;
- zone umede alpine și din tundră; includ lunci inundate cu apa din topirea zăpezilor;
- izvoare de apă dulce, oaze;
- zone umede geotermale.

Zone umede antropice

- iazuri de cultură pentru creșterea peștilor și ferme de creveți;
- rezervoare și iazuri de stocare a apei pentru irigații;
- parcele irigate cu canale și orezării;

- teren agricol inundat controlat în perioadele de ape mari, inclusiv pășuni și lunci inundate;
- mine de extragere a sării, saline;
- rezervoare, baraje, acumulări îndiguite cu suprafețe mai mari de 8 ha;
- situri de excavație pentru extragerea materialelor de construcții;
- iazuri de tratare a nămolului și a apei uzate;
- canale și șanțuri de desecare;
- sisteme hidrologice subterane antropice.

Tipuri de zone umede inundate temporar, [73]:

Lacuri pe litoral

Sunt depresiuni mici și circulare sezoniere sau semipermanente ocupate de apa din precipitații sau din topirea zăpezilor. În primăvară, sunt în general ocupate de populații de păsări migratoare. Apa este pierdută în perioadele secetoase, în SUA este întâlnit procesul de „pitting”, modificarea solului la suprafață pentru a permite infiltrația, cauza dispariției acestor zone în detrimentul habitatului.

Bălți de prerie

Sunt depresiuni de mică adâncime și sunt alimentate din topirea zăpezilor, nivelul apei scade în perioada de vară. Sunt considerate habitate preferate de specii numeroase de păsări migratoare și zone de reproducere a păsărilor de baltă. Solul acestor zone umede este recunoscut ca fiind bogat în nutrienți și utilizabil pentru agricultură, de aceea conversia terenurilor inundate în terenuri agricole a dus la pierderea semnificativă a acestora.

Iazuri de primăvară

Sunt iazuri sezoniere în zone depresionare, care pot fi și împădurite. Sunt acoperite cu apă de adâncime mică pentru o perioadă variabilă din iarnă până primăvara, apa provenind din topirea zăpezilor. În perioada de secetă sunt complet uscate. Caracteristicile acestor tipuri de acumulări sunt influențate de factori ca: relief, geologie, tipul de sol (predominat argilos), vegetația din jur. Durata și dimensiunea fiecăruia diferă de la an la an, fiind influențată de variația precipitațiilor.

Câmpii umede

Sunt un tip de mlaștini care se pot întâlni în zone drenate superficial, cum ar fi zone ale unor lacuri de mici dimensiuni, teren agricol și terenuri de tranziție dintre mlaștini și dealuri. Sunt de obicei mai uscate decât mlaștinile, dar apa freatică fiind ridicată permite menținerea unui sol umed, cu umiditate ridicată în perioadele de ape mari.

Zone umede de pantă

Sunt întâlnite în zone de pantă unde sunt izvoare de descărcare a acviferului. Gradientul de ridicare diferă de la zone de deal la cele de podiș, dar principala sursă de apă este apa subterană, la care se adaugă precipitațiile scurse pe versanți. Hidrodinamica este dominată de mișcarea unidirecțională din amonte spre aval. Pierderile de apă suferite de aceste sisteme sunt datorate scurgerilor subterane și de suprafață, dar și a evaporației.

O altă clasificare a mlaștinilor după modul de alimentare cu apă, după forma suprafeței și componența vegetației este dată de [48]:

- *eutrofe* – sunt întâlnite pe spațiul lacurilor colmatate, în luncile râurilor frecvent inundate și în jurul izvoarelor lor. Au o suprafață plană sau concavă.

Sunt alimentate din precipitații, ape freatice și depășiri ale malurilor râurilor, cu vegetație bogată de baltă;

- *oligotrofe* – se formează în regiunile cu climat rece și umed, se mai numesc și tinoave, situate în regiunile carpatice și subcarpatice. Sunt alimentate predominant de precipitații și au o vegetație săracă;
- *mezotrofe* – sunt intermediare sau de tranziție între celelalte două, atât pe plan floral cât și prin gradul de mineralizare al apei.

Delta Dunării este un ecosistem unic, în care se reunesc mai multe sisteme acvatice, terestre și umede, la întâlnirea fluviului Dunărea cu Marea Neagră. Apar aici:

- mlaștinile (stufăriile) sunt zone acoperite permanent sau semipermanent cu apă, în care cresc stuful, papura, rogozul, pipirigul;
- japșele sunt forme intermediare între mlaștini și bălți, acoperite doar temporar cu apă, au un relief plan și o zonă de scurgere concavă;
- bălțile, numite și ghioluri sau lacuri se caracterizează prin delimitarea cu stufării și nu maluri evidente. Au toată suprafața fundului acoperită cu vegetație emersă, submersă cu productivitate ridicată;
- limane fluviatile și fluvio-maritime: lacuri formate prin bararea gurii de vărsare a unei ape curgătoare cu un grind fluviatil sau cordon marin;
- lagune maritime se formează prin bararea cu cordoane litorale a unor vechi golfuri.

2.3. Integrarea în plan internațional a conceptului

Conceptul introdus de Convenția asupra zonelor umede, de importanță internațională, încheiată la Ramsar în 2 februarie 1971, sub egida UNESCO, și amendată prin Protocolul de la Paris din 3 decembrie 1982, se referă la spațiile dintre ecosistemele acvatice și cele terestre care inițial au fost protejate pentru habitatul raței de baltă, specie pe cale de dispariție. Între timp a fost descoperită multitudinea de avantaje pe care le oferă pe lângă habitat de reproducere a acestei specii. Au fost semnalate alte beneficii și servicii pe care le oferă zonele umede și au fost introduse mai apoi în directivă pentru protejarea și valorificarea acestora. Sunt protejate la nivel mondial prin această convenție 2.040 de sit-uri ce cumulează o suprafață de 193.411.417 hectare. [98]

România a devenit țară semnatară în 1991. Încă 4 situri au devenit zone umede de importanță internațională în anul 2012, ceea ce înseamnă că țara noastră are la ora actuală 8 zone umede considerate sit-uri de importanță internațională, cumulând o suprafață de 824.897 ha. (Tabel 2.1.)

În Statele Unite ale Americii, a fost adoptată în 1977 legea președintelui Carter cu privire la protecția zonelor umede de către agențiile federale, acest lucru precedând o serie de convertiri ale terenurilor mlăștinoase pentru alte utilizări. În același an, amendamentele Legii Apei Curate (Clean Water Act), în special articolul 404, au susținut ca autoritate de reglementare pentru zonele umede adiacente apelor navigabile Armata Asociației Inginerilor Statelor Unite (Corps of Engineer's) alături de instituții ca USFWS (U.S. Fish and Wildlife Service) și NMFS (National Marine Fisheries Service). Acestea din urmă aveau autoritatea de eliberare a autorizațiilor după revizuirea impactului activităților asupra zonelor umede.

Tabel.2.1. Lista sit-urilor Ramsar din România

<i>Situl</i>	<i>Data desemnării</i>	<i>Suprafața</i>
Parcul Natural Comana	25/10/11	24.963 ha
Delta Dunării	21/05/91	647.000 ha
Complexul Piscicol Dumbrăvița	02/02/06	414 ha
Parcul Natural Porțile de Fier	18/01/11	115.666 ha
Lacul Techirghiol	23/03/06	1.462 ha
Lunca Mureșului	02/02/06	17.166 ha
Tinovul Poiana Stampei	25/10/11	640 ha
Insula Mică a Brăilei	15/06/01	17.586 ha
Bistreț	13/06/12	27.482 ha
Iezerul Călărași	13/06/12	5.001 ha
Confluența Olt-Dunăre	13/06/12	46.623 ha
Suhaia	13/06/12	19.594 ha

La ora actuală există diverse organizații care au demarat proiecte de restaurare a zonelor umede drenate în trecut și devenite terenuri private locuite sau utilizate în diverse scopuri agricole. Un astfel de exemplu este oferit de USDA Natural Resources Conservation Service (NRCS) care în statul Michigan (SUA) a demarat *Programul rezervelor zonelor umede* (The Wetlands Reserve Program (WRP)), un program de voluntariat care oferă proprietarilor de terenuri oportunitatea de a proteja, restaura și a mări capacitatea zonelor umede aflate în proprietatea acestora. NRCS oferă sprijin financiar și tehnic în eforturile pentru restaurarea zonelor umede. Scopul programului este de a obține și menține funcțiile acestor ecosisteme la capacitate maximă, împreună cu un habitat optim pentru plantele și animalele sălbatice.

La nivel european a fost adoptată *Directiva Cadru pentru apă 60/2000*, a fost transpusă în legislația națională prin Legea nr. 310/ 2004 pentru modificarea și completarea legii anterioare a apelor, 107/1996, și oferă Comisiei Europene și statelor semnatare posibilitatea cooperării într-un parteneriat pentru protecția apelor prin prevenirea poluării la sursă și controlul eficient al surselor de poluare. Obiectivul comun este atingerea „stării ecologice și chimice bune”.

Directiva Cadru [67] a introdus o nouă abordare legislativă în domeniul gestionării și protecției resurselor de apă, schimbând bazele de studiu de la frontiere naționale sau politice la formațiuni hidrologice și geografice naturale: bazinele și districtele hidrografice.

Alte directive important de menționat pentru protecția apei:

- Directiva 98/83/CE privind calitatea apei destinată consumului uman, care stabilește condițiile de calitate pentru apa potabilă destinată consumului uman, apa utilizată la prepararea hranei, folosințe gospodărești, pentru industria alimentară;
- Directiva 91/271/CE privind epurarea apelor uzate orășenești, care stabilește condițiile privind colectarea, epurarea și evacuarea apelor uzate din aglomerările urbane, rurale și industriale;

- Directiva 76/464/CE privind poluarea cauzată de anumite substanțe periculoase deversate în mediul acvatic al Comunității (și cele 7 Directive "fiice");
- Directiva privind Evaluarea și Managementul Riscului la Inundații 2007/60/EC, impune reducerea riscului inundațiilor prin strategii ca: Evaluarea preliminară a riscului, întocmirea hărților de risc la inundabilitate și a Planurilor de Managementul Riscului la Inundații.

Districtul hidrografic al Dunării, cel mai mare din UE, ilustrează diversitatea apelor care fac parte dintr-un bazin hidrografic: de la pâraie de munte, râuri, corpuri de ape subterane, deltă la apele de coastă ale Mării Negre. Cooperarea la nivel internațional este relevantă prin Convenția internațională pentru protecția fluviului Dunărea (ICPDR), semnată de 14 țări în 1994.

Organizații internaționale precum ICPDR, WWF (World Wide Fund for Nature - Fondul Mondial pentru Natură) au dezvoltat proiecte pentru protejarea zonelor umede riverane, proiecte precum *Programul de Reducere a Poluării Dunării*, *Planul de Management Bazinal al Dunării*, *Redimensionarea ecologică și economică pe sectorul românesc al Luncii Dunării*, *Inițiativa "Coridorul Verde" a Părții Inferioare a Dunării* – o directivă pentru cooperarea și coordonarea țărilor Dunării Inferioare (Bulgaria, România, Moldova și Ucraina), cu scopul protecției și restaurării ecosistemelor de luncă, realizării unei rețele ecologice integrate de zone umede sănătoase, refăcute și protejate, de-a lungul Dunării Inferioare și promovării dezvoltării durabile socio-economice. [99]

În România, pentru gestionarea corespunzătoare a situațiilor determinate de inundații, a fost elaborată *Strategia Națională de Management al Riscului la Inundații* [69], care urmărește schimbarea viziunii asupra modului de abordare a problemelor inundațiilor și a trece de la conceptul de acțiune de tip pasiv, la conceptul acțiune activă în vederea reducerii pagubelor potențiale și a vulnerabilității receptorilor de risc la inundații.

Strategia Națională de Management al Riscului la Inundații are drept scop reducerea impactului produs de inundații asupra populației și a bunurilor printr-o planificare adecvată care să corespundă standardelor și așteptărilor comunităților umane, în condițiile protecției mediului.

Strategia formează documentul cadru pentru pregătirea și adoptarea unor măsuri și acțiuni specifice vizând:

- cunoașterea riscului la inundații;
- monitorizarea fenomenului;
- informarea populației;
- considerarea riscului în toate activitățile de amenajare a teritoriului;
- adoptarea de măsuri preventive;
- pregătirea pentru situații de urgență;
- reconstrucția și învățarea din experiența anterioară.

Pentru obținerea unor rezultate favorabile este necesar să se adopte politici comune în aceste domenii, care trebuie să vizeze:

- reducerea pagubelor, prin măsuri și acțiuni pasive, care nu influențează desfășurarea fenomenului de inundare;

- măsuri active de reducere a pericolului cu efecte asupra derulării evenimentelor, influențând probabilitatea lor de apariție și intensitatea evenimentelor.

Aceste planuri sunt:

- Planul de Management al Riscului la Inundații, ce se elaborează la nivel de bazin hidrografic;
- Programul Național de Prevenire, Protecție și Diminuarea Efectelor Inundațiilor. Acest program se elaborează la nivelul teritoriului și are la bază planurile de management al riscurilor la inundații întocmite la nivel de bazin hidrografic;
- Planuri bazinale, județene, municipale, orășenești și comunale de apărare împotriva inundațiilor elaborate în conformitate cu prevederile legislației existente în domeniul managementului situațiilor de urgență și care se vor integra în prezenta strategie sub numele de planuri operative de intervenție.

2.4. Funcțiile zonelor umede

În trecut zonele mlăștinoase erau desconsiderate datorită accesibilității reduse și a varietății de animale și insecte, dar acestea prezentau o vegetație abundentă, semn ce atesta prezența nutrienților. Creșterea numărului populației a determinat creșterea cererii de alimente, implicat a necesarului de terenuri agricole productive, obținute prin transformarea terenurilor mlăștinoase cu ajutorul procedeelor de hidroameliorație.

Terenurile agricole și pășunile au o capacitate de reținere a apei mai mică, acest lucru influențând negativ posibilitatea captării apei din precipitații abundente.

Zonele umede satisfac o varietate de funcții fizice, chimice și biologice unice care sunt esențiale pentru a menține starea bună a mediului.[18]

Zonele umede sunt utilizate eficient pentru: [77]

- reglarea regimului debitelor;
- reținerea undelor de viitură;
- protecția antierozională a solurilor;
- protecția antierozională a coastei;
- prevenția intruziunilor apei saline;
- protecție anti-furtună prin perdelele de copaci micșorând viteza vântului;
- autoepurarea apei poluate;
- reîncărcarea acviferului;
- punct de descărcare al acviferului;
- habitat pentru fauna specifică ecosistemelor acvatice;
- diminuarea efectelor schimbărilor climatice prin stabilizarea condițiilor climatice locale (precipitații și temperatură);
- îmbogățirea substratului în nutrienți;
- producția de trestie;
- producție de pește;
- alimentare cu apă;
- producție de lemn și turbă;

- în agricultură sunt zone cu aport de umiditate antropic sau natural care sunt propice cultivării orezului prin crearea condițiilor esențiale de creștere;
- transport;
- turism și înbăiere, atribute culturale.

Zonele umede împădurite de-a lungul râurilor protejează maluri de eroziune și asigură scăderea temperaturii apei prin umbrire. Zonele umede riverane au o capacitate mare de reducere a poluanților din râuri, deoarece acționează ca un filtru pentru scurgerea de suprafață de pe versanți, care ajunge apoi în albie. De asemenea, asigură calitatea apei în perioada inundațiilor, când apa din albia minoră este revărsată și alimentează zonele umede riverane.

Producția de turbă este considerată importantă din punct de vedere economic prin utilizarea acestui material în domenii diverse. Exemple:

- distilarea turbei este procesul pentru obținerea gudronului, iar prin uscarea și impregnarea cu petrol este utilizată pe post de combustibil;
- îngrășământ în agricultură;
- izolator termic sau așternut absorbant în construcții;
- turbăriile din zonele izvoarelor carbogazoase sunt utilizate în scop terapeutic, ca băi de nămol, iar din turba de *Sphagnum* se fabrică surogate de vată și cărbune medicinal. [48]

Însă exploatarea masivă a acesteia este periculoasă pentru structura turbăriei, deoarece degradarea substratului duce la eliberarea carbonului stocat în timp prin descompunerea biomasei, înapoi în atmosferă și intensificarea procesului de încălzire globală.



Fig. 2.8. Turbăria iezerul Mare, [89]

Funcția de reglare a regimului debitelor și a reținerii undelor de viitură acționează ca o acumulare de protecție la ape mari datorită capacității de atenuare a

unde de viitură prin stocarea unui volum de apă și prin angrenarea unui coeficient de frecare mare determinat de vegetația abundentă, care reduce viteza apei.

Zonele umede au potențialul de a colecta, capta și a elibera treptat în timp apa din torenți și viituri. Gradul de atenuare a inundațiilor depinde de mărime, formă, poziție, nivelul pânzei freatice, permeabilitatea solului și pantă. [65]

Funcția de stocare micșorează gradul de afectare a proprietăților din aval, determină scăderea vitezei și creșterea timpului de concentrare. Spre exemplu un studiu arată că o zonă umedă poate să capteze mare parte din apa provenită din topirea zăpezilor într-un bazin afectat de inundații în perioada primăverii [27].

Tabel.2.2. Funcțiile și valorile zonelor umede [44]

Domeniul	Funcția	Valori
Hidrologie	<ul style="list-style-type: none"> • Umplerea-descărcarea acviferului, • Stocarea apei și regularizarea debitelor • Controlul climatic 	<ul style="list-style-type: none"> • Calitatea și cantitatea apei, • Controlul inundațiilor
Bio-geo-chimie	<ul style="list-style-type: none"> • Sursă de nutrienți, transformare și acumulare, • Acumularea sedimentelor și materiilor organice 	<ul style="list-style-type: none"> • Calitatea apei, • Combaterea eroziunii solului
Bio-productivitate	<ul style="list-style-type: none"> • Productivitatea primară, • Stocare și eliberare carbon • Detritus pentru organisme acvatice • Mineralizare și descompunerea N, S, C, P 	<ul style="list-style-type: none"> • Suport pentru lanțul trofic • Calitatea apei • Turism • Produse comerciale
Ecosisteme	<ul style="list-style-type: none"> • Habitat pentru specii • Suport pentru lanțul trofic • Menținerea biodiversității 	<ul style="list-style-type: none"> • Turism și design • Produse comerciale • Calitatea apei

3. CARACTERIZAREA ZONELOR UMEDE

3.1. Hidrologia zonelor umede

Unicitatea zonelor umede constă în combinațiile diferite care pot apărea între factorii ce influențează fiecare ecosistem în parte, însă factorul comun este reprezentat de abundența apei.

Termenul de hidrologie a zonelor umede cuprinde caracteristicile hidrologice ale zonelor care sunt periodic inundate sau care au soluri saturate în perioada de creștere a vegetației.

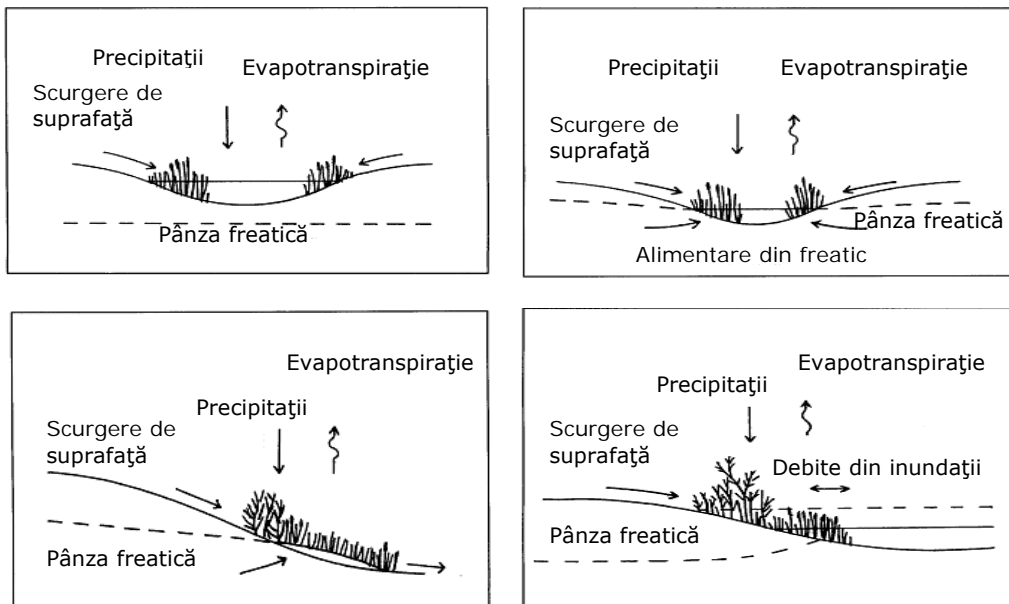


Fig. 3.1. Tipuri de alimentare hidrologică [10]

Surse de apă care alimentează zonele umede sunt: scurgerea de suprafață din precipitații, apa subterană, izvoare, aport din fluxul maritim, inundații din remuu sau combinații ale acestor surse.

Din punct de vedere hidrologic zonele umede îndeplinesc mai multe funcții importante, care le fac valoroase pe plan internațional.

Micșorarea efectelor inundațiilor este realizată de reducerea vârfului undei de viitură și a volumului acesteia prin stocarea la suprafață sau în acvifer, când pânza freatică este alimentată prin infiltrații din zona umedă. Astfel este obținută reducerea pagubelor în aval și reglarea bilanțului apei la nivel de bazin hidrografic.

Reîncărcarea acviferului este o funcție prezentă în cazul zonelor umede cu proprietatea de a alimenta staturile subterane cu apa colectată din scurgeri pe versanți și din ape de suprafață. [23]

Reducerea eroziunii. Zonele umede riverane au rolul important de a proteja albia râurilor de eroziune datorită prezenței vegetației acvifere de tip emergent și submers. Prezentând un coeficient de rugozitate mai mare, obține micșorarea vitezei apei și reduce antrenarea particulelor. În cazul zonelor umede costiere, protejează țărmul de efectul erozional al valurilor.

3.1.1. Bilanțul apei în zonele umede

Circuitul apei în natură este compus din precipitații, scurgeri de suprafață, scurgeri subterane și evapotranspirație. Bilanțul hidrologic sau bilanțul apei este analiza debitelor intrate și a celor ieșite din sistemul hidrologic și are ecuația generală:

$$In - Ie = \Delta s \quad (3.1)$$

unde: In sunt debitul intrate în sistem
 Ie debitul ce ies din sistemul hidrologic
 Δs capacitatea de stocare a sistemului.

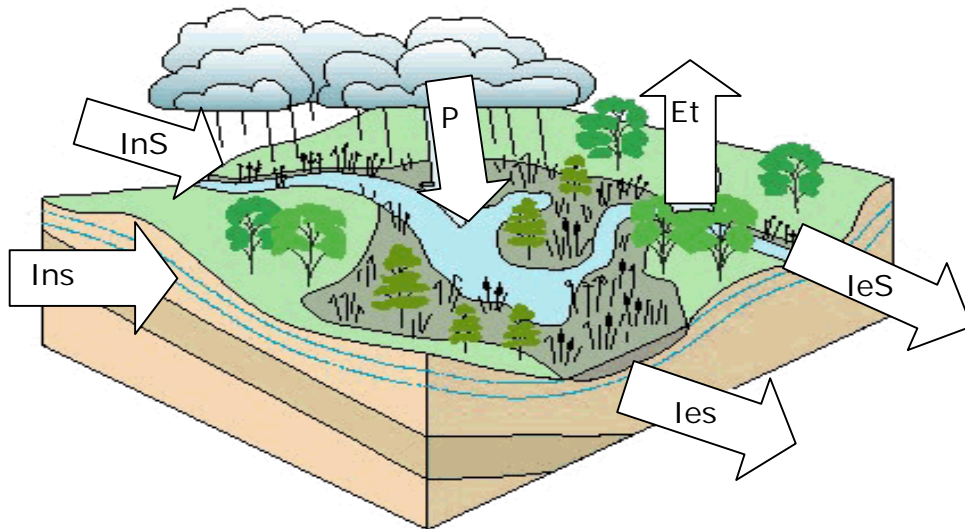


Fig. 3.2. Componentele bilanțului apei în zonele umede [11]

Zonele umede au parte de un schimb continuu de apă cu atmosfera, cursurile de apă și acvifer. Bilanțul apei într-o zonă umedă este diferența dintre debitul afluent și debitul evacuat. (Fig. 3.2.)

$$P + InS + Ins = Et + IeS + Ies + \Delta s \quad (3.2)$$

Unde:	P	precipitații
	InS	intrări de suprafață
	Ins	intrări subterane
	Et	evapotranspirația
	IeS	ieșiri de suprafață
	Ies	ieșiri subterane
	Δs	capacitatea de stocare

Importanța relativă a fiecărei componente a bilanțului hidrologic variază temporal și spațial, dar interacțiunea lor creează hidrologia unei zone umede individuale. Bilanțul apei, împreună cu informații privind geologia terenului, asigură o bază de studiu ale proceselor hidrologice, ale funcțiilor zonelor umede și pentru previziuni ale efectelor factorilor de mediu. [11]

Noțiunea de **hidroperioadă** descrie timpul de saturare sau inundare a terenului, și cuprinde durata de inundație și frecvența inundației, cu referire la debitele cu diferite probabilități de apariție, care alimentează zona umedă, dar și la fluctuațiile apei subterane. Hidroperioada variază sezonier și anual la fiecare zonă umedă în parte, fiind determinată de:

- bilanțul apei;
- capacitatea de acumulare variabilă în funcție de tipul de sol și nivelul apei subterane.

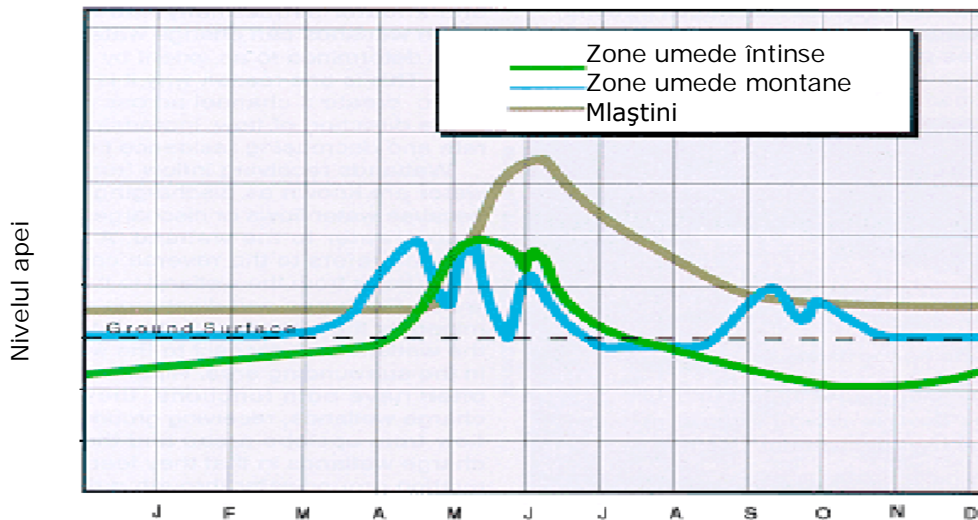


Fig. 3.3. Exemple de hidroperioade pentru trei zone umede diferite

În zonele montane, unde se găsesc izvoarele râurilor, zonele umede sunt de dimensiuni mici și au soluri cu o capacitate mică de acumulare a apei. Hidroperioadele acestora au o frecvență ridicată și o durată scurtă, fiind influențate strict de precipitații și de faptul că descărcarea se face rapid în cursul de apă pe care îl alimentează.

Frecvența de inundare este dată de numărul de perioade umede într-un an, în timp ce durata de inundare se referă la numărul de zile în care solul este acoperit cu apă. Unele zone umede nepermanente nu sunt niciodată inundate, ci au doar

solul saturat cu apă în perioada de creștere a vegetației. Altele sunt acoperite de apă tot timpul anului, deci sunt considerate permanente, dar nivelul are fluctuații în funcție de perioadele în care precipitațiile generează debite de inundare. [64]

3.1.2. Precipitații

Sunt forme ale apei din atmosferă care se depun pe suprafața pământului (ploaia, zăpada, grindina, chiciura, roua, bruma). [15]

Caracteristicile ploii:

- intensitatea: i [mm/min];
- durata t [min];
- frecvența N [ani];
- extinderea areală s.

Precipitațiile sunt surse directe de alimentare atunci când cad pe suprafața zonei umede și indirecte când cad pe suprafața bazinului și sunt transportate prin scurgere de suprafață și subterană către zonele umede.

Distribuția precipitațiilor pe suprafața bazinelor de recepție este determinată de modele climatice majore. Bilanțul total al precipitațiilor poate fi calculat cu următoarea formulă:

$$P = I + TF + SF \quad (3.3)$$

unde:

- | | |
|----|---|
| P | cantitatea totală de precipitații; |
| I | cantitatea de precipitații interceptată de către covorul arbolicol; |
| TF | cantitatea de precipitații căzută direct în apă; |
| SF | cantitatea de precipitații scursă pe tulpini. |

Există trei mecanisme principale generatoare de precipitații:

- precipitațiile legate de trecerea unei perturbări frontale: schematic o astfel de tulburare este caracterizată prin trecerea succesivă a două fronturi calde urmate de un front rece. Fronturile calde și reci sunt fronturi asociate cu precipitații de naturi diferite. Fronturile calde produc ploaie de intensitate redusă, dar de lungă durată, în timp ce fronturile reci pot duce la precipitații cu intensități foarte mari pe plan local;
- precipitațiile în timpul unei convecții locale: o încălzire a straturilor inferioare ale atmosferei le face instabile, care provoacă fenomene de convecție. Aceasta este o cauza majoră de precipitații în zone unde încălzirea atmosferei este favorizată de vânturile slabe și radiațiile solare puternice;
- precipitații orografice: prezența unei bariere (muntoase) care împiedică progresul a unei mase de aer umed poate provoca o creștere a fenomenelor de convergență.

Aceste trei mecanisme pot să apară împreună și se completează reciproc. Convecția asociată cu trecerea unui front rece va fi mai puternică cu cât aerul pe care îl înlocuiește va fi mai instabil.

Formarea viiturilor rapide este determinată de precipitații intense care cad pe o suprafață mică și au caracter torențial. Depind în mare măsură de stare vaporilor de apă din atmosferă, mecanismul de facilitare a condensării și formării de

precipitații și mecanismul de concentrare a precipitațiilor în mod repetat și continuu asupra aceleiași zone.[95]

În afară de condițiile meteorologice, inundațiile sunt determinate de factori hidrologici, cum ar fi panta terenului, utilizarea terenului, vegetație, tipuri de sol și umiditatea solului.

Tabel 3.1. Coeficienții de scurgere adaptați după Frevert

Folosința	Panta %	Textura solului		
		Ușoară	Mijlocie	Grea
Pădure	0 - 5	0.1	0.3	0.4
	5 - 10	0.25	0.35	0.5
	10 -30	0.3	0.4	0.6
	>30	0.32	0.42	0.63
Pășune	0 - 5	0.1	0.3	0.4
	5 - 10	0.15	0.35	0.55
	10 -30	0.2	0.4	0.6
	>30	0.37	0.47	0.68
Culturi agricole	0 - 5	0.3	0.5	0.6
	5 - 10	0.4	0.6	0.7
	10 -30	0.5	0.7	0.8
	>30	0.52	0.72	0.83

Parametrii hidraulici și hidrologici ai unui bazin sunt foarte importanți pentru efectul unei ploii. În cazul în care panta este mare și nu există obstacole, care să imprime o valoare mare coeficientului de frecare, și o interceptie bună a cantităților de precipitații, cum ar fi păduri, lacuri sau zone umede, efectele viiturilor în aval cresc rapid. [2]

3.1.3. Evapotranspirația

În hidrologie, evapotranspirația în spațiul unui bazin hidrografic reprezintă totalitatea cantităților de apă care se întorc în atmosferă sub formă de vapori.

Evaporația totală E (mm) este dată de relația:

$$E = E_a + E_t + E_s + E_i + E_d + E_z \quad (3.4)$$

Unde: E_a evaporația de la luciul apei;
 E_t transpirația produsă de procesul biologic al vegetației;
 E_s evaporarea din sol;
 E_i evaporarea cantității de precipitații interceptată de construcții și de învelișul vegetal;
 E_d evaporarea cantității de precipitații acumulate în depresiunile terenului fără posibilități de infiltrare;

Ez evaporarea de la suprafața zăpezii.

Evapotranspirația este considerată totalitatea apei evaporată din sol și cea din transpirația plantelor. [15]

Factorii care influențează cantitatea de apă evaporată sunt: precipitațiile atmosferice, temperatura și umiditatea aerului, viteza vântului, radiația solară. Evapotranspirația atinge valori maxime atunci când plantele aflate în perioada de vegetație sunt alimentate cu apă în mod optim, iar covorul vegetal acoperă solul uniform pe suprafețe mari. Acest lucru se transformă în evapotranspirație potențială (ETP).

ETP se calculează, plecând de la date meteorologice, după formule diferite, cele mai folosite fiind formula lui Turc (potrivită pentru zone mari) și formula lui Bouchet (convenabilă pentru zone mici). În cazul zonelor umede se consideră o acoperire mare a unei suprafețe mari, cea mai eficientă fiind formula lui Turc, ce permite evaluarea ETP lunare plecând de la două măsurători: temperatură și durata insolației.

$$ETP = \alpha \cdot \left(\frac{t}{t+15} \right) \cdot (I_g + 50) \quad (3.5)$$

Unde: α 0,40 pentru ETP lunară;
 t temperatura medie a aerului în adăpost pentru o lună (°C);
 I_g valoarea medie lunară a radiației solare globale (cal/cm²/zi);
 I_g depinde de latitudine și de durata lunară a unei zile și se obține cu formula.

$$I_g = I_{gA} \left(0,18 + 0,62 \cdot \frac{h}{H} \right) \quad (3.6)$$

Unde: I_{gA} intensitatea radiației solare care ar atinge solul în absența atmosferei;
 H durata totală a zilei, lunară, în ore;
 h durata insolației, lunară, în ore.

Evapotranspirația reală ETR, este cantitatea de apă efectivă pierdută considerând parametrii atmosferici, starea solului și a plantelor. Diferența dintre ETP și ETR crește odată cu creșterea forței de evaporare a atmosferei (deficit de umiditate) și scăderea cantității de apă de alimentare a vegetației. Diferențe foarte mari se concluzionează prin înrăutățirea stării fiziologice a vegetației și deci a ecosistemului.

Rapoarte Ramsar consideră zonele umede cu multă vegetație contribuitoare la formarea precipitației locale prin evaporația produsă în perioada de radiație solară intensă, combinată cu vânturile slabe.

3.1.4. Infiltrația

Infiltrația reprezintă cantitativ acea parte din precipitațiile atmosferice care pătrunde în sol sub acțiunea gravitației și atracției către granulele solului. Se măsoară prin intensitatea cu care apa pătrunde în sol în unitate de timp.

Studiul infiltrației pe suprafața integrală a unui bazin hidrografic utilizează metoda analizei sub raportul precipitațiilor și al scurgerilor rezultate în bazinul considerat.

Parametrii care descriu infiltrația:

- regimul de infiltrație $i(t)$ și se exprimă în [mm/h];
- infiltrația cumulată $I(t)$ – reprezintă volumul total de apă infiltrat pe timpul unei perioade date.

$$I(t) = \int i(t) \cdot dt \quad (3.7)$$

- capacitatea de infiltrație sau capacitatea de absorbție – cantitatea maximă de apă pe care solul este capabil să o absoarbă.

Factorii ce influențează infiltrația:

- tipul de sol (porozitatea, textura, etc.);
- tipul de vegetație;
- topografia și morfologia reliefului;
- umiditatea inițială a solului;
- intensitatea ploii.

Prin porozitate se înțelege raportul dintre volumul golurilor existente între particulele solide și volumul total al materialului (inclusiv porii). Volumul porilor depinde de tipul de granule care alcătuiesc roca, de modul lor de sortare, de felul cum acestea sunt aranjate și dacă sunt sau nu cimentate. Porozitatea unei roci (pori, fisuri, interstiții) se exprimă prin coeficientul de porozitate (n), definit ca raport între volumul porilor (V_p) și volumul total al rocii (V_t):

$$n = \frac{V_p}{V_t} \cdot 100 \text{ [%]} \quad (3.8)$$

Coeficientul de porozitate se determină prin metoda volumetrică. Aceasta constă în determinarea volumului total al rocii (V_t) și volumul scheletului solid (V_s), cu ajutorul cărora se obține coeficientul de porozitate prin relația:

$$n = \frac{V_t - V_s}{V_t} \cdot 100 \text{ [%]} \quad (3.9)$$

$$V_p = V_t - V_s \quad (3.10)$$

Valoarea porozității rocilor variază în funcție de dispoziția particulelor, de forma și dimensiunile lor, precum și de gradul de cimentare; ea poate fi totală și eficace.

Tabel.3.2. Valoarea porozității rocilor

Felul rocii	Porozitatea %
Sol	30-50
Argilă	10-50
Cretă	10-40
Nisip, pietriș	18-47
Calcar	2,5-20
Gresie	5-15
Roci eruptive	1
Cuarțite	0,5

Porozitatea totală depinde de gradul de cimentare și de compactare a rocilor; se are în vedere volumul total al porilor și cel al rocilor. Poate fi evaluată cu ajutorul coeficientului de porozitate (n).

Porozitatea eficace reprezintă raportul dintre volumul total al golurilor prin care apa se poate deplasa gravitațional și volumul total al rocii. Se referă doar la volumul porilor prin care poate circula apa sub acțiunea gravitației. Însușirea în cauză are o importanță practică deosebită. Ca valoare, ea deține cca. 25% din porozitatea totală.

3.1.5. Scurgerea de suprafață

În cazul zonelor umede riverane, este necesar studiul din punct de vedere hidrologic al conectivității cu sistemul fluvial. Conectivitatea este gradul în care apa, suspensiile și organismele se pot mișca într-un sistem fluvial compus din râu, câmpia inundabilă și zonele umede.

Se poate discuta astfel, conform [79], despre două tipuri de conectivități:

- longitudinală;
- laterală.

Conectivitatea longitudinală descrie gradul de continuitate de-a lungul direcției principale de curgere a râului, ceea ce include apa, sedimentele, organismele acvatice și alte elemente din sistem. Funcțiile sistemului sunt la nivel optim atunci când există o bună conexiune cu schimb de componente între amonte și aval, dar influența duratei și a frecvenței hidrografului de viitură aduce modificări însemnate în sistem. Spre exemplu, în cursurile de apă permanente, menținerea unui nivel mediu al apei permite conexiunea continuă longitudinală. La nivel sau debit minim nu este posibil transportul sedimentelor în aval și a peștilor din aval în amonte.

Conectivitatea poate fi întreruptă de bariere naturale sau antropice cum ar fi: cascadele, barajele, digurile longitudinale, derivații de apă. Materiale solide, în special lemnoase, purtate de curenții de apă nu sunt considerate ca o barieră deoarece acumularea acestora determină reducerea vitezei apei și facilitează migrarea peștilor din aval în amonte.

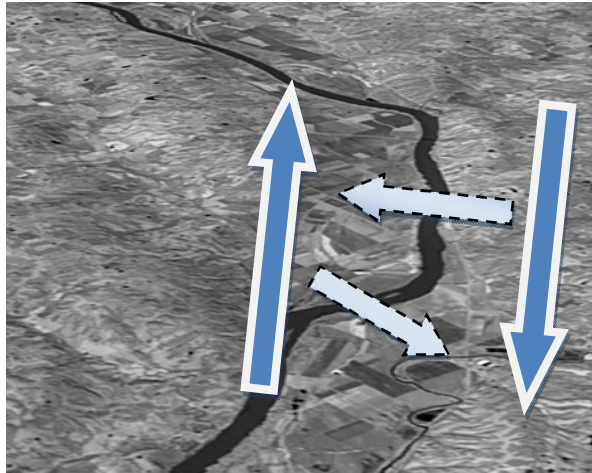


Fig. 3.6. Conectivitatea longitudinală și laterală într-un sistem tipic riveran

Conectivitatea laterală descrie gradul de conexiune între cursul de apă și câmpia inundabilă. Acest lucru este posibil în perioada de inundații, când apa se revarsă peste maluri și alimentează nivelul subteran prin infiltrații. În perioada secetoasă conectivitatea este întreruptă în mod natural de nivelul redus al cursului de apă, însă există și bariere antropice care pot face acest lucru, de exemplu digurile, șanțurile, drumurile sau alte infrastructuri care împiedică accesul apei în lateral, ca măsură de reducere a inundațiilor. Întreruperea accesului apei la câmpia inundabilă determină scăderea considerabilă a nivelului subteran și creșterea vitezei cursului de apă.

Digurile longitudinale naturale formate din materii solide lemnoase, în special digurile construite de castori, sunt un exemplu clar de creștere a conexiunii cursului de apă cu câmpia inundabilă datorită capacității acestora de micșorare a vitezei și creștere a nivelului apei.

Cheia limnometrică, sau cheia debitelor printr-o secțiune a unui râu, reprezintă legătura dintre adâncimea apei în secțiune și debitul care o străbate, exprimată de relația lui Chézy:

$$Q = \Omega \cdot C \cdot \sqrt{R \cdot i} \quad (3.11)$$

Unde: Ω este aria secțiunii vii;

R este raza hidraulică și se calculează cu relația:

$$R = \frac{\Omega}{P}$$

P este perimetrul udat;

C coeficientul lui Chézy: $C = \frac{1}{n} R^y$

n este rugozitatea patului albiei, iar $y=1/6$ (după Manning).

Cunoscând adâncimea apei și debitul total al cursului de apă, pentru zonele umede se poate calcula coeficientul de rugozitate, respectiv viteza medie de curgere. Calculul coeficientului de rugozitate se poate deduce din ecuația Strickler - Manning, ținând cont de măsurătorile pantei din câmpia inundabilă.

$$k = \left(\frac{Q}{\sqrt{\frac{Z_1 - Z_2}{\Delta X}}} - K_{\text{curs principal}} \cdot S_{\text{curs principal}} \cdot R_{\text{curs principal}}^{\frac{2}{3}} \right) \frac{I}{S_{\text{zona umedă}} \cdot R_{\text{zona umedă}}^{\frac{2}{3}}} \quad (3.12)$$

în care: Q debitul total;
 Z_1, Z_2 nivelul apei în amonte și aval;
 ΔX diferența dintre două puncte de măsurare a nivelelor;
 $K_{\text{curs principal}}$ coeficientul de rugozitate în cursul de apă principal;
 $S_{\text{curs principal}}$ suprafața secțiunii transversale a cursului principal;
 $R_{\text{curs principal}}$ raza hidraulică a cursului principal (suprafața secțiunii transversale împărțită la perimetru udat);
 $S_{\text{zona umedă}}$ suprafața cuprinsă între malul cursului principal și extremitatea zonei umede;
 $R_{\text{zona umedă}}$ raza hidraulică a zonei umede (poate fi aproximată ca media adâncimii apei în zona umedă).

3.1.6. Apa subterană

Prezența apei pentru o perioadă îndelungată influențează caracteristicile vegetației și a solurilor datorită condițiilor anaerobe și de reducere. Determinarea perioadei de inundare este necesară pentru a afla influența asupra perioadei de creștere a vegetației, numeroși factori acționând asupra umidității solului. Printre aceștia se numără precipitațiile, topografia, stratificarea, permeabilitatea solului și folosința terenului.

Poziția topografică, stratificarea, permeabilitatea solului afectează frecvența și durata acoperirii cu apă a solului. Zone care au o cotă mai mică în câmpiile inundabile și în mlaștini au o probabilitate mai mare de inundare și un timp mai mare de stagnare a apei.

În funcție de tipul de sol se stabilește coeficientul de permeabilitate și se determină timpul de absorbție și staționare a apei.

Timpul de drenare al excedentului de apă poate fi determinat de acoperirea terenului, de cantitatea și speciile de plante care acoperă solul. Transpirația plantelor este mai crescută în zonele cu multă vegetație, ceea ce poate reduce cantitatea de apă. Predominanța vegetației este determinată de climă.

Poziția față de pânza freatică determină tipul de alimentare a zonei umede, existând 3 tipuri: cele alimentate de apa subterană, cele care prin infiltrație contribuie la alimentarea acviferului, și cele care sunt despărțite de nivelul subteran prin pelicule impermeabile și care nu fac transferuri cu aceasta.

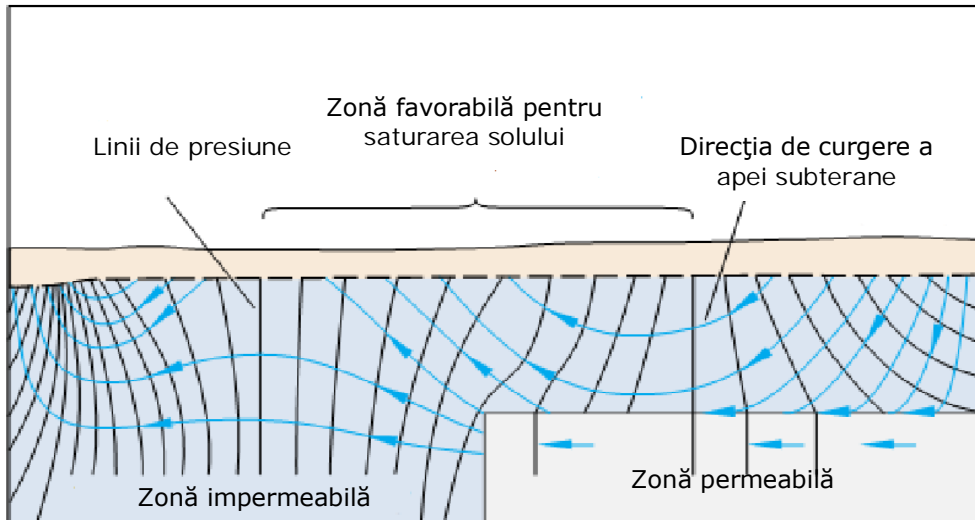


Fig. 3.4. Curgerea subterană

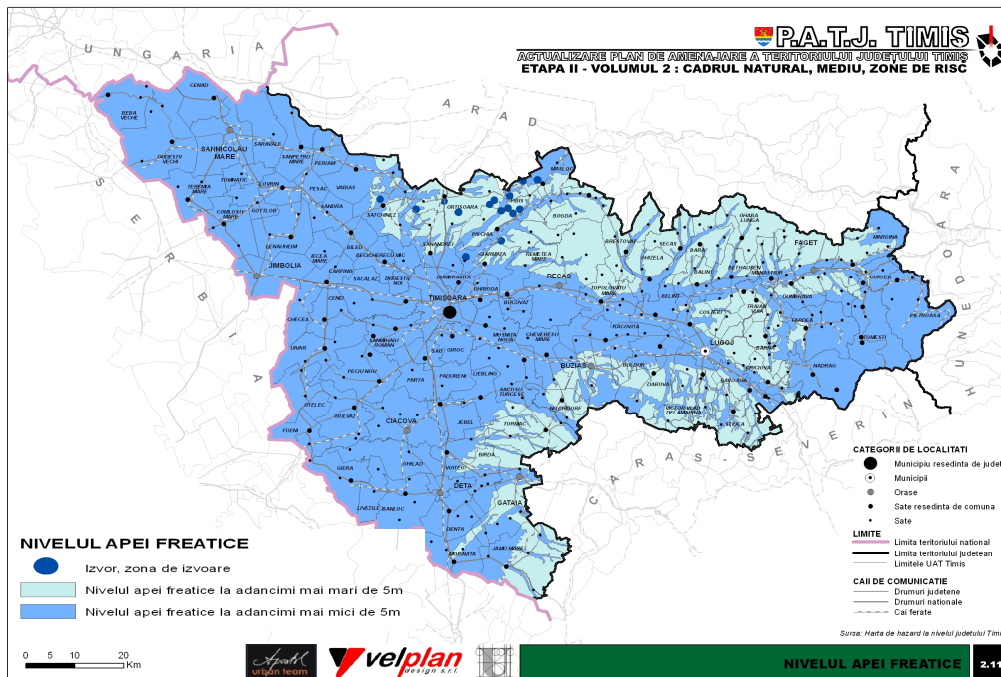


Fig. 3.5. Nivelul apei freatice în Județul Timiș

Zonele umede pot avea un strat de apă freatică ce nu atinge niciodată suprafața.

Legea lui Darcy descrie curgerea apei freactice ca fiind proporțională cu gradientul hidraulic și cu permeabilitatea solului.

$$Q = K \cdot a \cdot s \quad (3.13)$$

$$V = K \cdot s \quad (3.14)$$

unde: V viteza de curgere a apei freactice;
K conductivitatea sau permeabilitatea apei (lungime/unitatea de timp);
a secțiunea transversală a zonei;
s gradientul hidraulic.

3.2. Pedologie

Solurile ce aparțin ecosistemelor umede sunt cunoscute pentru umiditatea ridicată și conținutul mare de materie organică, multe dintre ele mai bogate în nutrienți decât solurile agricole, acesta este în special cazul turbăriilor. [101]

În cazul arealelor afectate de exces de umiditate, de natură freatică, rezultă soluri (Iacoviști, soluri gleice) cu profil Am-A/Go-Gr sau Ao-A/Go-Gr, iar în cazul excesului de umiditate datorat stagnării apei din precipitații (pseudogleice) cu profil de tip Aow-AoW-BW-C.

Tabel 3.3. Sistemul Românesc de Taxonomie a Solului [26]

Clasa de sol	Orizontul sau proprietățile specifice	Tipuri genetice de sol
PROTISOLURI	Orizont A sau O (sub 20 cm grosime) fără alte orizonturi diagnostice. Urmează roca (Rn sau Rp) sau orizont C provenit din materiale parentale naturale	Litosol (LS) Regosol (RS) Psamosol (PS) Aluviosol (AS)
CERNISOLURI	Orizont A molic și orizont intermediar (AC, AR, Bv, Bt) prezentând culori molice cel puțin în primii 10-15cm, urmat de orizont Cca în primii 125 cm.	Kastanoziom (KZ) Cernoziom (CZ) Faeoziom (FZ) Rendzină (RZ)
UMBRISOLURI	Orizont A umbric și orizont intermediar (AC, AR, Bv) ce are la partea superioară valori și crome < 3,5 (umed)	Nigrosol (NS) Humosiosol (HS)
CAMBISOLURI	Orizont B cambic (Bv) cu valori și crome < 3,5 (umed). Nu prezintă Cca în primii 75 cm (excepție cele erodate)	Eutricambosol (EC) Districambosol (DC)
LUVISOLURI	Orizont B argic (Bt) cu valori și	Preluvosol (EL)

	crome > 3,5. Nu se includ solurile cu B _{tna} specific solonețurilor	Luvosol (LV) Planosol (PL) Alosol (AL)
SPODISOLURI	Orizont spodic (B _{hs} , B _s) sau criptosodic (B _{cp})	Prepodzol (EP) Podzol (PD)
PELISOLURI	Orizont vertic (y) sau structură poliedrică foarte mare și crăpături largi și profunde în perioada uscată a anului începând din primii 25 cm	Pelosol (PE) Vertosol (VS)
ANDISOLURI	Orizont andic (an) de asociere, fără orizonturi spodice (E _s , B _{hs} , B _s)	Andosol (AN)
HIDRISOLURI	Proprietăți gleice (Gr) sau stagnice (W) intense care încep în primii 50 de cm, sau orizont A limnic (Al _m) și/sau histic (T) submers	Stagnosol (SG) Gleiosol (GS) Limnosol (LM)
SALSODISOLURI	Orizont salic (sa) sau natric (na) în primii 50 cm sau orizont B _{tna}	Solonceac (SC) Soloneț (SN)
HISTISOLURI	Orizont organic hidromorf (T) de peste 50 cm grosime în partea superioară a solului	Histosol (TB)
ANTRISOLURI	Orizont andropedogenetic sau lipsa orizontului A, E, și parțial B îndepărtate prin eroziune accelerată ori decopertare antropică, sau soluri în curs de formare pe materiale antropogene cu grosime > 50cm	Antrosol (AT) Tehnosol (TT)

Histosolurile se formează în zonele de concentrare a apelor, unde materia organică provenită din mușchii Sphagnum se descompune anaerob și formează orizont histic. Histosolurile includ o mare varietate de soluri turboase și organice, variind de la turba de mușchi din tundra boreală la turba forestieră din zona temperată, până la turba de mlaștină din zona umedă tropicală. [26]

SRTS consideră histosolul ca având la partea superioară a profilului de sol un orizont histic > 50 cm. Solurile puternic acide sunt considerate de mlaștină înaltă, cele mai puțin acide poartă denumirea de eutrofe sau mezotrofe când lipsesc arborii și domină ierburile sau mlaștinile. Solurile umede de litoral sau polderile sunt acoperite cu ierburi și/sau Carex.

Histosolurile se formează acolo unde există o concentrare a apelor de scurgere, retenție a precipitațiilor sau ascensiune freatică.

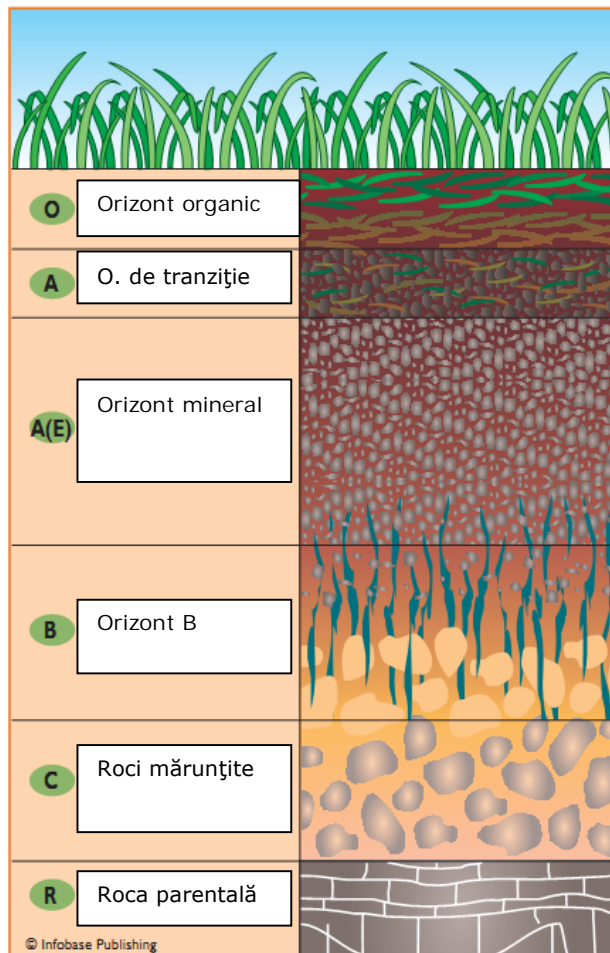


Fig.3.7. Profilul tipic unui histosol

Factorii de formare ai solurilor (clima, materialul parental, relieful, organismele și timul) afectează solurile hidrice într-o manieră minimală, influența primară este în acest caz regimul hidrologic. Caracteristicile unice rezultă din inundarea care poate fi periodică sau permanentă, sau din saturația solului pentru o perioadă suficientă pentru a determina desfășurarea proceselor anaerobe.

Un sol hidric poate fi drenat sau nedrenat, iar solul drenat de cele mai multe ori nu mai are capacitatea de a fi substrat pentru vegetația higrofilă, deci nu toate solurile hidrice au calitatea de a dezvolta zone umede specifice. Doar atunci când un sol este acoperit cu vegetație higrofilă și apar alți indicatori poate fi considerat sol de zonă umedă.

Drenajul solului este întrerupt prin depunerea în orizontul B a elementelor (Fe, Al) care au fost dizolvate din orizontul A de către acizii proveniți din materia organică acumulată la suprafață.

Condițiile anaerobe prelungite micșorează potențialul redox reducând o parte din componentele chimice ale solului (de exemplu oxizii de fier și de mangan), ceea ce duce la colorări în orizonturile de sol.

Conform taxonomiei solurilor în SUA (USDA-SCS 1975), solurile hidrice sunt clasificate în două categorii mari:

- organice;
- minerale.

Solurile organice se formează în condiții de saturație continuă, frecvent sub formă de turbării.

Solurile minerale au o saturație periodică și texturi diferite, variind de la nisipos la argilos și culori de la roșu la gri. [84]

Procesul de turbificare este acumularea resturilor organice în terenurile cu grad ridicat de umiditate și transformarea acestora în condiții anaerobe, în turbă.



Fig. 3.8. Turbă, Parcul Național Semenic Cheile Carașului.

Turba este un material organic aflat în diferite stadii de descompunere: stadiul fibric, hemic sau sapric. Astfel:

- în stadiul fibric, materialul de sol organic conține fibre în proporție ridicată și are o capacitate mare de reținere a apei;
- în stadiul hemic, cel intermediar, conținutul de fibre este între 1/3 și 2/3 din volumul total și conținutul de apă variază între 450 și 850 %;
- materialul sapric este puternic descompus, fibrele reprezintă 1/6 din volumul total de material iar conținutul maxim de apă este mai mic de 450 %.

Conform studiilor făcute de Wetlands International [36], turbăriile din România au soluri formate acum maxim 12.000 – 14.000 de ani, însă în zona muntoasă se găsesc multe turbării formate recent, unele depozite de turbă datează din perioada holocenă. Cele mai multe turbării sunt localizate în Munții Carpați (6.286 ha), iar cele mai semnificative depozite se găsesc în Delta Dunării, aproape 3 pătrimi din suprafața Deltei este constituită din soluri organice.

Un element specific zonei umede recunoscute internațional Delta Dunării este plaurul: un strat vegetal, plutitor, constituit dintr-o rețea de plante, rădăcini,

tulpini vii și moarte, peste care s-au depus aluviuni aduse de Dunăre, resturi de animale și pulberi din atmosferă. Grosimea variază între 75 și 200 cm.

Plaurul poate fi de trei tipuri:

- plutitor, asemenea unei insule plutitoare pe suprafața lacului;
- semiplutitor, plutește doar în cazul creșterii nivelului apei din lac peste anumite limite, când se desprinde și plutește la suprafață;
- plaur fixat, nu se desprinde de fundul lacului.

3.3. Vegetație

Distribuția speciilor de plante hidrofite este în mare parte datorată diversității interacțiunilor dintre factorii de mediu atribuiți unei regiuni.

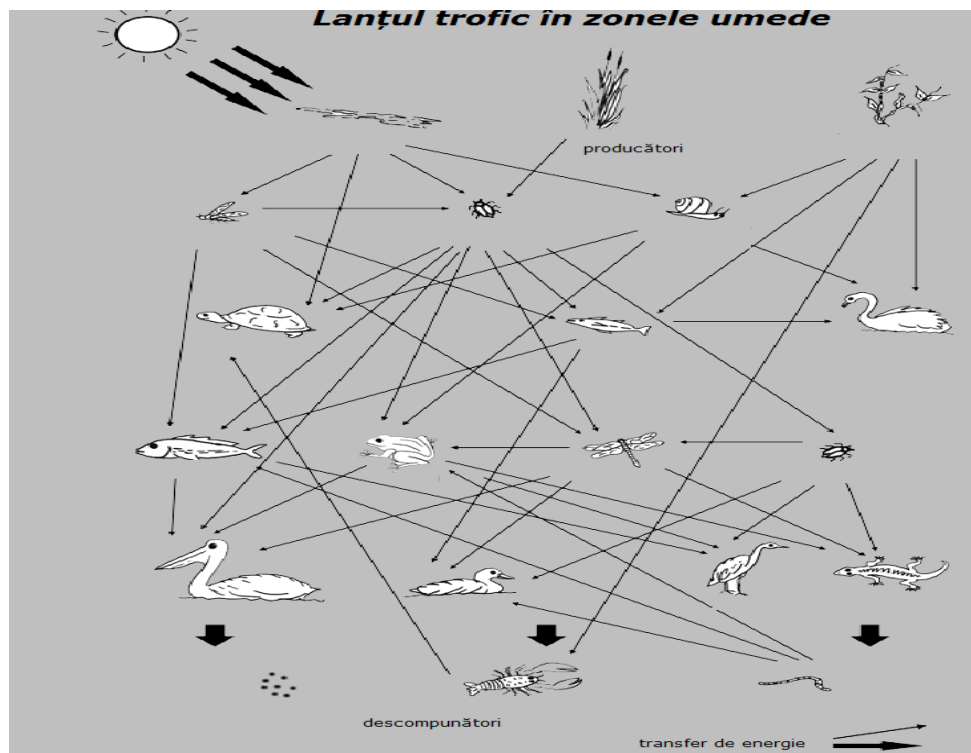


Fig. 3.9. Lanțul trofic într-o zonă umedă [102]

Plantele întâlnite în zonele cu exces de umiditate au roluri biologice multiple în procesul de funcționare a zonelor umede; sunt organisme fotosintetizatoare care contribuie la fixarea componentelor organice și transformarea lor în minerale. Funcția de producere a oxigenului este esențială pentru aprovizionarea cu oxigen a celorlalte specii acvatice.

Speciile de hidrofite sunt diverse și au metode diferite de adaptare la condiții aerobe și anaerobe, acest lucru le asigură supraviețuirea în solurile inundate. Aceste

condiții sunt luate în calcul de specialiști pentru proiectele de conservare și protejare a habitatelor. [16]

Pentru a determina prezența vegetației hidrofile pot fi utilizați câțiva indicatori, dar prezența unui singur individ din speciile hidrofite nu înseamnă neapărat prezența vegetației adaptate la umiditate constantă. Mai mult de 50% din speciile dominante sunt pe lista de specii ale plantelor în zonelor umede.

O agenție din SUA a întocmit o listă națională cu speciile de plante ce cresc în zonele umede clasificate în funcție de afinitate pentru răspândirea în zone mlăștinoase. Aceasta a fost construită pe baza:

- observațiilor vizuale asupra speciilor ce cresc în zone cu exces prelungit de umiditate;
- adaptărilor morfologice a plantelor;
- literaturii de specialitate:
 - referințe taxonomice;
 - jurnale botanice;
 - rapoarte tehnice;
 - baza de date a plantelor din zonele umede;
- adaptării fiziologice datorită proceselor metabolice ale plantelor;
- adaptărilor de proliferare ale plantelor în soluri saturate. [84]

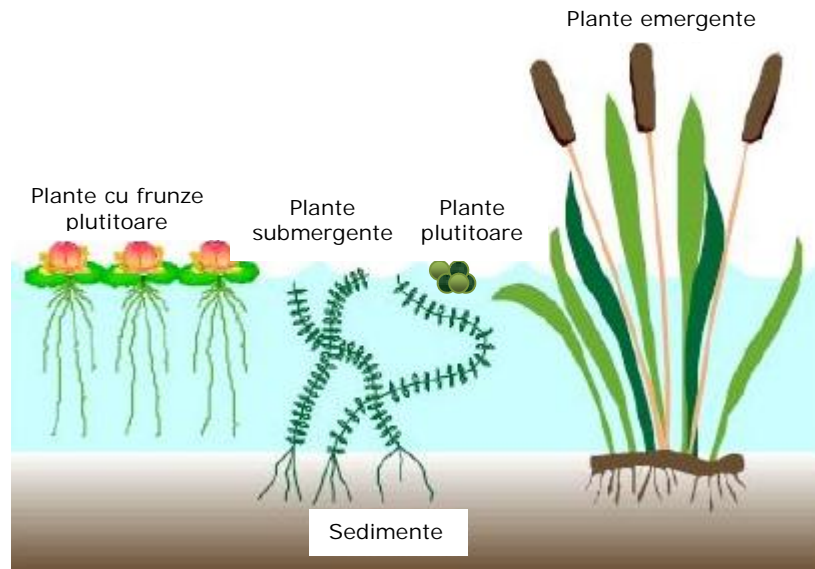


Fig. 3.10. Tipuri de plante higrofite

O condiție esențială în delimitarea acestor ecosisteme o reprezintă existența vegetației adaptate la condițiile de viață submerse, de aceea vegetația prezentă aici este higrofilă, adaptată la situația inundării permanente.

Aflate la baza lanțului trofic, au o mare influență asupra fluxului energiei prin ecosistem, legând partea biotică de cea anorganică. Multe dintre specii au o productivitate mai mare decât cele din zonele tropicale binecunoscute pentru dezvoltarea luxuriantă.

Vegetația reprezintă o bază pentru alte specii ca: bacterii, macronevertebrate, zooplancton și specii de pești. Prin procesele chimice acționează asupra compoziției de nutrienți din apă, pe de o parte prin stocarea lor în frunze și tulpini, apoi prin eliberarea nutrienților din sedimente în momentele de mixare ale coloanelor de apă.

Numeroși cercetători [21], [47], [50], [59], [60], au susținut că plantele din ecosistemele acvatice îmbunătățesc calitatea apei prin consumul de nutrienți, metale grele și alți poluanți.

Influența asupra regimului hidrologic se face prin numărul și cantitatea de plante și tipul de rădăcini, care contribuie la stabilizarea malurilor, la scăderea vitezei curentului și la întârzierea propagării undei de viitură în aval.

Tipurile de plante întâlnite sunt clasificate după forma acestora, în relația cu solul și apa. Una din clasificări, împarte plantele în:

- **emergente** – rădăcinile sunt fixate în sol, tulpinile relativ scurte se înalță sub apă, iar părțile fotosintetizatoare (frunze) se află la suprafața apei, aeriene. Grupurile ce se încadrează în această categorie sunt erbaceele și câteva specii de arbuști și arbori.
- **submergente** – plantele care tăiesc sub apă, au în general rădăcinile în substrat, dar sunt și plante care sunt purtate de curenții de apă, având frunzele suficient de flexibile.



Fig. 3.11. *Myriophyllum spicatum*, plantă submersă în ape limpezi.[51]

- **plutitoare** – sunt plante care plutesc la suprafața apei și nu sunt atașate prin rădăcini de solul acoperit de apă. Se deplasează acționate de curenții de apă și de aer. O familie numeroasă a plantelor plutitoare este *Lemnaceae*, și includ *Lemna* (lintița), *Spirodela* și *Wolffia* (water meal), cea mai mică angiospermă cu formă sferică și fără rădăcini.



Fig. 3.12. *Wolffia*

- **plante cu frunze plutitoare.** Sunt plante care sunt ancorate în substrat dar au frunzele la suprafața apei. Un exemplu binecunoscut este Nymphaeaceae, nufărul, care are inflorescența și frunzele pe luciul apei, acestea fiind conectate cu substratul prin tulpini lungi. Frunzele se alungesc și acoperă suprafața apei, împiedicând evaporția, dar și dezvoltarea speciilor submerse dependente de lumina naturală pentru fotosintetizare.



Fig. 3.13. *Nymphaea pubescens*

Zonele umede din țara noastră au o vegetație higrofilă formată în special din stuf (*Phragmites sp.*), papură (*Typha sp.*), rogoz (*Carex sp.*), pipirig, specii de

salcie (*Salix alba*, *Salix purpurea*), plop alb (*Populus alba*) și negru (*Populus nigra*). [94]

Unicitatea acestor habitate este conferită și de prezența vegetației specifice fiecărui ecosistem în parte. Spre exemplu, în Delta Dunării, pentru vegetația submersă sunt specifice speciile *Ceratophyllum submersum*, *Myriophyllum verticillatum*, *Potamogeton sp.*, *Helodea canadensis*. Vegetația plutitoare este mai variată, predomină *Lemna minor*, *Salvinia natans*, *Spirodela polyrrhiza*, *Nymphoides peltata*, *Nymphaea alba*, *Nuphar luteum*, *Trapa natans*. Vegetația emersă este dominată de stuf (*Phragmites australis*), papură (*Typha latifolia* și *T. angustifolia*), pipirig (*Schoenolectus lacustris*). [97]

În ecosistemele acvatice din Banat, din analiza a 4 acumulări specifice Pișchia, Sâna Andrei, Surduc și Liebling, au fost descoperite specii comune: *Salix alba*, *Salix cinerea*, *Ranunculus repens*, *Polygonum amphibium*, *Lythrum salicaria*, *Typha angustifolia*, *Carex riparia*, *Bidens tripartite*, *Mentha aquatica*. Specii care se dezvoltă doar în Liebling: *Alisma lanceolatum*. Câteva dintre ele formează asociații neobișnuite, în scopul perpetuării speciei: *Leersia oryzoides* și *Najas minor*. Au fost identificate și specii protejate de lege, una dintre ele este *Lindernia procumbens* (O.U. nr. 57 din 20 iunie 2007). [42] [43]

3.4. Faună

Ramsar a declarat zonele umede habitate naturale protejate pentru a evita dispariția speciilor de păsări de apă migratoare.

Habitat propice pentru perpetuarea diverselor specii de păsări, zonele umede din Delta Dunării adăpostesc pelicanul comun (*Pelecanus Onocrotalus*), egreta mică (*Egretta Garzetta*), stârcul cenușiu (*Ardea Cinerea*), cormoranul mare (*Phalacrocorax Carbo*), lopătarul (*Platalea Leucorodia*), lebăda cucuiată sau lebăda de vară (*Cygnus Olor*), rața mare (*Anas Plathyrhynchos*), țigănușul (*Plegadis Falcinellus*), corcodelul mare (*Podiceps Cristatus*), ciocintors (*Recurvirostra Avosetta*), pescărașul albastru (*Alcedo Atthis*), lișița (*Fulica Atra*). [72]



Fig.3.16 . Lișița (*Fulica Atra*)

În aria protejată Mlaștinile Murani, au fost observate aproximativ 60 specii de păsări care sunt strict protejate prin convențiile internaționale la care a aderat și

România. Aria protejată este limitată în partea de est de pădurea Pișchia, care le oferă refugiu și zone de cuibărit.



Fig.3.14. Mlaștinile Murani



Fig. 3.15. Zona umedă Ciobârciu

După refacerea zonei umede Ciobârciu (Iași) au fost inventariate specii ca: *Ardea purpurea* (stârc roșu), *Ciconia nigra* (barza neagră), *Aythia fuligula* (rața moțată), *Himantopus himantopus* (piciorang), *Aquila heliaca* (acvila de câmp), *Aquila clanga* (acvila țipătoare mare), *Limosa limosa* (sitar de mal), *Aythia nyroca* (rața roșie), specii importante pentru zonele umede, care se găsesc pe listele directivelor pentru conservarea Biodiversității.

Specii de pești întâlnite în zone umede de-a lungul Dunării: somnul (*Silurus Glanis*), crapul (*Cyprinus Carpio*), caracuda (*Carassius Carassius*), plătica (*Abramis Brama*), cosacul (*Abramis Ballerus*), roșioara (*Scardinius Erythrophthalmus*), scrumbia de dunăre (*Alosa Pontica*), șalăul (*Stizostedion Lucioperca*), știuca (*Esox Lucius*), bibanul (*Perca Fluviatilis*).



Fig. 3.17. Știuca (*Esox Lucius*)

Printre diferitele tipuri de animale care își găsesc în acest ecosistem habitat, datorită accesibilității apei și a surselor de hrană diversificate, unul important de amintit este castorul, care trăiește în râuri și pâraie și pe care le transformă prin

baraje din materiale lemnoase în zone umede. Consumă frunze, ramuri, rădăcini și scoarță de copaci ca plop, mesteacăn, arțar, salcie. În timpul verii construiesc baraje din trunchiuri și ramuri de copaci, pe care le reinforcează cu nămol, transformând astfel regimul hidrologic al corpului de apă și determinând creșterea conectivității laterale cu câmpia inundabilă.



Fig. 3.18. Castorii, construind un baraj

4. ZONELE UMEDE - AMENINȚĂRI, CONSERVARE ȘI RESTAURARE

4.1. Factori de influență

Zonele umede, prin reducerea eroziunii solului și creșterea capacității de captare a apei din precipitații contribuie la menținerea balanței apei, fiind accentuată capacitatea de reținere a apei dulci la nivelul continentului și împiedicarea scurgerii ei rapide către mări și oceane.

Principalele amenințări referitoare la dispariția zonelor umede sunt legate de influența factorului antropic, prin modificarea regimului hidrologic și a poluării generate în urma activităților de exploatare a sistemelor.

Degradarea și pierderea zonelor umede este mult mai rapidă decât cea a altor ecosisteme. La nivel global, schimbările climatice pot determina agravarea fenomenului de dispariție a zonelor umede care ar putea antrena pierderea sau declinul unor specii, înmulțirea îmbolnăvirilor în aceste zone.

Dintre numeroasele cauze care contribuie la deteriorarea ecosistemelor acvatice menționăm:

- desecarea și drenajul zonelor cu umiditate ridicată;
- îndiguirea apelor curgătoare;
- construcția de baraje;
- extragerea nisipurilor și dragările ;
- colmatarea lacurilor și bălților;
- poluarea;
- pescuitul excesiv;
- biomanipularea.

Urbanizarea are, asupra calității și cantității zonelor umede, efecte directe și indirecte. Efectele directe se referă la dragarea, drenajul, umplerea cu pământ și alte tipuri de activități care au loc în perimetrul zonelor umede și care duc la distrugerea acestor ecosisteme. [65]

Îndiguirile cursurilor de apă și drenajul zonelor umede au fost tot mai utilizate în țara noastră datorită creșterii rapide a numărului populației și a necesității obținerii hranei, pentru capacitatea mare de producție oferită de solurile mlăștinoase.

Excesul de umiditate în sol prezintă numeroase efecte negative pentru agricultură, și amintim aici: întârzierea lucrărilor de primăvară, costuri ridicate la lucrări, înghețarea pe timp de iarnă, datorită aerației insuficiente se produce asfixierea plantelor care nu sunt adaptate condițiilor de umiditate excesivă, prin uscare solul devine compact și crapă foarte ușor.



Fig. 4.1. Desecarea unui teren pentru uz agricol

Pentru a combate aceste efecte se folosesc metode diverse de desecare:

- desecarea prin canale deschise;
- drenajul solului prin tuburi sau puțuri;
- drenaj și desecare;
- colmatarea terenului prin depunerea unui strat de pământ pentru a ridica cota terenului;
- desecarea biologică prin plantații cu specii consumatoare de apă, un exemplu interesant este arțarul roșu care consumă cca. 7.200 m³/ha. [34]

Modificarea regimului hidrologic are la bază lucrări hidrotehnice, prin canalizare, îndiguire și construire de baraje. Datorită schimbărilor structurale survenite în urma realizării construcțiilor hidrotehnice apar modificări semnificative în cadrul ecosistemelor care pot conduce la dispariția sau transformarea acestora. [85]

Îndiguirea cursurilor de apă și degradarea luncilor inundabile, prin limitarea conectivității laterale au condus la pierderea unor valori și procese naturale foarte importante :

- micșorarea zonei de retenție a apei care servea la protecția împotriva inundațiilor;
- dispariția zonelor umede riverane care a implicat pierderea resurselor și proceselor de purificare a apelor, realimentarea stratului freatic, reciclarea nutrienților;
- pierderea unor ecosisteme naturale care asigurau habitatul unor specii rare, specifice luncilor.

Impactul indirect este cauzat de creșterea scurgerii și a cantității de poluanți generată de modificarea terenului din zona amonte a bazinului hidrografic în care se află situată zona umedă. Este alterat regimul scurgerii și calitatea apei care ajunge în aval, având un impact negativ asupra florei și faunei.

Un alt factor de stres pentru zonele umede îl constituie introducerea în ecosistem a vegetației exotice, reprezentată de plantele care nu sunt specifice

regiunii în care mlaștina este situată și poate duce la proliferarea speciei respective iar, în timp, la modificarea sau chiar distrugerea ecosistemului.

Aceeași amenințare vine și din punctul de vedere al faunei specifice regiunii, specii de pești sau păsări care nu aparțin climatului respectiv pot modifica dramatic lanțul trofic. Un exemplu este dat de Romanowski [51] în care *Gambusia holbrooki* a fost introdus în bazine din Australia pentru a controla numeric larvele de țânțari, dar care s-a dovedit a fi dăunător pentru speciile native și cu aceeași eficiență în această problemă.

Specii ca *Gambusia holbrooki*, crapul sau alți pești care nu sunt considerați nativi, pot fi introduși indirect prin undele de viitură și pot distruge echilibrul ecologic și lanțul trofic. O soluție pentru această problemă o poate constitui amplasarea unor praguri sau diguri de pământ care protejează zona umedă de intruziunea speciilor exotice.

Contaminanții din apă

Procesele naturale și antropice produc modificări asupra caracteristicilor chimice, fizice, biologice ale apei, care la urma lor afectează sănătatea oamenilor și a ecosistemelor. Calitatea apei este afectată de mulți factori, dintre care sunt amintiți: schimbările concentrațiilor de nutrienți, metale grele, toxine organice persistente și pesticide, temperatura, pH-ul. O reacție periculoasă este efectul produselor care se combină, mult mai dăunătoare decât efectul unui singur element, și care în timp conduc la efecte ireversibile asupra ecosistemului.

Eroziunea este un proces natural prin care se introduc sedimente și materie organică în sistemele de apă. Turbiditatea crescută poate reduce productivitatea primară, scădea și afecta reproducerea peștilor și plantelor, prin schimbarea habitatului și modificarea chimiei apei.

Temperatura apei joacă un rol important în semnalizarea funcțiilor biologice, cum ar fi de depunere a icrelor și a migrației, în producția de oxigen, și care afectează ratele metabolice la organismele acvatice. Modificarea ciclurilor naturale de temperatură poate afecta reproducerea și rezultă un declin al populațiilor de pești. Acest fenomen este întâlnit în aval de centrale nucleare și zone industriale, unde se deversează apa care folosește la răcirea instalațiilor.

Acidificarea este produsă prin modificarea pH-ului în urma activităților miniere, arderi ale combustibililor fosili care produc ploile acide, dispersate datorită proceselor atmosferice pe regiuni întinse. Acidificarea afectează organismele tinere.

Salinitatea. Diverse procese pot provoca acumularea sărurilor în apă. Sunt în general cauze naturale, dar în special acțiuni antropice: drenajul solurilor cu salinitate ridicată, descărcarea apelor de la forajul gazelor naturale sau a petrolului, tratarea apelor uzate municipale. Efectele negative asupra ecosistemelor constau în scăderea habitatului unor specii acvatice, afectarea vegetației riverane emergente și reducerea randamentului producțiilor agricole.

Organismele patogene, una dintre categoriile cele mai răspândite și grave ale contaminanților apei, în special în zone în care accesul la apă curată este limitată: bacterii, protozoare și viruși, agenți patogeni din fecale. Aceste organisme reprezintă unul dintre cele mai importante riscuri, la nivel mondial, pentru sănătatea umană.

Urmele de **metale**, cum ar fi arsenic, zinc, cupru, seleniu se găsesc în mod natural în apă. Unele activități antropice (minerit, industrie, agricultură) pot duce la o creștere în mobilizarea acestor urme de metale din soluri sau produse uzate în apele dulci. Chiar și la concentrații extrem de scăzute, astfel de materiale

suplimentare pot fi toxice pentru organismele acvatice sau pot afecta reproducerea și alte funcții.

Alți contaminanți includ: produse farmaceutice și produse de îngrijire personală, care nu poate fi extrase de către operațiunile curente de tratare a apelor uzate și sfârșesc prin a intra în sisteme de apă. Acești contaminanți perturbă sistemul endocrin și pot afecta reproducerea la păsări și pești și feminiza puii de sex masculin.

Contaminanți în curs de dezvoltare, în număr tot mai mare sunt detectați prin noi tehnici de testare ce permit detectarea la niveluri foarte mici în corpurile de apă pentru că noi substanțe chimice sunt introduse pentru uz agricol, industrial, de uz casnic și pot intra și persista în mediul înconjurător.

O cauză importantă care ar putea conduce la degradarea ecosistemelor acvatice și a zonelor umede o reprezintă încărcarea excesivă cu nutrienți, care conduce la **eutrofizare**. Colmatarea zonelor umede în timp datorită excesului de sediment conduce la scăderea nivelului apei și împreună cu cantitatea ridicată de nutrienți din aceste sedimente, conduce la intensificarea procesului de eutrofizare. Acest lucru este des întâlnit în perioadele secetoase.

Procesul de eutrofizare în zonele umede a fost mai puțin studiat, dar considerând răspunsul algelor la creșterea concentrației de nutrienți din lacuri, cercetători ca Smith [56] se așteaptă la relații similare între nutrienți și biomasa algală în zonele umede. Introducerea cantităților mari de nutrienți făcută prin agricultură și prin deversări de deșeuri industriale, crește ratele de productivitate primară. Efectul este creșterea exagerată a biomasei algelor și plantelor, care limitează accesul altor organisme la oxigenul dizolvat din apă.

Excedentul de nutrienți din aceste ecosisteme [14] are diverse efecte asupra lanțului trofic, efectele putând fi considerate indicatori de calitate, în special cantitatea de biomasă a plantelor care se dezvoltă în condiții de creștere a cantității de nutrienți.

Aportul de N și P duce la o creștere masivă a algelor și macrofitelor, numită și „înflorirea apelor”. Consumul de O_2 este crescut, viteza redusă a apei limitează introducerea de O_2 dizolvat și la un moment dat determină moartea biocenozei. Printre consecințele acestui proces se numără modificarea parametrilor de calitate a apei: culoare, gust, miros, turbiditate, creșterea concentrațiilor de Fe, Mn, CO_2 , CH_4 , H_2S . Unda de viitură modifică temperatura, debitul, transparența și cantitatea de nutrienți în apa stocată, un efect mai intens îl au torenții scurși pe terenuri agricole fertilizate, zone industrializate și stații de tratare a apelor uzate.[29],[30]

Biomanipularea este o procedură de reducere a eutrofizării prin care se realizează controlul stadiului de eutrofizare. Cantitatea de alge de la nivelul ecosistemului este redusă de zooplancton, crustacee microscopice, care filtrează masa de apă și o curăță de alge, bacterii și resturi de materie organică. Cei mai eficienți reprezentanți ai zooplanctonului sunt speciile de dimensiuni mari care îndepărtează particule de materie organică într-o mai mare măsură decât cele de dimensiuni mici. Însă aceștia nu se dezvoltă în unele sisteme acvatice sau sunt consumați de către organismele de pe niveluri trofice superioare (biban, scrumbie).

Tehnica de reabilitare constă în măsuri de creare a unui mediu propice de dezvoltare a fitoplanctonului de talie mare, prin limitarea dezvoltării în lac a speciilor de pești care se hrănesc cu zooplankton. Acest lucru se realizează prin scăderea nivelului apei sau introducerea în lac a unor specii de pești răpitori. Este o metodă cu costuri reduse, însă are ca dezavantaj trecerea de la o dominație planctonică la

una macrofită, deoarece macrofitele, având la dispoziție mai multă lumină se dezvoltă mai rapid.[3]

4.2. Metode de conservare

Protecția zonelor umede împotriva desecării, exploatării excesive și poluării repetate este esențială pentru supraviețuirea acestui tip de ecosistem. Factorul decisiv îl reprezintă apa, lipsa acesteia conducând imediat la transformări și succesiuni de ecosisteme.

Convenția Ramsar folosește termenul de dezvoltare durabilă în contextul zonelor umede cu referire la menținerea caracterului ecologic prin implementarea metodelor de abordare sustenabilă a dezvoltării ecosistemelor. Acest lucru face posibilă conservarea zonelor umede și utilizarea durabilă a resurselor în folosul umanității.

Sunt dezvoltate și implementate legi și directive pentru protecția zonelor umede ca habitate pentru păsări, ca mediu de cercetare sau în scop turistic. Un exemplu este OUG 57 din 20.06.2007 privind regimul ariilor naturale protejate, conservarea habitatelor naturale, a florei și faunei sălbatice, însă e nevoie de mai mult decât atât pentru ca un ecosistem să fie menținut.

O metodă de conservare este ecoturismul, deoarece aduce o sursă de venit locuitorilor și întreține calitatea vieții oamenilor și ecosistemelor.

Central Kalimantan Peatlands Project este un proiect de restaurare a turbăriilor din Indonezia, în scopul stopării încălzirii globale. Prin construirea barajelor pentru reudarea zonei, prin oferirea unor soluții economice pentru locuitorii din zonă care trăiesc din exploatarea lemnului, prin plantații de arbori de cauciuc, prin refacerea zonelor umede se restabilește calitatea apei și se obține un mediu acvatic propice dezvoltării peștilor și a vegetației consumabile.[75]

Educația este o unealtă importantă pentru conservarea habitatelor acvatice, iar state precum Florida, Portland, Olanda, Marea Britanie, Hong Kong și multe altele, colaborează cu organizații non-guvernamentale și centre de cercetare pentru a introduce educația ecologică în școli și în activitățile extracurriculare ale tinerilor, prin medii sociale și culturale care promovează dezvoltarea durabilă [103], [104], [105], [106], [107]. Voluntariatul este utilizat frecvent pentru a educa populația și a proteja ecosistemele, organizațiile non-guvernamentale fiind implicate în diverse proiecte de restaurare și ecologizare a ecosistemelor umede.

4.3. Restaurarea zonelor umede

Pentru posibilitatea de a restaura un corp de apă este esențială o analiză amănunțită asupra întregului sistem, deoarece trebuie privită ca parte a unui întreg, având loc schimb continuu de materie și energie între zonele umede și corpurile de apă din amonte și aval, subteran, versanți și atmosferă.

Tehnicile de renaturare/reabilitare au ca obiectiv restabilirea funcționalității, stării și dinamicii. Restaurarea ecosistemelor acvatice naturale conține 3 etape în care intervenția omului crește progresiv:

- renaturarea;
- reabilitarea

- reconstrucția.

Renaturarea este procesul prin care un ecosistem revine cât mai aproape de starea naturală, dinainte de instalarea unei alterări.

Reabilitarea desemnează demersul prin care se stabilesc sau restabilesc condiții ecologice cât mai aproape de unele naturale, dependent sau independent de starea inițială.

Reecologizarea sau **reconstrucția ecologică** este procesul de refacere a unui ecosistem care a fost deteriorat, degradat sau distrus. Este un proces complex și trebuie realizat de specialiști în ecologie, biologie, hidrologie.

Reconstrucția ecologică implică implementarea unui set mai limitat de măsuri pentru oferirea unor condiții mai bune speciilor existente, însă în condiții hidromorfologice care în majoritatea cazurilor nu suportă modificări, sau dacă suportă, acestea nu sunt majore.

4.3.1. Metode

Metoda de restabilire a condițiilor hidrologice a zonelor desecate și cu conectivitatea laterală întreruptă prin diguri laterale este de **repoziționare a digurilor**, în așa fel încât albia majoră să fie dezvoltată și să se creeze un spațiu mai mare pentru tranzitarea cursului de apă, facilitând dinamica acestuia. Este permisă formarea ecosistemelor riverane, surse importante de biodiversitate. De asemenea, prin această metodă este redus procesul de eroziune în albia minoră și viteza apei, permițând astfel refacerea legăturii între apele de suprafață și pânza freatică în zonele dintre digurile repoziționate și albia minoră a râului.[33]

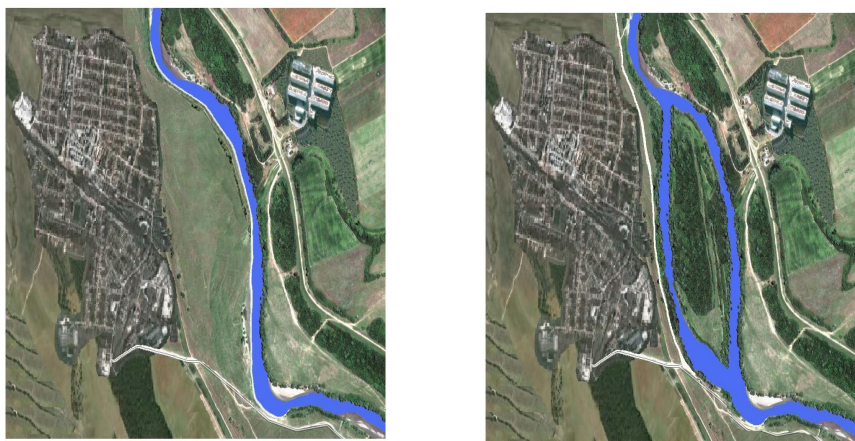


Fig. 4.2. Procedul de repoziționare a digurilor în preajma unor obiective protejate

O măsură de renaturare structurală este și **redeschiderea meandrelor**, prin acest lucru se ajunge la crearea unui spațiu vital suplimentar pentru cursul de apă. Este permisă dezvoltarea zonelor umede naturale între brațele râului, ceea ce duce la formarea de habitate noi pentru biodiversitatea specifică acestor areale. Prin recâștigarea unei suprafețe inundabile este mărită capacitatea de transport a albiei în perioadele de ape mari.

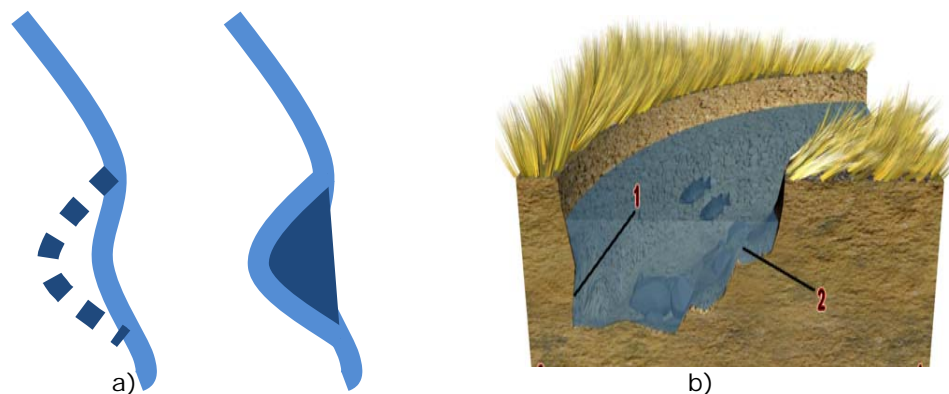


Fig. 4.3. Prin redeschiderea meandrelor a), este modificat procesul de eroziune în aceste secțiuni b), râul erodează malul exterior (1) și depunerile sunt făcute către malul interior (2).

Refacerea cursului natural după rectificarea, regularizarea și recalibrarea albiilor, se obține prin refacerea diversității granulometrice a albiei și implicit diversificarea habitatelor benthice ale cursului de apă. Se vor dezvolta astfel zone frecvent inundabile în imediata vecinătate a albiei majore care are drept urmare o creștere a biodiversității și o apariție în zonele frecvent inundabile a unor ecosisteme consumatoare de nutrienți, crescând în acest sens capacitatea de autoepurare a cursului de apă.



Fig. 4.4. Renaturarea albiilor rectificate

Crearea de zone tampon este o metodă de reducere a surselor de poluare a râurilor care sunt influențate de scurgerile de pe terenurile agricole intens fertilizate. Prin mărirea suprafeței riverane cu benzi de vegetație, se creează habitate în care se pot dezvolta ecosisteme mari consumatoare și/sau fixatoare de nutrienți, pesticide și metale grele. În acest fel este redus semnificativ aportul substanțelor de pe terenurile agricole prin poluare difuză. Pe lângă acest efect, este important de menționat controlul termic al apei prin umbra oferită de copacii crescuți pe marginea râului, în aceste zone tampon, copaci care previn și eroziunea prin fixarea malurilor cu rădăcinile.



Fig. 4.5. Crearea zonelor tampon de-a lungul cursurilor de apă

Dezvoltarea zonelor umede prin renunțarea la sistemele de desecare sau prin inundarea incintelor laterale folosite ca acumulări nepermanente are ca efecte îmbogățirea biodiversității ecosistemelor acvatice și riverane, schimbarea radicală a peisagisticii zonei, apariția unor noi activități economice în aceste zone: piscicultura, acvacultura, turismul, turismul ornitologic în special. Prin creșterea vegetației higrofite se realizează și creșterea capacității de autoepurare a cursului de apă, dar și controlul eficient al debitului solid tranzitat prin albie.

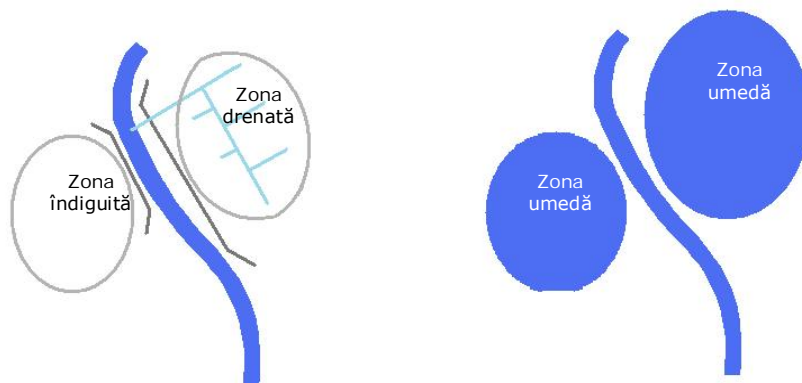


Fig. 4.6. Dezvoltarea zonelor umede

Pe lângă aceste metode de renaturare a cursurilor de apă se pot practica măsuri de renaturare non-structurale:

- reamenajarea cu vegetație a malurilor – managementul termic;
- managementul pășunatului;
- oxigenarea apelor cu tendința de eutrofizare;
- tehnici de biomanipulare;
- reconsiderarea cerințelor ecologice de apă;
- managementul descărcărilor din baraje.

4.3.2. Probleme și soluții

Pentru a considera un proiect de restaurare a zonelor umede nu este suficientă inundarea suprafețelor, deoarece aceasta nu garantează eficiența.

Există sisteme variate proiectate cu scopul tratării apelor poluate în lumea întreagă, care în exploatare au întâmpinat probleme majore de funcționare, prima dintre ele fiind lipsa de colaborare a specialiștilor din mai multe domenii care să combine partea hidrologică cu cea biologică și chimică, pentru a obține un rezultat apropiat condițiilor naturale.

Sunt mereu întâmpinate probleme de design, estetică, dar în special sunt neconformități în alegerea platelor utilizate la replantare, care trebuie să fie specifice zonei și să nu existe riscul ca o specie invazivă să intervină în dezvoltarea celorlalte specii alese pentru repopulare. Plantele trebuie mai întâi semănate și înmulțite în sere, paturi de plante, care le permit maturizarea înaintea replantării, pentru a le proteja de factorii care pot interveni în creșterea acestora.



Fig. 4.7. Înmulțirea plantelor ce vor servi la replantarea unei zone umede

Factorul hidrologic este esențial de controlat pentru a nu risca uscarea plantelor, asocierea unor plante mari consumatoare de apă care necesită irigare sau introducerea ulterioară a pompelor pentru alimentarea cu apă a zonei reconstruite, măsură ce implică cheltuieli suplimentare.

Pantele de scurgere a apei trebuie gândite astfel încât să fie permisă curgerea apei prin zona umedă, dar și acumularea acesteia, pentru a facilita dezvoltarea vegetației și consumul poluanților, în cazul zonelor construite pentru tratarea apelor uzate. Este necesar studiul economic pentru a compara soluțiile cele

mai eficiente în cazul restaurării unei zone umede folosite anterior ca teren agricol. [54]

Pentru a dezvolta cu succes un proiect de restaurare a zonelor umede naturale, sau de construcție a zonelor de tratare a apelor uzate, este crucial să se aibă în vedere factorii:

- hidroperioada;
- adâncimea apei;
- tipul de alimentare cu apă;
- tipul solului;
- nivelul de nutrienți;
- poluanții.

Controlul asupra hidrologiei se poate face prin adaptarea proiectului la condițiile climatice ale regiunii în care se află obiectivul, prin monitorizare și prin lucrări de amenajare care controlează nivelul apei (diguri, stăvilare, pompe).

Tabel 4.1. Nivelul apei caracteristic tipurilor de zone umede, [37]

Nivelul apei	Sol saturat	15 cm	>30cm
Diversitatea plantelor	slabă	excelentă	slabă
Diversitatea faunei	slabă	excelentă	bună
Abundența peștilor	lipsesc	bună	excelentă
Prezența păsărilor migratoare	excelentă	bună	slabă
Abundența speciilor invazive	mare	mică	mică

4.4. Zone umede construite pentru epurarea apelor

Mulți cercetători sunt de acord că nu este posibil să copiezi în detaliu ecologia unui ecosistem umed natural, din moment ce solurile unei zone umede se formează în decurs de decenii sau chiar secole în care apa stagnează la suprafața lor. Însă tehnicile de proiectare actuale ne permit restaurarea condițiilor care oferă potențialul de a ajunge într-o anumită perioadă de timp să semene foarte mult cu varianta naturală, dar trebuie luate în calcul estetica și modalitatea de acces.

Zonele umede prezintă un potențial de epurare foarte ridicat, iar cu o întreținere corespunzătoare poate fi utilizată eficient în protecția calității apelor. [1]

Zonele umede construite de om pot fi considerate sisteme ingineresti create pentru a semăna cu zone umede naturale, din punct de vedere al proprietăților de purificare a apei ce va fi ulterior utilizată la alimentarea folosințelor. Valoarea de purificare a apelor este dată de construcția zonelor umede prin modificarea solurilor, pentru a deveni slab drenate, și prin introducerea florei și faunei specifice ecosistemelor saturate cu apă, cu scopul de a reduce sau chiar elimina poluanții din scurgerile de suprafață pe terenuri contaminate sau din apele uzate orășenești.

Tratarea apelor uzate constă dintr-o serie de procese efectuate în cadrul unei stații de epurare. După natura proceselor ce au loc se consideră că există trei tipuri de epurare: epurarea mecanică, epurarea chimică și epurarea biologică.

Zonele umede naturale au funcția de epurare biologică prin tratarea nămolurilor de la stațiile de epurare sau a apelor puțin uzate de la gospodării, au o capacitate limitată de îmbunătățire a calității apei care le tranzitează. Acțiunea de descompunere este îndeplinită de micro-organisme, care fracționează materia organică la nivel de nutrienți absorbiți apoi de plante.

Nămolul obținut în urma epurării apelor uzate în stațiile de epurare este pompat în bazine special construite pentru a reduce viteza apei în scopul amplificării procesului de sedimentare. Sunt introduse specii de plante și organisme care descompun la nivel de minerale substanțele conținute de nămol.

Procesele care au loc în zonele umede construite pentru tratarea apelor:

- sedimentare: principalul mecanism prin care sunt captate suspensiile din coloana de apă, proces dependent de dimensiunile particulelor și de viteza apei, tipul de curgere și timpul de staționare a apei;
- filtrare: are loc prin reducerea cantităților de poluanți solubili de către vegetație și soluri;
- adsorbție: procesul fizic prin care poluanții dizolvați aderă la sedimentele depuse și la suprafața vegetației;
- schimb ionic;
- precipitare;
- biodegradare.

Excesul de apă din soluri umede, împreună cu activități biologice și chimice, poate schimba natura solurilor, de la aerob la un sistem anaerob, care au ca rezultat transformări chimice prin procese de oxido-reducere. Reacțiile chimice sunt determinate de pH-ul și potențialul redox și acu ca rezultat determinarea stării în care se găsesc nutrienții, mineralele, metalele grele.

Transformările azotului și fosforului sunt două dintre cele mai importante reacții chimice care apar în zonele umede. Într-o zonă umedă, doar o fracțiune de azot disponibil este eliminat de plante, cel mai eficient procedeu este nitrificarea/denitrificarea. Un factor de limitare pentru eliminarea de azot este anoxia. În substraturile aerobice amoniacul este oxidat la nitrat de bacterii nitrificatoare. Nitrații (NO_3) sunt apoi convertiți în azot liber în zonele anoxice de către bacterii denitrificatoare.



Fig. 4.8. *Baumea articulata*, o plantă bună în tratarea apei, care nu este invazivă

Îndepărtarea fosforului în sistemele de zone umede se produce printr-o succesiune de procese: adsorbție, absorbție, de complexare, precipitare și

sedimentare. Unul dintre factorii care afectează eliminarea fosforului este prezența de fier, aluminiu, sau calciu. De exemplu, s-a constatat că solul umed are capacitatea de adsorbție a fosforului ce poate fi precizată prin măsurarea conținutului de aluminiu extractibil din sol. Eficiența este limitată de suprafața de contact dintre sediment și rădăcinile plantelor. [82]

Legislația în vigoare reglementează condițiile în care se poate deversa apa uzată în receptorii naturali, prin Directiva 91/271/CEE privind epurarea apelor uzate urbane, modificată și completată prin Directiva 98/15/EC, care a fost transpusă în întregime în legislația românească prin Hotărârea de Guvern nr. 188/28.02.2002 pentru aprobarea unor norme privind condițiile de descărcare în mediul acvatic a apelor uzate.

Având în vedere rezultatele procesului de negociere pentru aderarea la Uniunea Europeană și obligațiile asumate de România prin Tratatul de Aderare H.G. 188/2002 a fost completată și modificată de Hotărârea de Guvern nr. 352/21.04.2005, care cuprinde:

- NTPA 011 – „Norme tehnice privind colectarea și evacuarea apelor uzate orășenești” prin care se transpun cerințele Directivei;
- Anexa la NTPA 011 – „Planul de acțiune privind colectarea, epurarea și evacuarea apelor uzate orășenești”, în care sunt stabilite, la modul general, acțiuni, termene și responsabilități pentru activitățile de implementare a Directivei;
- NTPA 002 – „Normativ privind condițiile de evacuare a apelor uzate în rețelele de canalizare ale localităților și direct în stațiile de epurare”;
- NTPA 001 – „Normativ privind stabilirea limitelor de încărcare cu poluanți a apelor uzate industriale și orășenești la evacuarea în receptori naturali”.

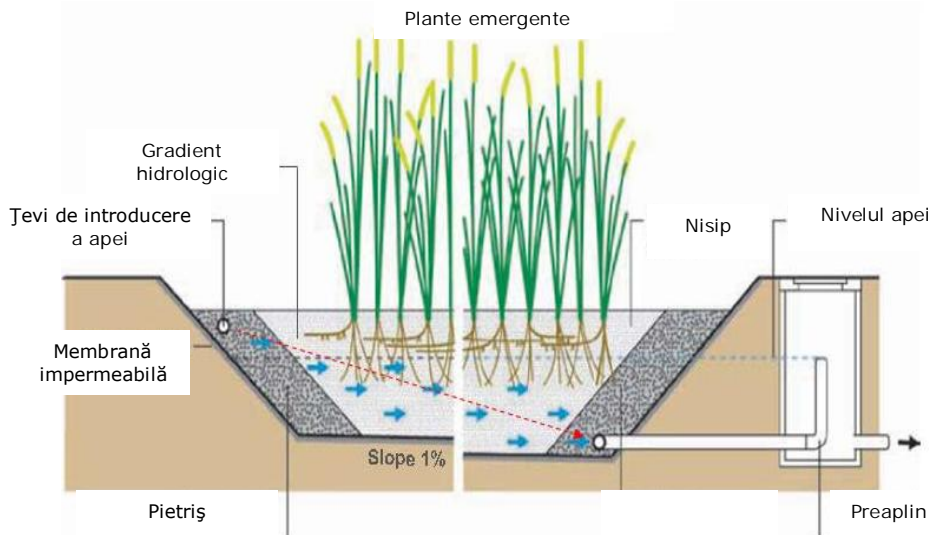


Fig. 4.9. Zonă umedă cu nivel liber construită pentru tratarea apelor [38]

Cel mai simplu model de zonă umedă antropică pentru tratarea apelor uzate constă din alimentarea prin scurgere de suprafață a unei acumulări de adâncimi

mici, în care sunt plantate numeroase specii cunoscute pentru absorbția rapidă a nutrienților. Regimul scurgerii trebuie să fie uniform prin diverse derivații și canale, totul fiind la același nivel în fiecare punct.

Dimensiunile acestora trebuie să fie calculate în raport cu mărimea bazinului de captare și regimul precipitațiilor în regiune, pentru a fi eficiente în captarea și consumul poluanților. Altfel, intervine necesitatea recirculării apei din cauza tratării insuficiente datorate timpului scurt de traversare a zonei de tratament.

O soluție pentru această problemă poate fi amplasarea, în locul unei singure zone umede, a unui ansamblu de canale consecutive care acționează ca un singur amplasament, permițând apei să curgă treptat dintr-unul în altul, micșorând astfel viteza și măbind timpul de retenție.

În zonele apropiate centrelor populate, unde țânțarii pot reprezenta o problemă, este indicată folosirea unui substrat alimentat de scurgerea subterană pentru susținerea plantelor, pentru stopa acestor insecte care se folosesc de luciul apei pentru a se înmulți.

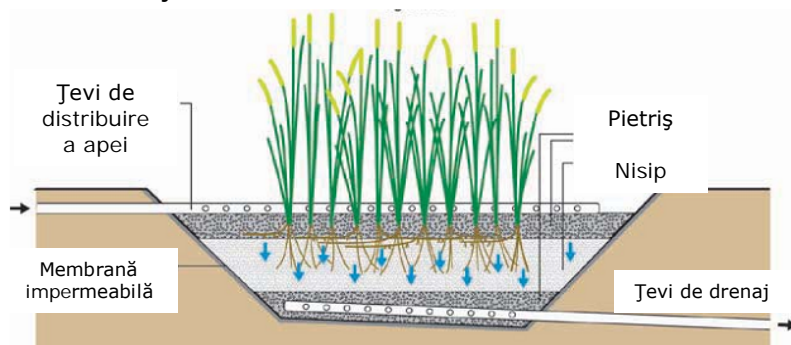


Fig. 4.10. Zonă umedă construită cu substrat pentru a evita proliferarea țânțarilor [38]

Pentru a asigura eficiența zonei de tratare a apei uzate este necesară înțelegerea efectelor pe termen lung a încărcărilor cu poluanți, dar și abilitatea lor de a procesa debitul de ape uzate ce înlocuiește apa tratată și evacuată. Este greșită compararea proceselor din zonele umede naturale cu cele din zonele antropice, deoarece în sistemele naturale factorii hidrologici și climatici nu pot fi controlați și astfel efectele de diluție și de concentrare a poluanților sunt diferite în perioadele ploioase față de cele secetoase.

Zone umede naturale sunt eficiente în tratarea apelor uzate antropice, reducând până la 70% chiar 90% din materia organică, 26% până la 70% azot, 12% și chiar 70% din totalul de fosfor, chiar și cantități de metale. În tratarea apei pluviale, zonele umede naturale au fost ceva mai puțin eficiente. Reducerea suspensiilor a variat de la 40% la 85% și îndepărtarea metalelor a fost oarecum mai mică decât în zonele umede de tratare a apelor uzate. Cu toate acestea, reducerea azotului anorganic a fost raportată la 85%, în unele cazuri reduceri de fosfor mai mari, de 70%, din apa pluvială. [44]

Pentru proiectele ce au ca scop crearea de habitat, captarea apei, estetică sau alte funcții diferite de cele de asigurare a calității apei este necesară o altă abordare. Costurile de construcție sunt variate, dar mai reduse pentru instalarea și mentenanță decât pentru tratarea convențională a apei uzate municipale, prețul de construcție depinde de achiziția terenurilor mult mai mari pe care se întinde această construcție, sistemele de pompare și impermeabilizare.

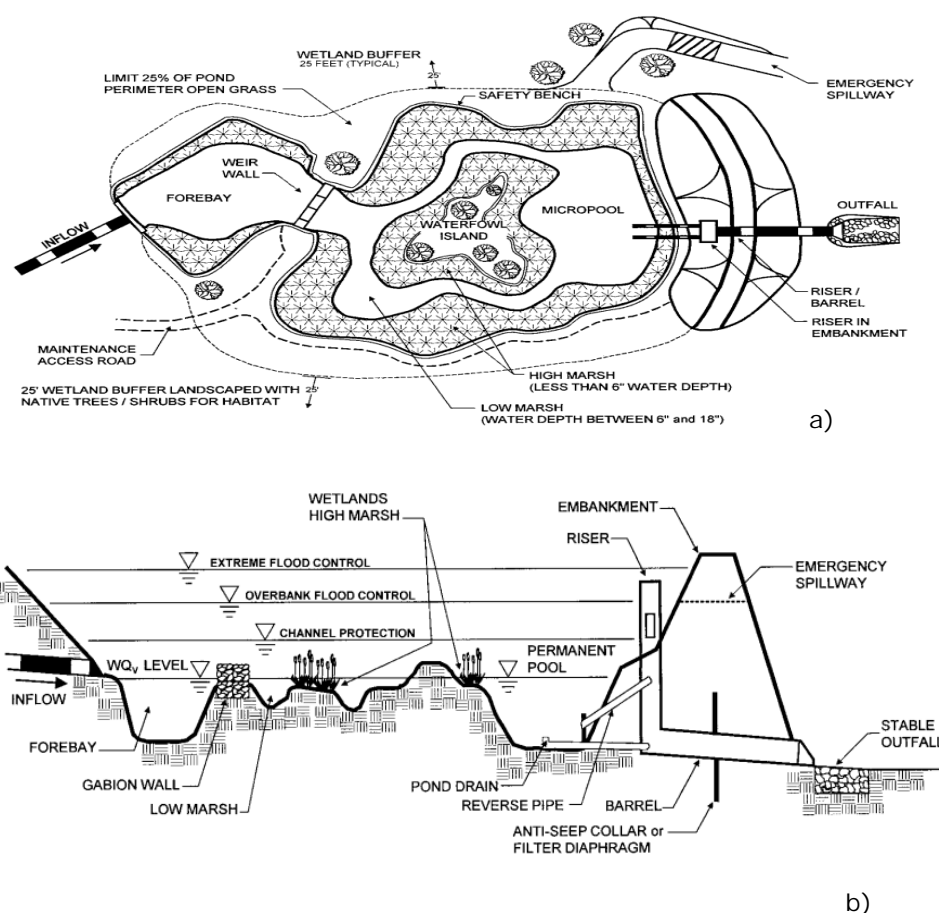


Fig. 4.11. Exemplu de amenajare a zonei umede pentru captarea apei din precipitații, vedere plan a) și secțiune b) [90]

4.5. Schimbările climatice

Teorii referitoare la schimbările climatice sunt numeroase, dar efectul degradării zonelor umede asupra producției de carbon și eliberarea acestuia în atmosferă este considerată a fi o mare problemă pentru menținerea calității aerului și a stratului de ozon.

Lupta împotriva schimbărilor climatice a adus în prim plan efectul de seră cauzat de excesul de CO₂ din atmosferă. Prin cantitatea mare de biomasă produsă și prin reținerea suspensiilor și a materiilor organice descompuse, este reținut carbonul și evitată eliberarea acestuia în atmosferă.

Plantele, prin procesul de fotosinteză, consumă carbonul din aer și eliberează oxigenul atât de important vieții. Carbonul este stocat în plantă și după ce se încheie ciclul de viață al acesteia, iar prin descompunerea anaerobă din mlaștini, carbonul este prins în solul organic ce se formează dând naștere la turbă. Mlaștinile și turbările sunt rezervoare însemnate de carbon și prin distrugerea lor se produce eliberarea acestuia în atmosferă.

În perioada de vegetație, plantele pot controla condițiile meteo prin acumularea carbonului în turbării, prin transpirație și scăderea temperaturilor prin umbrirea unor porțiuni ale oglinzii apei. Unele specii de copaci (*Melaleuca quinquenervia*) care au invadat Complexul de zone umede din Everglades, Florida, sunt capabili, prin transpirație să scadă nivelul apei subterane. [16]

Evapotranspirația plantelor determină în unele cazuri recircularea apei la nivel local prin sistemul de precipitații. [98]

Pentru producția de ulei de palmier s-au folosit soluri productive din zonele umede, dar apa în exces produce condiții improprii pentru creșterea palmierilor și în scopul evitării problemelor cauzate de aceasta au fost săpate canale care drează, în timp, apa din turbă. Uscarea și distrugerea ei determină reacția carbonului stocat în sol cu atmosfera și eliberarea acestuia sub formă de CO₂ și chiar riscul de incendii care măresc cantitatea de carbon eliberat în atmosferă. Turba uscată în perioada secetoasă este foarte inflamabilă, una dintre întrebunțările turbei extrase fiind de combustibil cu valoare energetică ridicată. [75].

Impactul major al schimbărilor climatice asupra managementului resurselor de apă dulce, al calității apei a fost analizat de [45],[8]. Creșterea temperaturii apei, schimbarea momentelor în care se produc precipitațiile și implicit cantitatea scurgerilor de suprafață sunt responsabile pentru modificările nefavorabile asupra calității apelor de suprafață, care are un rol important în menținerea sănătății ecosistemelor și umanității.

Temperaturile aerului la suprafața globului sunt în creștere și există studii ale accelerării ratei de încălzire date de modelele climatice curente, care susțin că rapida creștere a concentrației gazelor de seră va conduce la creșteri ale temperaturii până în anul 2100 cu 1,1°C până la 6,4°C, luând ca bază de referință perioada 1980 – 1999 [35].

Temperatura apei este un factor determinant al calității apei de suprafață, ea determină tipul vieții acvatice și reglează nivelul de oxigen dizolvat din apă, fiind un catalizator pentru reacțiile chimice și biologice. Temperaturi ridicate ale apei vor accelera productivitatea biologică, crescând masa bacteriilor și ciupercilor, favorizând procesul de "înflorire a algelor" [31]. Acest proces amenință sănătatea ecosistemului și a beneficiarilor alimentării cu apă [13].

Modelele climatice sugerează că pentru următorii 100 de ani, creșterea temperaturilor medii anuale va conduce la variabilitate climatică majoră și la mărirea riscului de producere a fenomenelor hidrologice extreme: pe de o parte inundații, pe de alta secetă pronunțată. Cel mai probabil impact se consideră a fi modificarea sezonelor ploioase, cantitatea mare de zăpadă va fi topită brusc datorită temperaturilor tot mai ridicate, determinând producerea mai rapidă a inundațiilor și scăzând timpul de stagnare a zăpezii, folositor plantelor.

În unele regiuni prognozele arată creșteri substanțiale ale intensității precipitațiilor, care aduc după sine producerea eroziunilor de sol și contaminarea apelor de suprafață prin spălarea suprafețelor contaminate, pe când în alte regiuni se intensifică seceta, scade frecvența precipitațiilor [35], cresc concentrațiile de poluanți.

Schimbările climatice pot avea impact negativ sau pozitiv determinat de deciziile luate de societate în tratarea problemelor de mediu. Managementul resurselor de apă trebuie adaptat condițiilor actuale de consum al apei de către populație, favorizând colaborările interfrontaliere, pentru a utiliza durabil disponibilul de apă. [46]

5. MANAGEMENTUL INUNDAȚIILOR

5.1. Inundațiile. Conceptul de risc

Inundația reprezintă fenomenul prin care un anumit teritoriu este acoperit cu apă, ca urmare a ridicării nivelului acesteia peste cota terenului. [5]. Este efectul acoperirii cu apă a unui teren. Inundațiile pot fi:

- inundații naturale, determinate de fenomene naturale: creșterea nivelului, respectiv a debitului cursurilor de apă în urma precipitațiilor și/sau a topirii zăpezilor, scurgerea apelor de pe versanți și stagnarea pe anumite tipuri de terenuri, împiedicarea scurgerii datorită creșterii nivelului în emisar.
- inundațiile accidentale sunt determinate de cauze antropogene directe sau indirecte: amenajări în bazinul hidrografic care pot conduce la amplificarea debitelor maxime naturale, amenajări de albie care modifică secțiunea de scurgere, exploatarea necorespunzătoare a descărcătorilor de ape mari ale lacurilor de acumulare sau declanșarea unor fenomene noi prin avarierea și ruperea construcțiilor și sistemelor hidrotehnice. Inundațiile accidentale duc la o amplificare de ordinul zecilor sau chiar sutelor de ori a efectelor produse de inundațiile naturale.

Viiturile naturale creează condiții specifice ecosistemelor naturale, iar eliminarea acestora reprezintă de fapt o intervenție cu consecințe deseori grave asupra echilibrului ecologic. Impactul inundațiilor accidentale asupra mediului este de scurtă durată, însă răspunsul acestei intervenții este pe termen lung, deoarece se modifică funcțiile ecologice în zonele potențial inundabile. [53]

În cazul inundațiilor naturale depunerile solide în albia majoră pot avea efect fertilizant, însă atunci când se produce o inundație accidentală grosimea și extinderea depunerilor este mult mai importantă.

Consecințele indirecte ale inundațiilor acționează și asupra apelor subterane. Inundațiile naturale împropătează acviferul, pe când cele accidentale ridică nivelul apei subterane și pot determina un exces de umiditate, chiar și în zonele care nu sunt afectate direct de scurgerea la suprafață.

Scurgerea de suprafață pe terenuri întinse antrenează cantități importante de substanțe poluante de la suprafața solului, prin inundarea depozitelor de deșeuri, a canalizărilor, stațiilor de epurare, putând produce o poluare biologică cu bacterii patogene, viermi paraziți, organisme coliforme. De aceea, ulterior producerii unei inundații de mare amploare este favorizată producerea bolilor și a epidemiilor. De asemenea, în cazul inundațiilor accidentale sunt deseori afectate locuințe și se pot înregistra pierderi de vieți omenești.

Conceptul de risc

Studiul problemei de risc legată de construcțiile și sistemele hidrotehnice este esențială datorită dimensiunii efectelor inundațiilor: daune materiale, daune socio-economice, pierderi de vieți omenești, impact negativ asupra mediului.

Factorul de risc rezultă din lipsa informațiilor, metode teoretice și experimentale depășite, prognoze inexacte și imposibilitatea prognozării unor fenomene extraordinare: erupții vulcanice, precipitații extraordinare, alunecări de teren, meteoriți.

Gradul de protecție sau de apărare împotriva inundațiilor este dat de probabilitatea de nedepășire a debitelor maxime admise dată de relația:

$$F = P(Q_{viit} < Q_{max\ admis}) \quad (5.1)$$

Valoarea gradului de protecție trebuie să crească în funcție de amploarea pagubelor ce se pot produce în urma inundării. În acest sens, trebuie să reflecte limita la care investițiile în lucrările de amenajare se justifică economic, prin studii de optimizare economică.

Riscul la inundație se exprimă prin probabilitatea de depășire a debitelor maxime sau probabilitatea de inundare:

$$P = P(Q_{viit} > Q_{max\ admis}) \quad (5.2)$$

$$P + F = 1 \quad (5.3)$$

Probabilitatea ca debitul maxim cu asigurarea anuală P să apară cel puțin o dată în anii de existență a lucrării este:

$$P = 1 - (1 - P)^n = 1 - \left(1 - \frac{1}{T}\right)^n \quad (5.4)$$

Riscul este caracterizat de trei elemente: hazardul, vulnerabilitatea și expunerea, variația fiecăruia dintre aceștia având o influență asupra riscului. [4]

Hazardul este un eveniment neprevăzut care are o influență importantă negativă asupra proprietăților, vieții și activităților umane. Vulnerabilitatea este susceptibilitatea obiectelor de a fi afectate de hazard, iar expunerea face referire la activitățile umane care au potențialul de a fi afectate de hazarde. Receptorii riscului sunt entitățile care sunt expuse la risc, ce pot suferi din cauza hazardelor: populația, bunuri materiale.

Pentru ca un risc să apară, trebuie să existe un hazard generat de un eveniment sau de o sursă, un receptor și o cale între sursă și receptor. Aceasta poate fi calea viiturii, scurgerea de suprafață pe versanți sau alunecările de teren.

Evaluarea riscului este de fapt cuantificarea potențialului de a suferi daune ale receptorilor: pierderi de vieți, distrugerii parțiale sau totale ale infrastructurii, locuințelor sau obiectivelor economice.

În promovarea conceptului introdus de directiva cadru a U.E. „conviețuire cu viiturile”, se poate interveni în lupta împotriva riscului producerii inundațiilor producătoare de pagube însemnate, prin diminuarea debitelor și creșterea suprafeței de propagare a undei de viitură. Aceasta include câmpia inundabilă și zonele umede riverane, naturale sau artificiale. [6], [7]

Mărirea suprafeței de scurgere se poate face prin restaurarea zonelor umede, reamenajarea digurilor de protecție laterale cu scopul de a reduce presiunea asupra cursurilor de apă îndiguite.

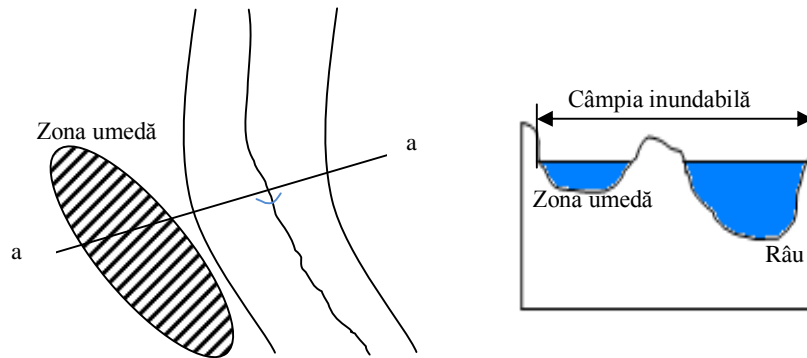


Fig. 5.1. Zonă umedă riverană, vedere plan și secțiune, [6]

Lucrările ce pot fi făcute în zonele umede pentru a putea aplica soluția de stocare a debitelor în câmpia inundabilă sunt:

- coborârea nivelului digurilor curente sau introducerea de canale de intrare și ieșire necontrolate;
- construcția de diguri minore dacă este necesar pentru a proteja proprietățile din lunca inundabilă;
- proiectarea sistemului pentru evenimente funcționare la evenimente frecvente (cu frecvența de apariție < 1 an);
- eliminarea agriculturii existente și restaurarea habitatelor de zone umede;
- zone umede naturale în câmpia inundabilă.

5.2. Hidrograful de viitură

Bazinul hidrografic pe care cade o ploaie efectivă de 1 mm, uniform distribuită în spațiu pe o durată de timp și la al cărui punct de închidere se obține un hidrograf al debitelor $u(t)$, care în funcție de raportul dintre durata de timp D și timpul de concentrare t_c al bazinului poartă numele de [57]:

- hidrograf unitar instantaneu (UHI), dacă $(D/t_c) \rightarrow 0$;
- hidrograf unitar (HU), sau mai corect, dacă $0 < (D/t_c) < 1$, hidrograf unitar produs de o ploaie de durată D (UHD);
- hidrograf în S (HS), dacă $1 < (D/t_c) < \infty$.

Pentru un bazin dat se pot stabili mai multe hidrografe unitare, diferind după durata ploii nete, dar nu există decât un singur HUI și un singur HS care depind de caracteristicile de drenaj ale bazinului hidrografic.

Hidrograful viiturii analizate pentru un bazin hidrografic în care pe cursul de apă există o acumulare laterală de atenuare a viiturilor, prezintă o parte din vârful viiturii captat de către zona umedă, cu rol de acumulare laterală.

Vegetația joacă un rol important în calculul capacității de stocare datorită proprietăților de absorbție și a coeficientului de rugozitate.

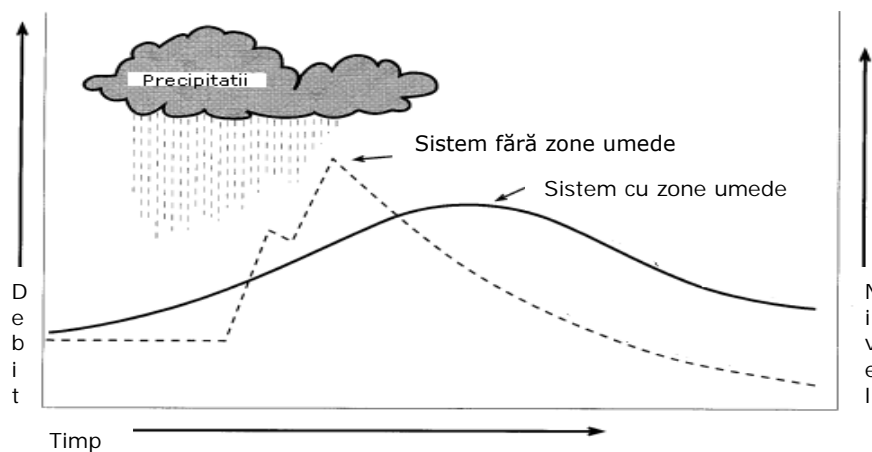


Fig. 5.2. Hidrograful viiturii în două cazuri diferite: a – bazin cu zone umede, b – bazin fără zone umede. [61]

Volumul stocat (V_w) este și el influențat de vegetație și de umiditatea solului la un moment dat. H_1 este înălțimea digului, H_2 înălțimea undei de viitură.

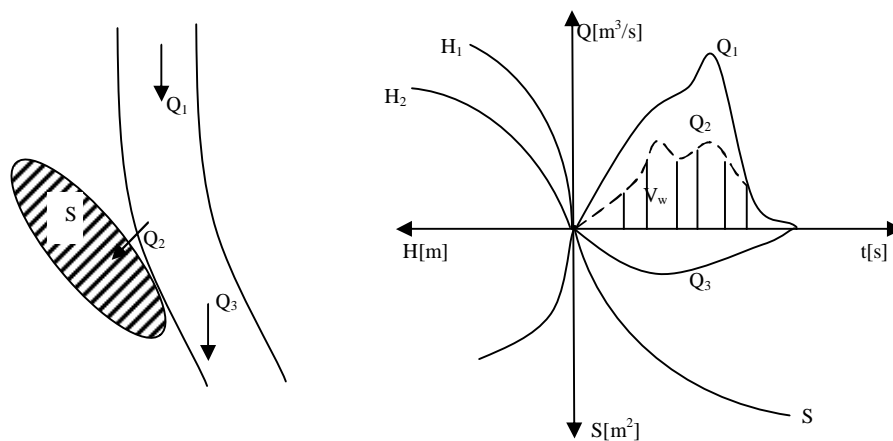


Fig. 5.3. Hidrograful viiturii pentru un sistem riveran cu o zonă umedă laterală [6]

Retenția medie a precipitațiilor Z (mm) în bazinele de recepție ale albiilor de lungime R , în cazul ploilor (de diverse frecvențe) care generează viituri;

$$Z = 1.5 * z \quad (5.5)$$

unde z este precizat în tabelul 5.1.

Tabelul 5.1. Cantitatea de apă reținută (mm) de vegetație, după E.V. Boldakov

Nr. Crt.	Felul acoperirii solului cu vegetație	z (mm)
1	Teren neted, fără vegetație, stâncă	1
2	Teren neted, slab înierbat	2
3	Teren cu mici neregularități la suprafață, teren slab înierbat cu tufărișuri rare	3 - 5
4	Teren bine înierbat - tufărișuri, pădure mică	6 - 10
5	Pădure mijlocie, fânețe cu vegetație foarte abundentă	10 - 15
6	Pădure bătrână, consistență plină, subarboret, litieră bine dezvoltată	15 - 20
7	Fânețe, arături	10

5.3. Apărarea împotriva inundațiilor. Măsuri structurale și non-structurale

Cu scopul de a reduce daunele produse de viituri se pot adopta strategii de lucru diferite prin măsuri non-structurale și/sau structurale de apărare a obiectivelor economice și culturale.

Măsurile structurale sunt lucrări de apărare realizate în albiile râurilor și pe suprafața întregului bazin hidrografic, reprezentate prin:

- **îndiguiri** ale unor sectoare lungi de râu cu scopul apărării terenurilor și obiectivelor social/economice amplasate în albia majoră. Produc modificări ale regimului de scurgere prin încorsetarea cursului de apă, reducerea secțiunii de curgere și creșterea nivelului apei în tronson și în amonte. Creșterea nivelului conduce la presiuni asupra digurilor, care pot conduce la breșe în perioada tranzitării undei de viitură.

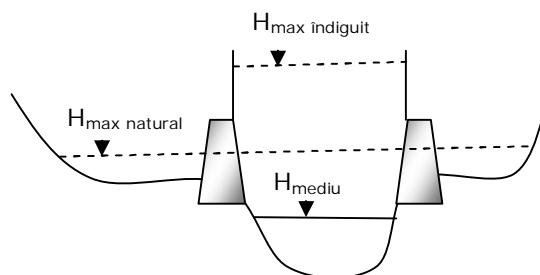


Fig. 5.4. Secțiune de râu îndiguit

- **derivațiile de ape mari** atenuază viitura în aval, prin transferul unei părți din volumul viiturii în alt râu. Această lucrare e condiționată de necoinciderea momentelor producerii viiturii pe cele 2 râuri și de posibilitatea obținerii unor efecte mai mici ale viiturii pe râul în care este redirecționat vârful undei de viitură.

Cea mai cunoscută derivație de ape mari este amenajarea bazinului Timiș și Bega, care prin nodul hidrotehnic de la Topolovățul Mare transferă prin canalul descărcător o parte din debitul în surplus de pe râul Bega în râul Timiș.

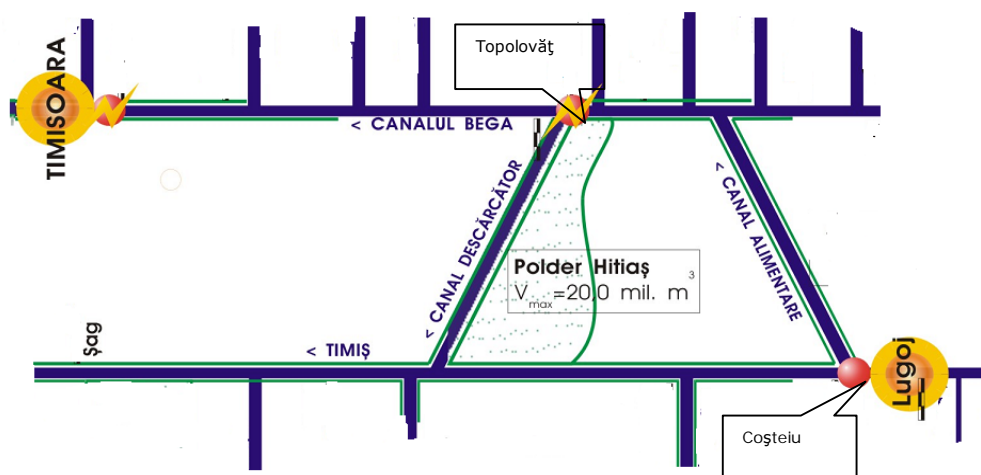


Fig. 5.5. Schema de amenajare a Bazinului Timiș – Bega după ABAB



Fig. 5.6. Nodul Hidrotehnic Topolovăț.

- **acumulări transversale** care pot fi permanente, nepermanente sau mixte, în funcție de importanța acestora în raport cu folosințele din aval.

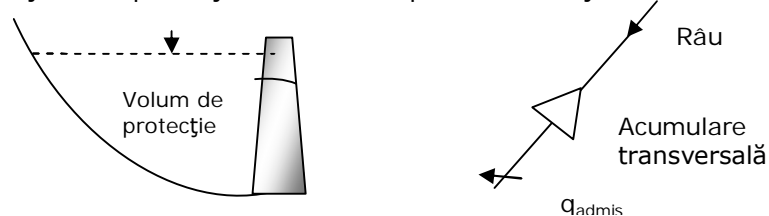


Fig. 5.7. Acumulare transversală cu scop de regularizare a regimului hidrologic

- acumulări laterale** - incinte îndiguite amplasate de-a lungul râului, în albia majoră, pentru atenuarea viiturilor [52]. Pentru aceste incinte este utilizată frecvent și în mod eronat denumirea de **poldere**, după modelul olandez de amenajări prin care sunt câștigate suprafețe joase de teren uscat pentru agricultură datorită construcției de diguri maritime înalte și sisteme care drenează apa și o pompează înapoi în mare. În general sunt folosite între perioadele de ape mari în scopuri agricole, dar pot fi constituite și din zone umede cu capacitate mare de reținere, care pot fi drenate, pot avea praguri de descărcare în alte cursuri de apă, sau pot fi suplimentate printr-un sistem de pompare.

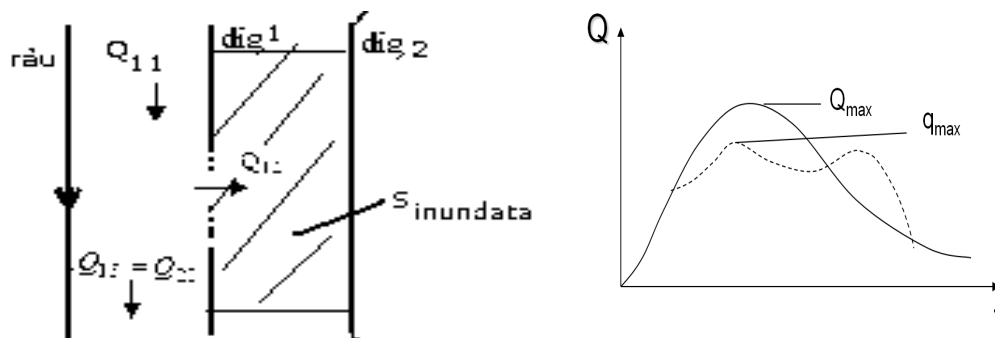


Fig. 5.8. Acumulare laterală și hidrografal de atenuare

Scurgerea apei într-o zonă umedă poate fi asemănată cu scurgerea apei peste deversorul unui lac de acumulare și în Fig. . sunt reprezentate curbele cheie pentru zona mlăștinoasă (a) și pentru lacul de acumulare (b).

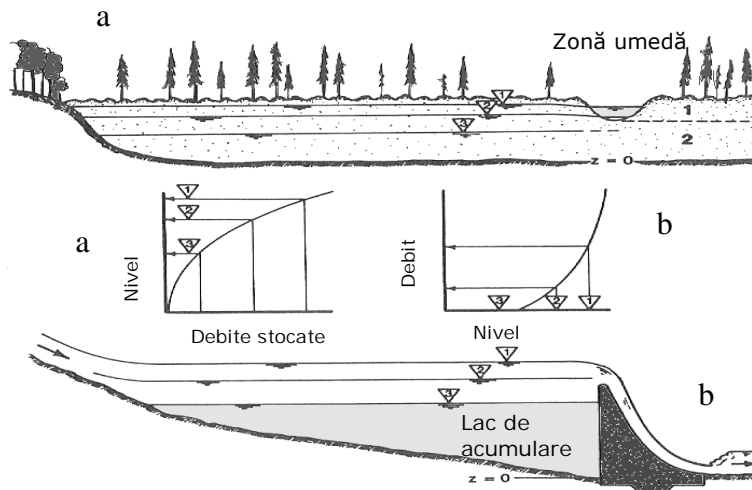


Fig. 5.9. Asemănări în funcționarea unei zone umede (a) și a unui lac de acumulare (b).

Măsurile non-structurale constau în:

- întocmirea hărților de risc și a zonelor inundabile, stabilirea unor măsuri specifice fiecărei zone;
- politica de descurajare a dezvoltării social economice a zonelor inundabile;
- mărirea timpului de anticipație în prognoza viiturilor;
- organizarea eficientă a strategiilor de apărare;
- reamenajarea cu vegetație a malurilor;
- managementul pășunatului;
- oxigenarea apelor cu tendință de eutrofizare;
- tehnici de biomanipulare;
- reconsiderarea cerințelor ecologice de apă;
- managementul descărcărilor din baraje.

5.4. Potențialul zonelor umede de atenuare a viiturilor

Impactul drenajului zonelor umede asupra consecințelor viiturilor a fost studiat în diferite bazine, de menționat este cazul Bazinului Hidrografic al Râului Mississippi, unde au existat lucrări ample de drenaj al zonelor cu umiditate excesivă. Problema restaurării acestor areale a fost discutată în contextul potențialului de reducere a pagubelor viiturilor în cazul renaturării zonelor umede [49].

Când vorbim de restaurare și renaturare, este esențială analiza impactului undeii de viitură în aval de amplasament, prin diferențe de nivel și prin evaluarea pagubelor. Atunci când un astfel de proiect este pus în practică, trebuie considerată și monitorizarea ulterioară a factorilor hidrologici în perioadele de ape mari, dar și între acestea, funcția de stocare fiind determinantă pentru timpul de concentrare a viiturii. Un efect benefic al instalării drenurilor în incinta zonelor umede este întârzierea vârfului hidrografului de viitură în aval, prin eliberarea apei constantă prin drenuri și peste diguri.

Bilanțul apei în acest amplasament este determinat de funcția hidrologică a zonei umede. Atunci când este posibilă staționarea îndelungată a apei și cantitatea de nutrienți permite proliferarea vegetației higrofite, evapotranspirația este crescută. Amplasate într-o regiune secetoasă, duc la pierderea rapidă a apei prin evapotranspirație, modificând astfel ieșirile de suprafață și din acvifer care alimentează folosințele din aval.

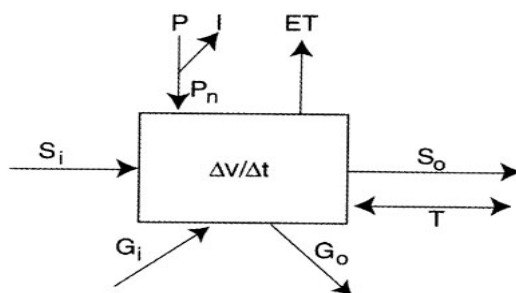


Fig. 5.10. Diagrama bilanțului apei: P=precipitații, Pn=precipitații nete, ET=evapotranspirație, I=intercepții, Si=intrarea de suprafață, So=ieșirea de suprafață, Gi=intrarea din acvifer, Go=ieșirea din acvifer, T=flux, V=volumul stocat, t=timp [37]

Când stocarea apei se face pe termen scurt, vârful viiturii sunt atenuate și întârziate, dar atunci când stocarea este posibilă pe termen lung, este eficientă și prin reducerea volumului de apă adus din amonte. În cazul drenării zonelor umede, capacitatea de stocare nu este pierdută în totalitate, ci se schimbă de fapt interacțiunea dintre apele mari și capacitatea de stocare, adică se modifică metoda de eliberare a apei care se face adițional și prin sistemul de drenaj. Astfel, zona umedă naturală va stoca un volum mai mare de apă deoarece timpul de eliberare este mai mare decât a celei cu sistem de drenuri.

Dezavantajul zonelor umede naturale este disponibilitatea la momentul la care acestea sunt tranzitate de către unda de viitură. Dacă perioada anterioară a fost ploioasă și acumularea este plină, va avea un efect minim sau zero la trecerea viiturii. Acest lucru se determină prin simularea pe termen lung a variației bilanțului apei în incintă.

Factorii hidrologici locali, inclusiv perioadele de topire a zăpezii vor constitui un coeficient critic în procesele de simulare hidrologică. De aceea este necesară modelarea continuă pentru a observa modificările în timp util. Pentru a demonstra acest lucru [49] a realizat o simulare tip MONTE CARLO asupra unei acumulări mici din zona de stepă a regiunii Iowa, cu o adâncime de 2 metri și care este alimentată prin drenajul unei suprafețe de 10 ori mai mare decât suprafața zonei umede și prin scurgerea de suprafață a precipitațiilor.

Ieșirile sunt considerate evaporația și scurgerea gravitațională de suprafață, constanta de timp folosită este încadrată între 4 ore și 180 de zile, dacă se presupune ca nu există ale intrări sau ieșiri, nivelul va scădea până la 37% din adâncimea sa în N zile.

Când constanta de timp este de ordinul lunilor, balta se va comporta ca una naturală, în care pierderile de apă se fac prin infiltrație și evaporație. Cu o constantă de timp de aproximativ o săptămână, zona umedă imită comportamentul unei bălți drenate. O constantă $N=$ o zi, este caracteristică a unui bazin de detenție tipic urban.

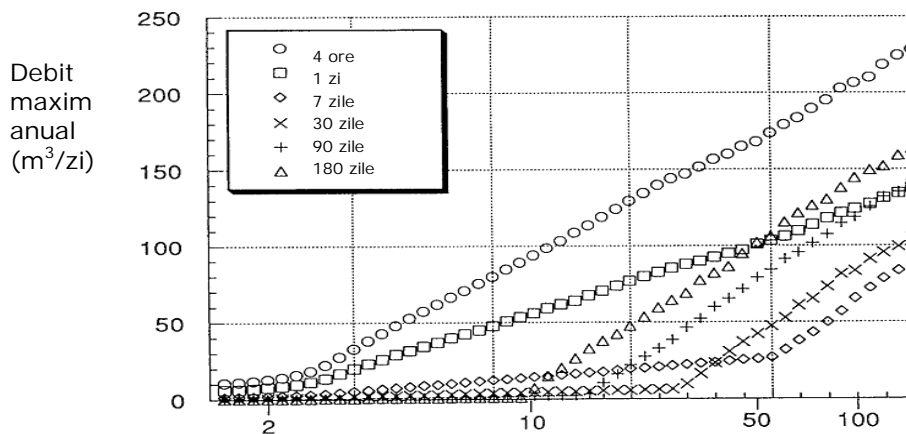


Fig. 5.11. Rezultatele simulărilor pentru constante de timp de 4 ore, 1 zi, 7 zile, 30 zile, 90 de zile și 180 de zile.

O medie a constantelor de 1 zi a fost aleasă [49] pentru a demonstra impactul zonei umede asupra unei locații din aval, cu un timp de concentrare de

aproximativ o zi. Figura.5.11. arată că balta cu N=4 ore și N=1 zi oferă protecție la inundații.

Acumulări cu constante de timp foarte lungi, care corespund cazurilor naturale, oferă o bună protecție în cazul inundațiilor de dimensiuni mici până la moderate, dar sunt mult mai puțin eficiente pentru inundații mai mari. Acest lucru se explică prin capacitatea de reținere a apei în timpul anului de către aceste acumulări, ceea ce le face susceptibile de a fi parțial umplute înainte de o viitură majoră.

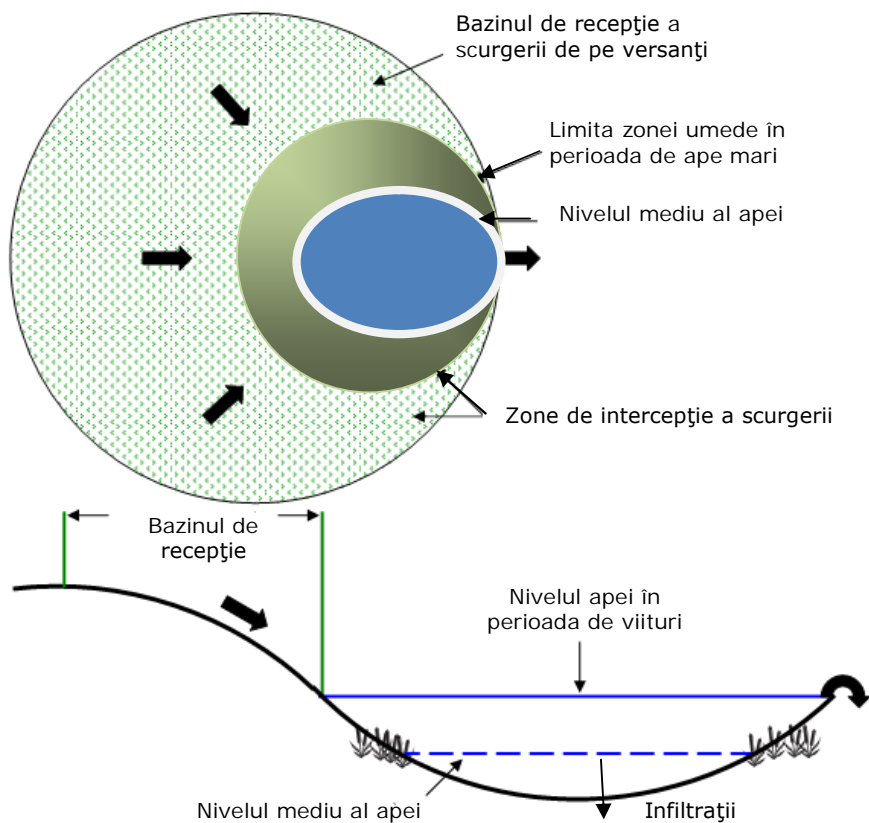


Fig. 5.12. Potențialul de stocare a scurgerii de suprafață [22]

Coeficienții funcționali ai unei acumulări

Coeficientul de acumulare, notat k_a este raportul dintre volumul total al acumulării și volumul anual tranzitat prin aceasta.

$$k_a = \frac{V_{total}}{V_{anual}} \quad (5.6)$$

Coeficientul de regularizare:

$$k_r = \frac{Q_{r\min}}{Q_0} \quad (5.7)$$

Nivelul apei este influențat de fluctuațiile sezoniere ale evapotranspirației și ale precipitațiilor. Capacitatea de stocare este minimă atunci când nivelul apei subterane este aproape de suprafața terenului și vegetația se află în perioada stagnantă, când evapotranspirația este redusă. Acest lucru se întâmplă la topirea zăpezilor, când zonele umede pot reține doar o parte din scurgerea de suprafață, comportându-se ca un lac de acumulare plin, care nu participă la atenuarea viiturilor.

Capacitatea de stocare crește odată cu dezvoltarea vegetației, când aceasta consumă apă și temperatura permite evapotranspirația. Atunci când unda de viitură tranzitează o zonă umedă în perioada de creștere a vegetației și pânza freatică nu se află aproape de suprafața solului, aceasta se comportă ca o acumulare laterală golită în care se poate stoca un debit de apă, fiind intensificată infiltrația.

În multe cazuri ale zonelor umede riverane, volumul de depozitare este relativ mic comparativ cu volumul viiturilor în perioada de ape mari. Pentru o captare eficientă, acestea trebuie să fie disponibile exact înainte de vârful viiturii. Există metode de a rezolva aceste probleme, prin amplasarea unor drenuri. Spre exemplu: o zonă umedă riverană drenată și despărțită de cursul de apă cu un dig, va fi disponibilă și va funcționa ca acumulare laterală pentru un debit care depășește pragul digului, micșorând volumul apei eliberată în aval.

Funcția de stocare a apei într-o zonă umedă are efecte diferite în funcție de amplitudinea evenimentului și de specificul folosințelor din aval, unul dintre ele este întârzierea momentului de vârf al hidrografului în aval. În cazurile în care volumul care poate fi stocat este mic în comparație cu volumul viiturii, întârzierea producerii inundației în aval ar putea fi impactul cel mai semnificativ al amplasării zonelor umede riverane. Amânarea unui vârf de inundații nu înseamnă neapărat o reducere al acestuia, dar poate fi utilă prin câștigarea timpului de acțiune a echipelor care acționează în situații de urgență, pentru evacuarea populației, amplasarea de diguri mobile sau producerea breșelor controlate. Evaluarea impactului întârzierii momentului de producere a inundației în cazuri specifice necesită o atenție deosebită asupra caracteristicilor temporale și spațiale ale precipitațiilor, generarea și evoluția ploilor torențiale.

Bradley și Potter [9] propun o altă abordare, "vârf-la-volum", pentru estimarea probabilității de generare a inundațiilor, prin modele de simulare continue. Această metodă este utilizată în evaluarea beneficiilor proiectelor de diminuare a inundațiilor. Scurgerile de suprafață în albia râului sunt simulate folosind datele istorice disponibile. La fiecare locație este estimată probabilitatea distribuției volumelor de apă pentru toate precipitațiile care au capacitatea de a produce un vârf de viitură peste un prag specificat. Apoi, un model statistic este dezvoltat pentru relația dintre vârful de descărcare și volumul viiturii.

Procedura utilizează informațiile de la furtuni extreme care au avut loc în regiunea cu meteorologie omogenă în care este situat bazinul hidrografic analizat. Ele permit testarea diverselor strategii obținute în urma aplicării modelului de atenuare a inundațiilor.

Pentru evaluarea proiectelor de restaurare a zonelor umede este necesară utilizarea modelelor hidrologice și hidraulice care reprezintă pe termen lung variațiile

de stocare a apei și care, în mod corect, reprezintă caracteristicile temporale și spațiale ale precipitațiilor, generarea și evoluția ploilor torențiale.

6. Impactul unde de viitură asupra zonelor umede

6.1. Impactul asupra regimului hidric

Principalele amenințări referitoare la dispariția zonelor umede sunt legate de alimentarea cu apă a ecosistemelor. Prin unda de viitură este introdus un volum care suplimentează volumul de apă din zona umedă, determină creșterea nivelului și inundarea suprafeței.

Atunci când apa depășește limitele unui ecosistem ea contribuie la interconectarea ecosistemelor aflate în vecinătate. Unele zone umede, în special cele riverane, sunt dependente de unda de viitură, fiind singura lor sursă de alimentare.

În anul 2005, pe fondul precipitațiilor în cantități mari, au rezultat deversări și breșe în digurile de pământ ce încorsetează cursurile de apă din Spațiul Hidrografic Banat.

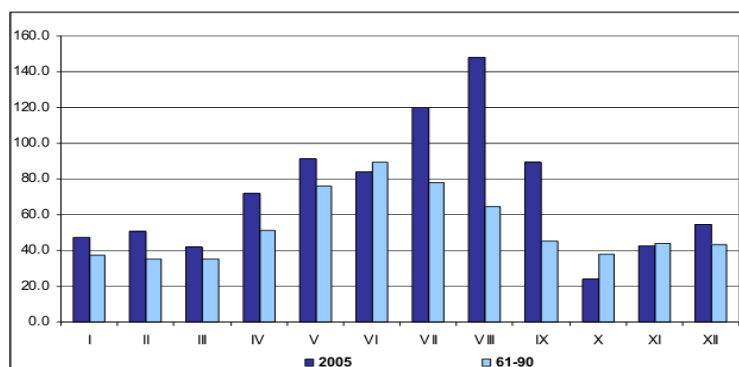


Fig.6.1.Cantitățile medii lunare de precipitații din anul 2005, comparativ cu normala climatologică. (1961-1990)

Precipitațiile totale au depășit valorile normale pentru luna aprilie, mai mult, în primăvara anului 2005, (martie, aprilie, mai) pe baza măsurătorilor timp de 100 de ani ale stațiilor meteo, precipitațiile s-au încadrat între 125 și 150 mm la câmpie și între 170 și 200 mm în amonte, în zonele deluroase. În luna aprilie, stația meteo Oravița a înregistrat o precipitație maximă record de 226.4 mm.[41]

Conform măsurătorilor o dată la 6 ore la cinci stații meteo reprezentative (Lugoj, Caransebeș, Reșița, Semenic și Jaracu) distribuția precipitațiilor în timpul inundațiilor a fost împărțită în patru intervale, separate de scurte perioade de pauză:

- 14 – 16 aprilie;
- 17 – 19 aprilie;
- 21 – 22 aprilie;

- 26 – 28 aprilie.
Cele mai mari precipitații au fost înregistrate în cel de-al doilea interval, când au fost generate undele de viitură.

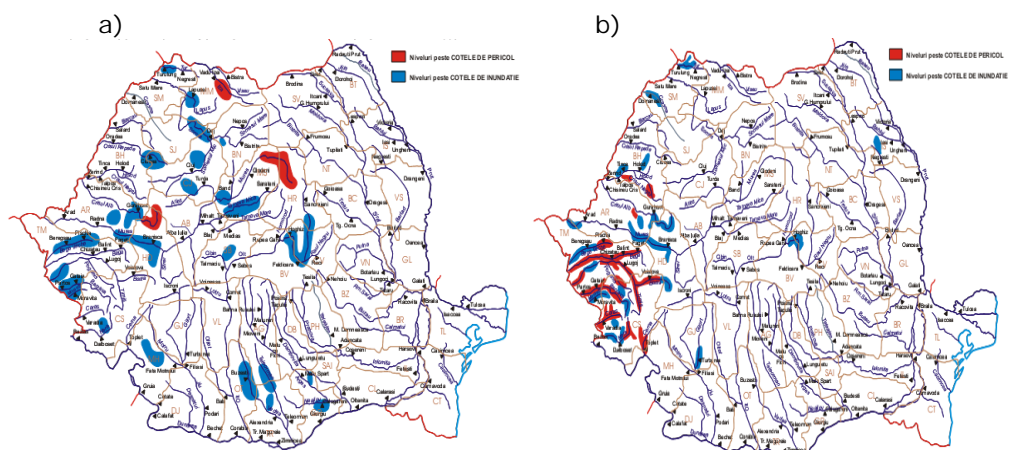


Fig.6.2. Situația hidrologică cu depășirile cotelor de apărare pentru luna martie (a) și luna aprilie (b) 2005

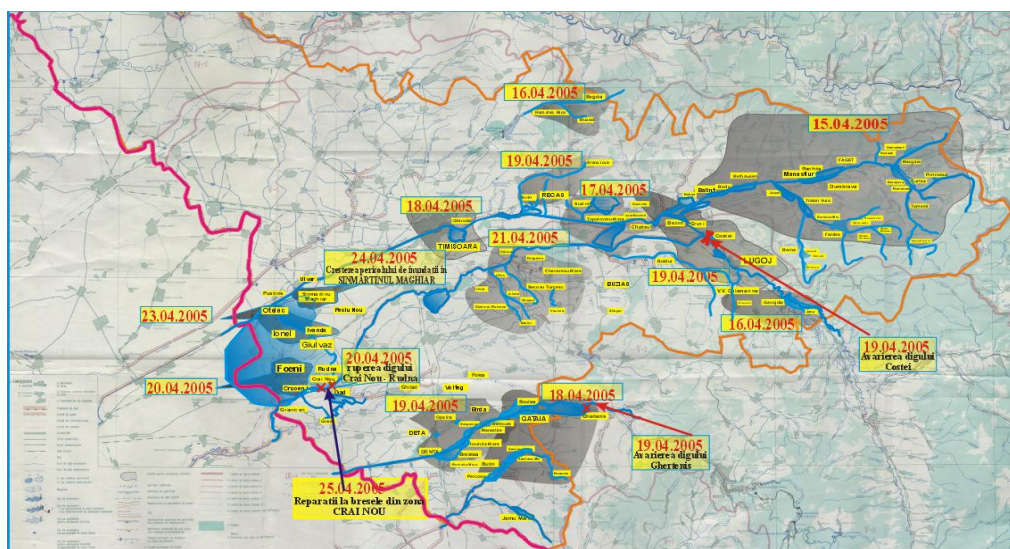


Fig.6.3. Harta cu situația inundațiilor din perioada 15.04 - 06.05.2005, [89]

6.2. Impactul asupra circuitului nutrienților

Compoziția chimică a apei este în principal legată de poziția geografică, bilanțul apei, tipul de sol, calitatea apei de intrare și folosințele terenurilor adiacente.

Schimbarea unui factor duce la diferențe notabile în compoziția apei zonei umede. Unicitatea zonelor umede este și aici determinantă pentru stabilirea influenței pH-ului sau a conținutului de nutrienți asupra vegetației și faunei.

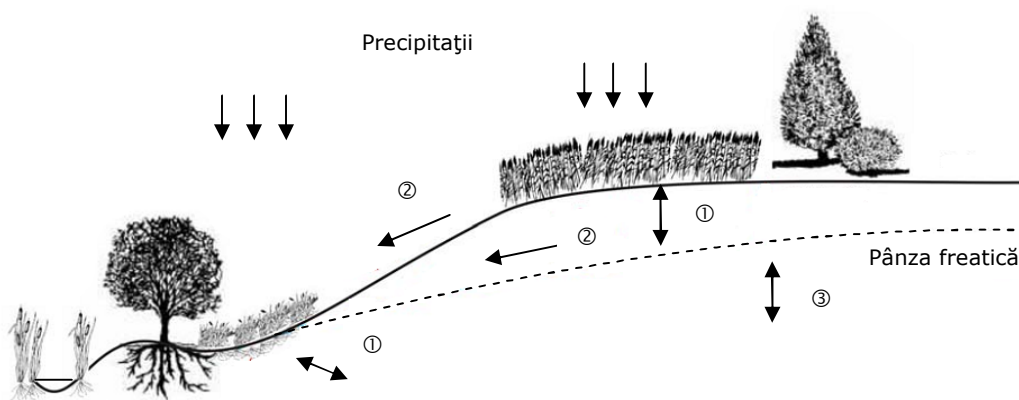


Fig. 6.4. Procesele ce implică schimbul de nutrienți în scurgerea de suprafață și subterană, considerând transportul ①, consumul de către plante ② și procesele de denitrificare subterană ③ [28]

În apă se găsesc în stare naturală săruri, gaze și materii organice. Cel mai frecvent întâlnite în apele dulci sunt: azotați, carbonați, sulfati, cloruri, metale ca fierul, manganul, ș.a.

Prin complexitatea proprietăților și conținutului în substanțe nutritive, apa asigură transportul, susține lanțurile trofice și contribuie la proliferarea viețuitoarelor acvatice. Calitatea substanțelor într-un ecosistem este dependentă de structura biocenozelor și a biotopului, mai ales de structura trofică, deoarece lanțurile trofice reprezintă căile principale ale schimbului de substanțe și energie.

Rețeaua trofică este o structură dinamică și activă. La nivelul sedimentelor are loc o activitate de descompunere a particulelor de către numeroase populații de larve, de insecte, moluște, viermi, crustacee. Transformarea în elemente nutritive a nămolului de către organisme variate influențează mineralizarea și accesibilitatea nutrienților către producătorii primari.

Circuitul nutrienților într-un ecosistem este reprezentarea interacțiunilor dintre componentii biocenozelor și biotop, împreună cu relațiile în interiorul lanțului trofic. Proprietățile fizice, chimice și biologice se întrepătrund, chimismul unui biotop acvatic la un moment dat nu poate fi separat în timp și spațiu de metabolismul biocenozelor sale.

În timpul scurgerii de suprafață sunt transportate debite solide încărcate cu nutrienți și poluanți colectați din trecerea torentului peste suprafețe naturale și

antropice. Tipul acestor suprafețe și solubilitatea substanțelor spălate de viitură determină concentrațiile de substanțe chimice prezente în torenți.

Conform STAS 4706/88 modificat prin Ordinul 161/2006, sunt urmăriți de către autoritățile competente o serie de indicatori ai calității apelor de suprafață, stabilirea calității se face printr-o evaluare ponderată a tuturor indicatorilor. Aceștia sunt de natură fizică, chimică, biologică și bacteriologică și sunt împărțiți în cinci grupe principale: regim de oxigen, nutrienți, salinitate, poluanți toxici specifici de origine naturală și alți indicatori chimici relevanți.

Oxigenul dizolvat este cel mai important parametru de calitate al apei din râuri și lacuri, deoarece oxigenul este o componentă vitală pentru ecosistemele acvatice. Cantitatea de oxigen dizolvat în apă depinde de temperatura apei, presiunea aerului, conținutul substanțelor oxidabile și microorganisme. Scăderea cantității de oxigen duce la pierderea potabilității și la reducerea capacității de autoepurare a corpurilor de apă.

Consumul biochimic de oxigen CBO₅ reprezintă cantitatea de oxigen consumată de microorganisme pentru descompunerea biochimică a substanțelor organice din apă, într-un interval de timp standard stabilit de 5 zile, la temperatura de 20°C. Mineralizarea biologică a substanțelor organice este un proces complex, care în apele bogate în oxigen se produce în două trepte: în prima treaptă se oxidează în special carbonul din substratul organic (faza de carbon), iar în a doua fază se oxidează azotul (faza de nitrificare).

Consumul chimic de oxigen (CCO): Deoarece timpul standard pentru determinarea CBO₅ este de 5 zile, pentru eficiență se utilizează metode de oxidare chimică diferențiate două tipuri de indicatori (CCO-Mn sau CCO-Cr) cu după natura oxidantului și a modului de reacție.

Compuși ai azotului: Amoniu, nitriții și nitrații constituie etape importante ale prezenței azotului în ciclul său biogeochimic din natură și implicit din apă. Azotul este unul dintre elementele principale pentru susținerea vieții, intervenind în diferite faze de existență ale plantelor și animalelor. Formele sub care apar compușii azotului în apă sunt azot molecular (N₂), azot legat în diferite combinații organice (azot organic), amoniu (NH₄), azotiți (NO₂) și azotați (NO₃).

Amoniu și nitriții constituie faze intermediare în ciclul biogeochimic al azotului, în timp ce nitrații sunt stadiile finale ale azotului organic. Fiecare dintre ei sunt utilizați de plante ca element nutritiv, și ca sursă de poluare a apelor provin în cea mai mare parte din îmbunătățirea cu îngrășăminte a terenurilor agricole pentru creșterea productivității.

Compuși ai fosforului: conținutul de fosfați în apele naturale provine din terenuri bogate în humus în care fosfatul este legat în compuși organici, dar și din poluarea difuză din agricultură. Fosfatul monocalcic este solubil în apă și reprezintă o formă de fosfor asimilabil. Are ca efect eutrofizarea progresivă a lacurilor, prin favorizarea dezvoltării algelor și este prezent în apele de suprafață, fie dizolvat, fie în suspensii sau sedimente.

Au fost studiați 3 ani diferiți: 2005 (inundații), 2009 (an secetos) și 2010 (an ploios). La 2 stații din amonte (Pișchia) și aval (Cenei) pe râul Bega Veche și 2 stații pe râul Bega, amonte de Timișoara și Otelec. Datele provenite de la Administrația Bazinală de Apă Banat, au fost analizate în scopul stabilirii unei dependențe vizibile între biodiversitate, calitatea apei și perioada de ape mari respectiv perioada secetoasă pe cele 2 râuri principale din Bazinul Timiș – Bega.

Probele pentru analizele chimice au fost procesate conform standardelor laboratorului de chimie al ABAB și au fost măsurate pentru stațiile de pe râul Bega: oxigenul dizolvat, CBO_5 , azot total, fosfor total, amoniac. [39]

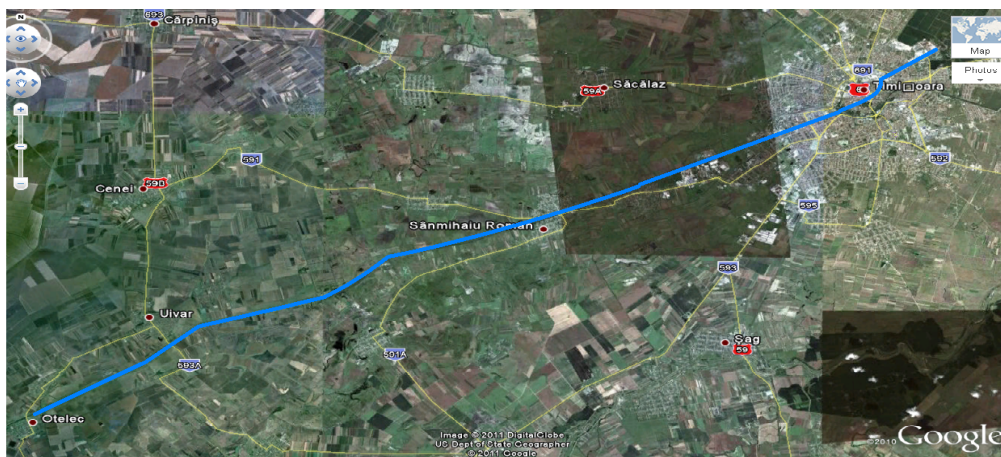


Fig. 6.5. Corpul de apă analizat, cu secțiunile: Amonte Timișoara și Otelec

La stația hidrometrică din amonte Timișoara, în urma măsurătorilor s-au făcut încadrările în clase de calitate, în cea mai mare parte se situează în clasa I de calitate, cu unele excepții în care se află în clasa a II-a de calitate.

Tabel.6.1. Situația calității apei pentru anul 2009, în secțiunea de control Amonte Timișoara

Nr. crt	Luna	Clasa de calitate					
		Regim oxigen	Nutri-enți	Salinitate	Pol. toxici specif.	Alți indici chimici relevanți	Glo-Bal
1	Ianuarie	I	I	I	I	I	I
2	Februarie	II	II	I	I	II	II
3	Martie	I	I	I	I	I	I
4	Aprilie	I	I	I	I	I	I
5	Mai	I	I	I	I	I	I
6	Iunie	I	I	I	I	II	II
7	Iulie	I	I	I	I	II	II
8	August	I	I	I	I	II	II
9	Septembrie	I	I	I	I	I	I
10	Octombrie	II	I	I	I	I	II
11	Noiembrie	II	II	I	I	I	II
12	Decembrie	I	I	I	I	II	II

În secțiunea de control Otelec, râul a fost încadrat în clase de calitate diferite de la o lună la alta. Pentru indicatorul Oxigen dizolvat, au existat fluctuații lunare și anuale în funcție de temperatură și de viteza apei.

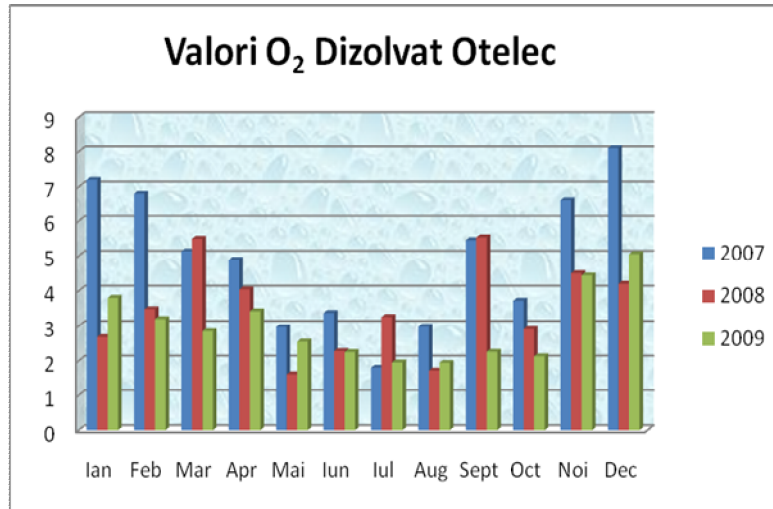


Fig.6.6. Concentrația pentru oxigen dizolvat [mg/l]

Conform Ordinului 161/2006, valoarea minimă de încadrare în clasa a II-a este de 7 mg/l, valoarea minimă de încadrare în clasa a III-a de calitate este de 5 mg/l, între 5 și 4 mg/l O₂ se încadrează în clasa a IV-a de calitate. Exceptând ultimele două luni ale anului 2009, valorile oxigenului dizolvat nu au atins valoarea de 4 mg/l, deci au fost încadrate în clasa a V-a de calitate.

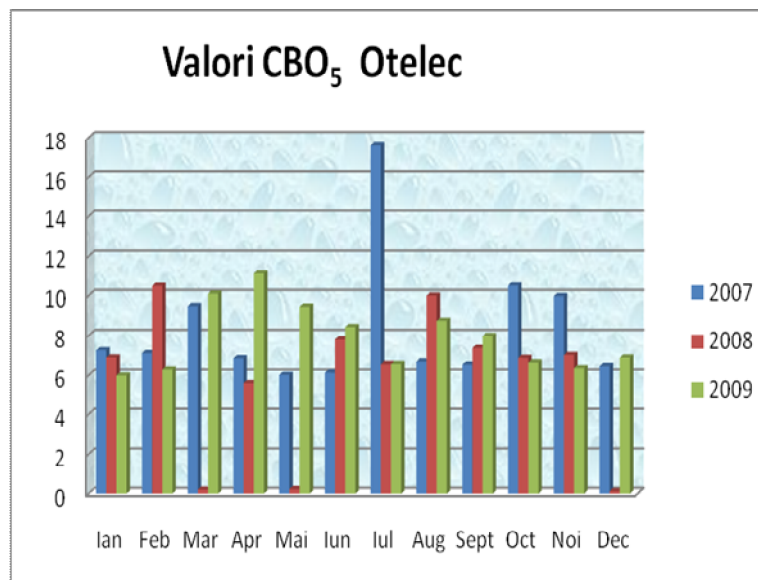


Fig.6.7. Concentrația pentru consumul biochimic de oxigen [mg/l]

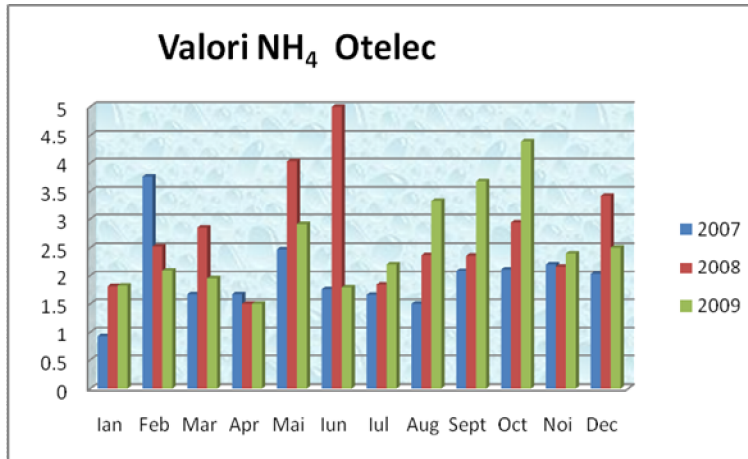


Fig.6.8. Concentrația medie lunară pentru amoniu (mgN/l)

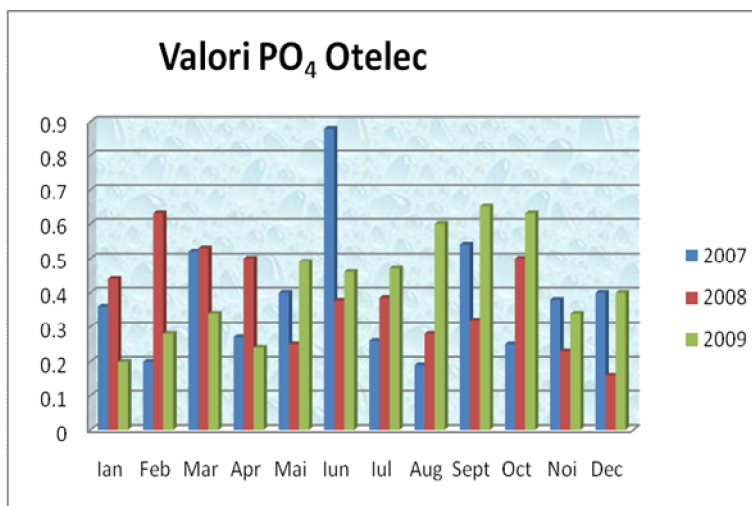


Fig.6.9. Concentrația pentru fosfați (mgP/l)

În anul 2007 apele la Otelec au fost predominant de categoria a II-a și a III-a din punct de vedere a cantității de fosfor. Excepțiile au fost în martie și septembrie când acestea au fost încadrate în clasa a IV-a. (Fig.6.10).

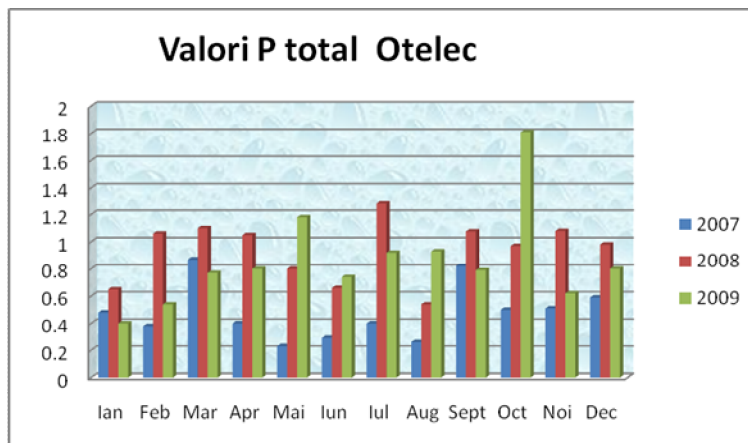


Fig.6.10. Concentrația pentru fosfor total (mgP/l)

Măsurătorile celorlalți indicatori de calitate au relevat variații notabile, încadrând corpul de apă în clase de calitate de la III la V, fapt ce denotă o calitate proastă a canalului Bega după ce acesta părăsește orașul, și acest lucru este explicat de deversările de ape uzate și epurate necorespunzător ce au avut loc de-a lungul canalului.

Procesul de autoepurare este dependent de gradul de diluție al apelor poluate, în acest caz gradul de diluție a fost ridicat în urma aportului dat de debitul de viitură. Într-un studiu al Institutului de Cercetare al Apei și al Atmosferei (NIWA) din Noua Zeelandă, se observă rezultatele analizei concentrației de nitrați care sunt introduși odată cu debitul intrat în zona umedă Okaro. Efectul de diluție este reprezentat în fig. 6.11., unde se poate observa diferența dintre concentrația la începutul furtunii și după trecerea undei de viitură. [96]

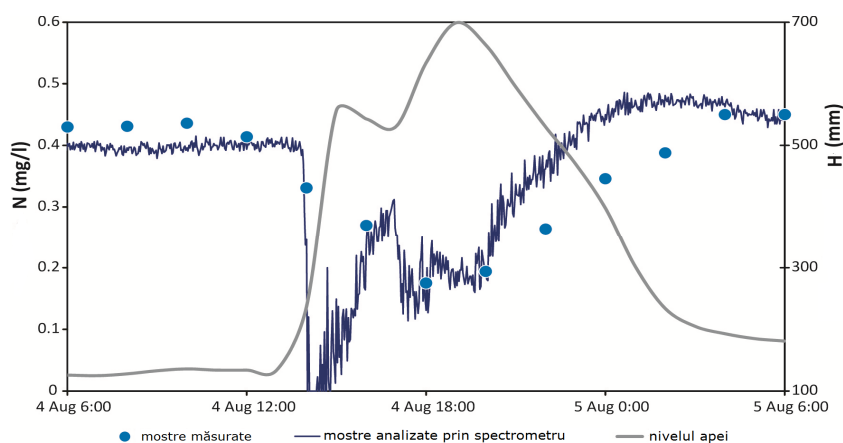


Fig. 6.11. Variația nitraților măsurată în zona umedă Okaro [96]

Datorită procesului de diluție prin introducerea unui volum mare de apă din amonte se poate considera o ușoară îmbunătățire a calității apelor din punctul de

vedere al concentrației poluanților, însă cu o poluare continuă care depășește calitatea de autoepurare naturală a cursului de apă, nu se pot lua în considerare undele de viitură decât ca surse de poluare deoarece antrenează poluanții depuși sub formă de sedimente și transportă în aval și prin revărsare pe terenurile adiacente, contribuie la poluarea zonei inundate.

Prin reducerea surselor de poluare continue există posibilitatea îmbunătățirii calității apelor de suprafață, prin favorizarea proceselor de autoepurare.

6.3. Impactul asupra vegetației și faunei

Impactul asupra vegetației este strâns legat de circulația apei și nutrienților, condițiile esențiale pentru modificarea numărului populațiilor de pești, nevertebrate și alge. Calitatea de autoepurare a apelor este strâns legată de factorii de mediu, subliniez aici importanța vitezei apei pentru introducerea oxigenului dizolvat necesar respirației faunei și florei acvatice.

Procesul de autoepurare este complex și implică acțiunea comună sau succesivă a factorilor fizici, chimici și biologici în strânsă relație cu timpul de impurificare. [32].

Efectul intrării undei de viitură duce în multe cazuri la succesiunea ecologică secundară. Succesiunea ecologică este un proces ireversibil de trecere a unui ecosistem prin mai multe stadii de evoluție ca urmare a interacțiunilor dintre biocenoză și biotop.

Succesiunea secundară apare în urma introducerii unui factor perturbator care modifică o parte din factorii abiotici necesari proceselor de dezvoltare a biocenozei: temperatura, cantitatea de nutrienți, nivelul și calitatea apei.

Atunci când un debit mai mare decât cel normal intră în sistem, aduce cu el cantități diferite de suspensii încărcate cu materie organică și poluanți care schimbă calitatea apei și conduce la dispariția unor specii sau proliferarea altora.

Creșterile de nivel sezoniere ale râului și calitatea apei influențează calitatea și cantitatea fitoplanctonului și macrozoobentosului prezent în apele de suprafață. Fitoplanctonul, producătorul aflat la baza lanțului trofic acvatic, este dependent de procesul de fotosinteză, de aceea are nevoie de lumină pentru a obține energie și trăiește în stratul superior al corpurilor de apă. Principala sursă de hrană o constituie mineralele: nitrați și fosfați.

După o perioadă de inundații, bilanțul nutrienților este modificat, acest lucru poate fi observat în diferențele de biomasă și în rândul familiilor prezente în cursul de apă [40].

Probele pentru măsurătorile biologice în cadrul studiului secțiunilor râurilor Bega și Bega Veche au fost colectate cu recipiente din plastic de 1 litru și conservate cu Lugol, fitoplanctonul a fost numărat cu ajutorul lamelelor Burker-Turk pentru a calcula densitatea speciilor. [39] Macrozoobentosul a fost colectat cu draga Ponar și conservat cu o soluție de 4% formaldehidă. Probele conținând macrozoobentos au fost procesate cu un microscop și un stereomicroscop.

Pentru a determina starea ecologică a corpului de apă pe baza caracteristicilor fitoplanctonului și a macrozoobentosului a fost folosită metoda Pantle–Buck, prin care se face o clasificare a gradului de impurificare a apelor cu materii organice biodegradabile după sistemul saprobilor. În funcție de gradul de saprobitate, indicatorilor biologici li se atribuie câte o valoare numerică (s) care,

Împreună cu alți parametri, servește la clasificarea corpurilor de apă în cele 5 clase de calitate stabilite de Ord.1146/2002:

- A1 - foarte bună;
- A2 - bună;
- A3 - moderată;
- A4 - satisfăcătoare;
- A5 - nesatisfăcătoare.

Inundațiile din aprilie 2005, cauzate de precipitații mari căzute în partea superioară a bazinului, au condus la dereglări ale bilanțului nutrienților și a încărcării apei cu aluviuni și resturi transportate din amonte. Acest lucru a cauzat schimbări în populațiile de macrozoobentos și fitoplancton.

Speciile descoperite în amonte de Timișoara și Otelec sunt dominante în diatomee ca: *Diatoma sp*, *Synedra sp*, *Navicula sp*, *Fragilaria sp*, *Rhoicosphaeria sp*, *Gyrosigma sp*, *Cymatopleura sp*, *amphora sp*. (Anexa)

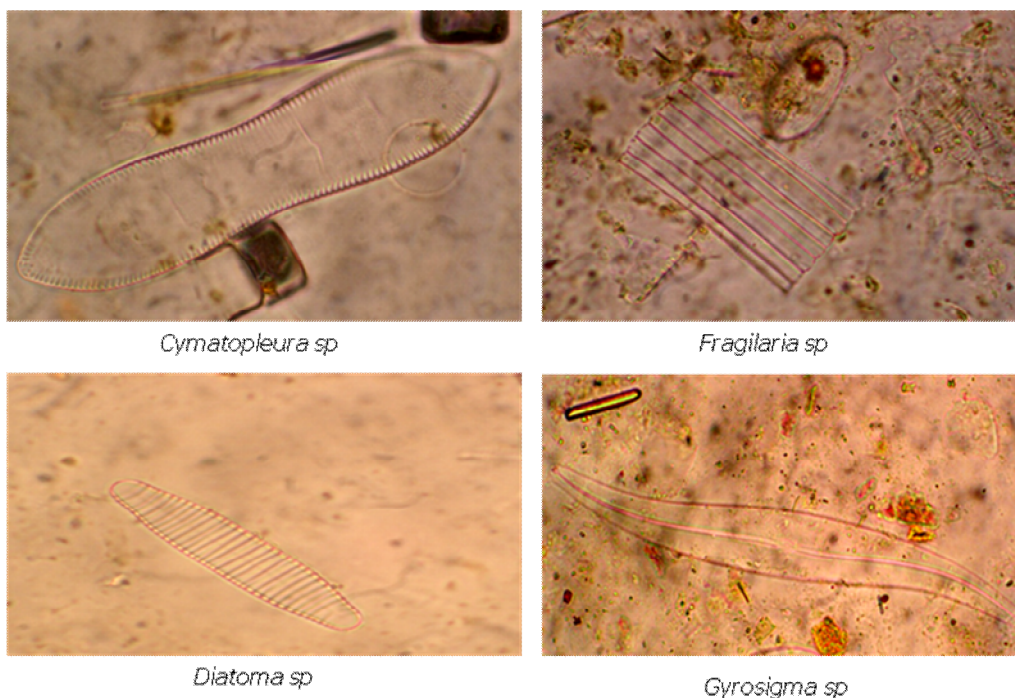


Fig. 6.12. Specii de fitoplancton din apele analizate

Variațiile debitelor și a surselor de apă sunt factori majori care afectează densitatea de fitoplancton și de biomasă. Fitoplanctonul are biomasă scăzută atunci când debitul râului este mare, dar crește rapid odată cu scăderea nivelului apei, sugerând faptul că durata de timp în care lunca este inundată de revărsarea râului nu este la fel de importantă ca procesul de drenaj care afectează câmpia inundabilă [55].

Procesul de autoepurare constă în transformarea apei poluate prin schimbarea proprietăților fizice și îndepărtarea substanțelor chimice nedorite și a

organismelor, prin urmare, obținerea de apă curată. Acest lucru se face în mod natural, de către microorganisme, alge și de alți factori, cum ar fi reacții de diluție, absorbția sau reacțiile chimice, fără influențe antropice.

În următoare campanie de recoltare a probelor după inundații s-au făcut măsurători biologice și chimice în lunile septembrie și noiembrie din secțiunile: amonte Timișoara și Otelec.

Viteza apei a fost de 3 m/s la Luncani, în zona de munte, descrescând până la intrarea în Timișoara unde a ajuns la 0,50 m/s și a crescut din nou până la 1,25 m/s la Otelec.

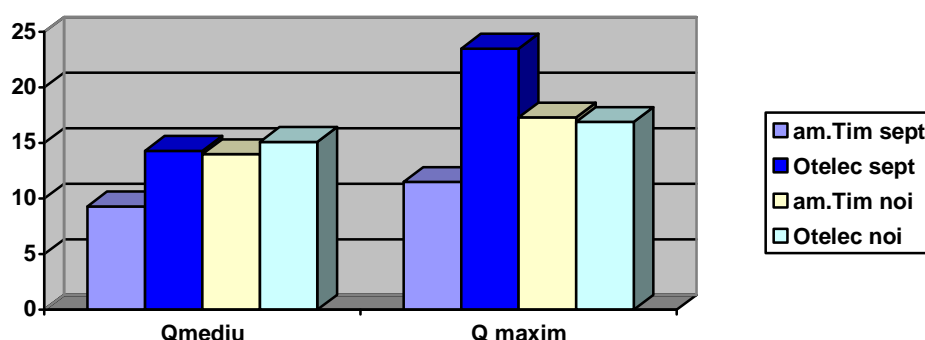


Fig. 6.13. Variația debitelor în secțiunile Otelec și amonte Timișoara

În urma inundațiilor din aprilie 2005 au fost distruse ecosisteme acvatice și habitatele, acestea afectând de asemenea densitatea indivizilor și speciile. În timpul inundațiilor, pe tronsonul cuprins între Timișoara și Otelec, unde este înregistrată o poluare punctuală la deversarea apelor uzate menajere și industriale, neepurate sau epurate necorespunzător, a avut loc un amestec al apelor, astfel realizându-se o „epurare naturală” a apei. Deoarece sursele de poluare sunt continue, după perioada de retragere a apelor, vegetația a revenit la condițiile inițiale.

Această etapă este una importantă, cu efecte benefice din punct de vedere chimic prin diluția poluanților, dar și efecte adverse prin creșterea turbidității apelor, proces ce împiedică fotosinteza, esențială biodiversității acvatice.

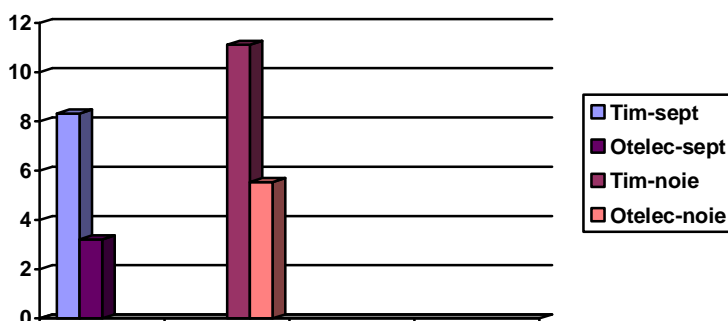


Fig. 6.14. Oxigenul dizolvat (mg/l)

Debitele maxime întâlnite la amonte Timișoara sunt relativ egale în luna noiembrie la ambele secțiuni, diferența mare fiind în luna septembrie, cu un debit maxim de 23,5 m³/s și cu o viteză de 0,66 m/s la Otelec față de 11,5 m³/s la amonte Timișoara și 0,4 m/s viteza.

Din punct de vedere hidrologic există variații ale cursului râului în funcție de sursele de alimentare ale acestuia, dar și de folosințele pe care le deservește acesta, toate ducând la modificarea indicatorilor după care este stabilită clasa de calitate.

Cursul râului Bega pornește de la izvoare cu clasa I de calitate a apei, cu un grad redus de poluare și o capacitate mare de autoepurare în zonele deluroase.

Treptat, datorită impactului antropic are loc deprecierea calitativă a apei, astfel că în secțiunea amonte Timișoara apa se încadrează frecvent în clasa a II-a de calitate, iar până la Otelec ajunge chiar la clasa a V-a la unii indicatori.

Diferența cantității de oxigen dizolvat din secțiunea Otelec și amonte de Timișoara, conduce la scăderea activității microorganismelor acvatice. De asemenea, se observă o variație a oxigenului condiționată de temperatură, în sezonul cald se găsește în apă în cantități mai mici, iar în sezonul rece în cantități mai mari.

Tabel 6.2. Campaniile ABAB de măsurare a indicatorilor chimici și biologici

	Amonte Timișoara	Otelec
Densitate fitoplancton	15 septembrie 320.000 expl/l 11 noiembrie 240.000 expl/l	19 septembrie 270.000 expl/l 04 noiembrie 210.000 expl/l
Densitate macrozoobentos	15 septembrie 640expl/mp	19 noiembrie 78 expl/mp
Debit maxim	43.5 m³/s 19 aprilie	54.0 m³/s 21 aprilie
Viteza apei	Medie 0.435 m/s Max 0.500 m/s 19 aprilie	Medie 0.320 m/s Max 1.25 m/s 21 aprilie

Plantele clorofiliene au un rol foarte important în procesul de autoepurare a apelor, activitatea biologică și bacteriană din mediul acvatic fiind influențată de indicatorii chimici și fizici. Indicatorii biologici analizați în secțiunile amonte Timișoara și Otelec sunt macrozoobentosul și fitoplanctonul.

În secțiunea amonte Timișoara fitoplanctonul este constituit în majoritate de diatomee, dominante sunt genurile *Diatoma sp*, *Synedra sp*, *Navicula sp*, *Fragilaria sp*, *Rhoicosphaenia sp*, *Gyrosigma sp*, *Cymatopleura sp*, *Amphora sp*. Calcularea saprobității prin metoda Pantle-Buck încadrează apa din această secțiune în clasa a II-a de calitate atât în luna septembrie cât și în luna noiembrie.

O diferență între aceste 2 luni se poate observa la densitatea indivizilor, care scade de la 320.000 exemplar/l în luna septembrie la 240.000 de exemplar/l în luna noiembrie.

Prezența nevertebratele acvatice arată o stare ecologică bună a apei, predominând speciile din familiile *Oligochaeta* și *Gastropoda*, cu o densitate de 640 exemplar/mp.

La Otelec densitatea speciilor de fitoplancton a fost de 270.000 exemplar/l în luna septembrie și 210.000 exemplar/l în luna noiembrie. Apa tinde spre o stare ecologică proastă din cauza speciilor alfa și polisaprobe. Numărul speciilor de fitoplancton este relativ redus, speciile făcând parte din grupele *Bacillariophyta*, *Chlorophyta* și *Euglenophyta*.

Macronevertebratele se găsesc într-un număr destul de mic, 78 exemplar/mp, de asemenea și numărul speciilor este relativ scăzut, fiind întâlnite frecvent grupele *Gasteropoda*, *Oligochaeta*, *Diptera*.

S-au comparat valorile obținute în urma măsurătorilor cu cele din anii precedenți și s-au observat diferențe în numărul indivizilor din speciile de fitoplancton și macrozoobentos, însă în condiții normale de scurgere a cursului de apă, după inundații, când viteza apei scade și sunt depuse materiile solide aflate în suspensie, capacitatea de autoepurare a apei este amplificată și ecosistemul își recapătă echilibrul.

Tabel 6.3. Macrozoobentos

Pișchia	Campania 1		Campania 2		Campania 3	
	2009	2010	2009	2010	2009	2010
Densitate (expl/l)	311	-	-	622	237	1.010
Indice Saprob	2,3	-	-	2,04	2,16	2,01

Cenei	Campania 1		Campania 2		Campania 3	
	2009	2010	2009	2010	2009	2010
Densitate (expl/l)	118	1.137	136	688	1.926	406
Indice Saprob	2,29	2,46	2	2,6	2,25	2,26

În ceea ce privește situația la cele 2 puncte de măsurare pe Bega Veche au fost analizați anii 2009 (an secetos) și 2010 (an ploios), și comparați cu râul Bega, unde s-au găsit valori medii variabile, însă cu diferențe mici între campanii, acest lucru denotă o relație strânsă între sursa de apă și cantitatea de fitoplancton ca fiind condiționată de calitatea apei.

Tabel 6.4. Fitoplancton

Pișchia	Campania 1		Campania 2		Campania 3	
	2009	2010	2009	2010	2009	2010
Densitate (expl/l)	87.800	1.133	-	1.009	97.500	1.007
Indice Saprob	2,25	2,17	-	2,31	2,1	2,06

Cenei	Campania 1		Campania 2		Campania 3	
	2009	2010	2009	2010	2009	2010

Densitate (expl/l)	147.500	988	140.000	1.235	90.000	1.196
Indice Saprob	2,31	2,2	2,33	2,25	2,32	2

În paralel au fost studiate condițiile din acumulare și mlaștinile Murani, în perioada 2007–2008, pentru a evidenția o legătură între perioadele ploioase și calitatea apei din acumulare, constatând diferențe mici de pH în cei 3 ani analizați, și variații sezoniere ale indicatorilor de calitate, cel mai important a fost evidențiat oxigenul dizolvat, responsabil pentru procesele biologice desfășurate la nivelul acumulării și mlaștinilor.

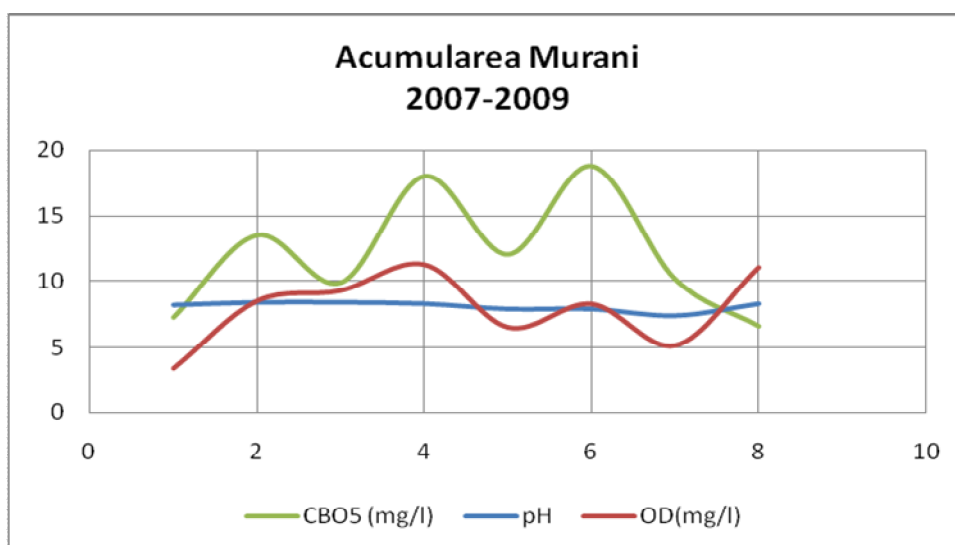


Fig.6.15. Variația indicatorilor de calitate în acumulare Murani

Tabel 6.5. Situația calității apei în acumulare Murani

Murani	2007				2008			2009
	IV	VI	IX	XI	V	VI	XII	IV
T (°C)	9	22	13	8	25	24	24	11
pH	8,2	8,4	-	8,3	7,9	7,9	7,4	8,3
OD(mg/l)	3,36	8,46	9,24	11,2	6,47	8,22	5,11	11
N _{tot} (mg/l)	0,157	0,286	0,263	0,072	0,816	0,5	0,163	0,221
P _{tot} (mg/l)	0,062	0,227	0,254	0,121	0,064	0,1	0,232	0,077
CBO ₅ (mg/l)	7,28	13,49	9,88	17,98	12,03	18,75	10,15	6,62

CCOMn/O2 (mg/l)	10,55	16	10,46	12,8	16	17,92	12,4	13,19
Densitate (1000expl/l)	100,62	468,75	700	710	340	550	520	530
Biomasa fitoplancton (mg/l)	4,21	5,12	6,25	4,92	3,94	6,4	5,53	5,57

În ceea ce privește analiza speciilor de plante întâlnite pe malurile cursului de apă, au fost observate vizual speciile de macrofite. Termenul de macrofite se referă la plantele acvatice superioare, ce pot fi observate cu ochiul liber, și includ atât plante plutitoare, cât și plante emerse și submerse.

Macrofitele sunt prezente în orice apă dulce, naturală sau amenajată. Ocupă predominant zonele puțin adânci, din apropierea malurilor, iar importanța lor în funcționarea ecosistemului scade odată cu creșterea mărimii corpului de apă.

Plantele acvatice pot fi indicatori eficienți, contribuie la îmbunătățirea calității apei ca urmare a capacității ridicate de a absorbi excesul de nutrienți disponibili (fosfor, azot).

Plantele acvatice influențează parametrii mediului fizic, mai ales gradul de penetrare al luminii prin coloana de apă, temperatura apei, viteza de curgere și natura substratului. Gradientul vertical al temperaturii în zonele cu vegetație acvatică scade cu 10°C/m, comparativ cu mai puțin de 0,2°C/m în zonele lipsite de vegetație.

Plantele au un efect pozitiv asupra clarității apei prin reducerea mișcărilor apei, favorizarea ratei de sedimentare și asigurarea unui habitat pentru macro-nevertebrate (larve de insecte, insecte acvatice, moluște) și crustacee, care se hrănesc cu fitoplancton și epifite.

Asociațiile de plante acvatice atrag o populație piscicolă diversificată, prin modificarea abundenței și a compoziției zooplanctonului și a macro-nevertebratelor, prin creșterea succesului reproductiv a unor specii de pești răpitori care le utilizează ca habitat și loc de depunere a icrelor.

De obicei, există o relație invers proporțională între abundența vegetației submerse și cea a biomasei fitoplanctonului, datorită competiției pentru nutrienți. Astfel că unele specii de pești vor fi favorizate de creșterea ponderii plantelor acvatice, pe când speciile care se hrănesc predominant cu fitoplancton vor fi afectate.

Macrofitele predominante întâlnite pe Bega Veche sunt: *Butomus umbellatus*, *Ceratophyllum demersum*, *Ceratophyllum submersum*, *Cirsium palustre*, *Hydrocharis morsus ranae*, *Lathyrus palustris*, *Lemna minor*, *Lemna gibba*, *Phragmites australis*, *Polygonum lapathyfolium*, *Potamogeton natans*, *Potamogeton nodosus*, *Sagittaria sagittifolia*, *Thypha latifolia*, *Achillea millefolium*, *Daucus carota*, *Alge filamentoase*, *Salvinia natans*, *Mentha aquatica*, *Daucus carota*, *Equisetum palustre*.



Fig.6.17. Macrofite a): *Sagittaria sagittifolia*, b): *Butomus umbellatus*, c): *Lemna minor*, *Lemna gibba*, d): *Lythrum salicaria*

7. STUDIU DE CAZ: SPAȚIUL HIDROGRAFIC TIMIȘ - BEGA

7.1. Cadrul natural

Spațiul hidrografic Timiș - Bega este situat în spațiul geografic Banat, fiind alcătuit din două bazine hidrografice legate între ele prin conexiuni hidrotehnice. Râul Bega izvorăște din Munții Poiana Ruscă la altitudinea de 890 m de sub Vârful Padeș, iar suprafața bazinului de recepție de 4470 km² are o orientare generală E-V. Lungimea cursului de apă este de 170 km. Lungimea rețelei hidrografice din bazinul hidrografic Bega este de 1418 km, densitatea fiind de 0.32 km/km². Bega se varsă pe teritoriul Serbiei în râul Tisa.

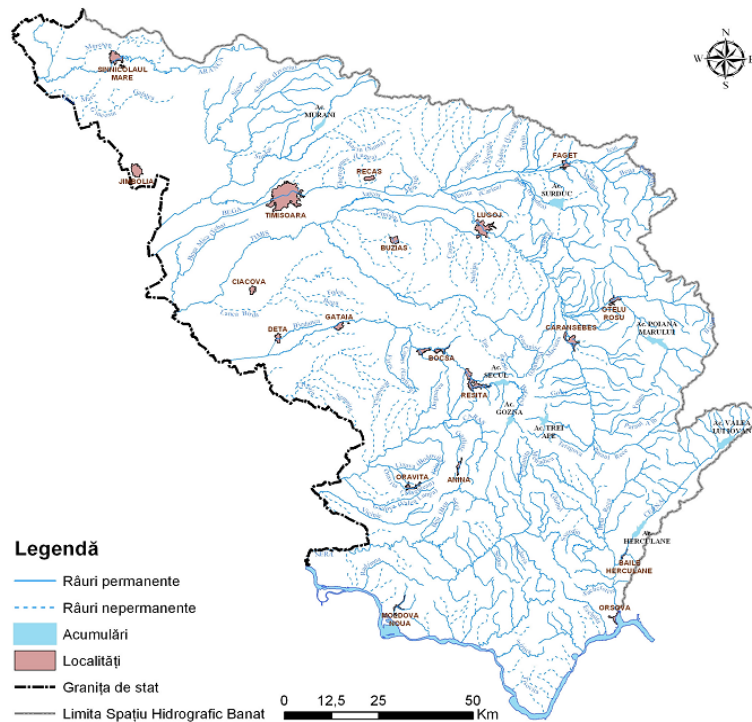


Fig. 7.1. Sistemul hidrografic al Banatului

În cadrul Bazinului Hidrografic Bega au fost realizate 15 lacuri de acumulare, însumând un volum total de 61.09 mil.mc, din care 25.99 mil.mc volum util. Din cele 15 lacuri de acumulare existente, 6 sunt permanente, dispunând de un volum total de 53.32 mil.mc, din care 25.99 mil.mc volum util (Surduc, Topolovăț, Șuștra,

Ianova, Giarmata, Dumbrăvița), având ca scop folosințe complexe de gospodărire a apelor, atenuarea undelor de viitură, piscicultura sau irigații; 9 acumulări sunt nepermanente, însumând un volum total de 7.77 mil.mc, destinate atenuării undelor de viitură (Secaș I, II și III, Coșari I și II, Repas, Hodoș, Iosifălău și Recaș).

Tabel.7.1.Characteristici hidrologice ale râului Bega Veche

Nr.crt	Raul	Statia hidrometrica	Lungimea tronsonului raului	Suprafata	Altitudine	Debit mediu multian.	Debitul lunar cu asigurarea			Qm/QM
			(km)	(km ²)	(mdM)	(m ³ /s)	80%	90%	95%	
BH BEGA										
1.	Bega Veche	Pischia	44,0	265	188	0,437	0,010	0,004	0,001	-
2.	Bega Veche	Cenei	100,0	1592	126	2,68	0,250	0,130	0,620	1/588

Bega Veche reprezintă de fapt un vechi traseu al râului Bega și este practic o continuare a pârâului Beregsău, care pe o lungime de 107 km drenează o suprafață de 2108 km². Scurgerea medie multianuală variază cu altitudinea și are valori cuprinse între 2 și 18 l/s/km². [74]

Relieful spațiului hidrografic Banat este variat. Câmpia Banatului reprezintă aproape jumătate din câmpia vestică, zona studiată se află situată în câmpia Vingăi, o câmpie înaltă, încadrată la V de Dealurile Lipovei și la S de Mureș. Cea mai veche și mai înaltă câmpie mureșeană, Câmpia Vingăi este o câmpie piemontană terasată cu înclinare generală (cca. 2.2 ‰) de la E către V, cu o formă de evantai în patru trepte, deschis spre SV și cu punct de inserție la Lipova. Cele mai mari altitudini se găsesc în partea central estică a câmpiei, Dealul Luda Bara (E de Seceani) ridicându-se la 190.7 m, precum și la contactul cu Dealurile Lipovei, unde acestea ajung la 200-210 m. Cele mai mici altitudini se află în partea S-V, zona localității Biled, unde suprafața Câmpiei Vingăi coboară până la cote de cca. 90 m, astfel că, tranziția către Câmpia Jimboliei devine puțin perceptibilă.

În partea nordică se întinde lunca Mureșului, pe ea întâlnindu-se unele grinduri vechi, echivalente terasei de luncă de 2-3 m altitudine relativă și câteva conuri de dejecție. În partea vestică a teritoriului, între luncă și câmpia piemontană propriu-zisă, se găsesc câteva suprafețe de teren aparținând terasei de 4-5 m alt. relativă. Pe suprafața câmpiei propriu-zise, mai ales în partea sa N-V, este foarte răspândit microrelieful de crovuri, ca și cel al văilor de sufoziune și țasare. Cea mai mare parte a suprafeței câmpiei este drenată de o rețea de văi cu orientare generală NE-SV.

Câmpia Vingăi a fost construită de către râul Mureș prin depunerea succesivă de conuri aluviale spre V. Văile care se drenează spre Mureș sunt scurte, în vreme ce toate celelalte sunt colectate de Beregsău (Bega Veche), au fundul plat, sunt largi și seacă vara. Este acoperită cu pietrișuri și nisipuri fluviatile în E și depozite loessoide în V. În lunca Mureșului și pe văile ce izvorăsc din Dealurile Lipovei, cum sunt Șiștarovățul, Beregsăul, Gheriamoșul și altele mai mici, predomină depozitele aluviale cu textură nisipoasă până la argiloasă, iar pe șesul văilor, ce își au originea în interiorul câmpiei, se găsesc depozite proluvio-coluviale lutoargiloase-argiloase. [62]

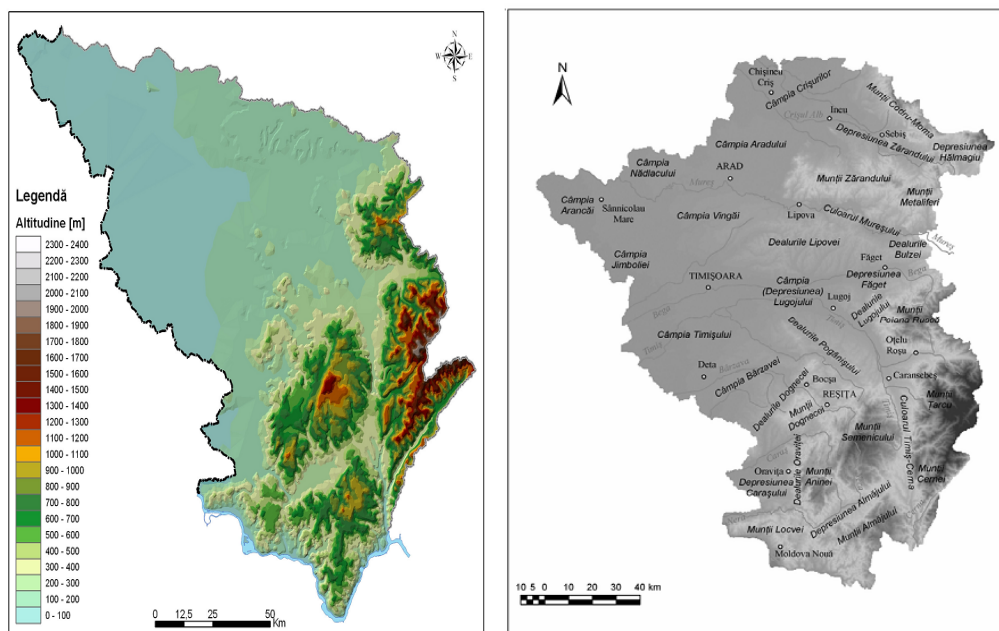


Fig.7.2. Unitățile de relief ale Banatului

În ceea ce privește apele freatice, în cea mai mare parte a teritoriului ele se află la mai mult de 5-10 m adâncime, astfel că nu influențează formarea solurilor. Interesează mai ales arealele unde prezența apelor freatice este aproape de suprafață. Totuși, prezența în partea N-V a câmpiei a unui teritoriu mai puțin fragmentat și a unor orizonturi de soluri fosile cu textură fină, puțin permeabile, cauzează formarea unui strat acvifer cu nivel hidrostatic la adâncimi cuprinse între 1 și 5 m. În lunca Mureșului, în funcție de microrelieful acesteia, stratul acvifer freatic se găsește la mai puțin de 3-4 m adâncime, iar pe șesul văilor afluențe Begăi și Beregsăului, apele freatice sunt adesea mai sus de 1 m adâncime, ceea ce determină apariția a numeroase areale înmlăștinite.

Din punct de vedere al florei spațiului cercetat face parte din districtul Câmpia Banatului, context în care trebuie evidențiată importanța pe care o au speciile lemnoase sud-europene prin specii precum: *Quercus cerris* (cer), *Q. Frainetto* (gârniță), *Q. Pubescens* (stejar pufos), *Tillia tomentosa* (tei), *Fraxinus ornus* (mojdrean), *Cornus mas* (corn). Acestea se asociază formând biocenoză ce adăpostesc un număr remarcabil de specii ierboase termofile.

Pădurea este bine reprezentată în NE și SV de localitatea Pișchia, pe malul drept al pârului Băcin, între Bencecu de Jos și Sălcua Nouă, la N și NE acestei localități, în restul teritoriului apărând sub formă de pâcuri răzlețe. În general, pădurile sunt alcătuite din specii precum: *Quercus petraea* (stejar), *Q. Pubescens*, *Q. cerris*, *Q. Frainetto* (gârniță), *Carpinus betulus* (carpen), *Fraxinus ornus* (mojdrean). Vegetația teritoriului este puternic influențată de activitatea antropică îndelungată, care a condus la înlocuirea pe spații largi a vegetației naturale cu vegetație secundară de culturi și pajiști exploatate ca fânețe și pășuni.

Pe terenurile improprie pentru agricultură se mai păstrează frânturi din vegetația naturală sub formă de pâlcuri de *Prunus spinosa* (porumbar), *Crataegus manogyna* (păducel), *Rosa canina* (măceș), *Rubus caesius* (rug) sau fragmente de pajiști cu *Cynodon dactylon* (pir gros), *Poa pratensis* (firuță), etc.

Fauna protejată este reprezentată, în principal, de *Podiceps cristatus* (corcodel), *Egretta garzetta* (egreta mică), *Cyrus aeruginosus* (herete de stof) și *C. Cyaneus* (herete vânăt).

7.2. Istoricul regiunii și evoluția în timp

Câmpia de V a țării este o zonă caracteristică de inundație datorită unui ansamblu de condiții naturale nefavorabile: lipsa unui drenaj natural cauzată de panta foarte mică, apa freatică superficială și textura grea a solurilor, la care se adaugă regimul torențial al apelor ce deșează din Carpații Apuseni. Densitatea cursurilor de apă, albiile sinuoase, curgerea lentă a apei în zonele de câmpie, ploile frecvente și ninsorile abundente din zonele montane limitrofe care formau bazinul de colectare al râurilor conduc la revărsarea frecventă a apelor și să inundarea unor suprafețe mari de teren.

De-a lungul timpului, datorită inundațiilor, râurile au transformat Câmpia Banatului în terenuri mlăștinoase, ceea ce o făcea prielnică păsărilor acvatice, asigurând hrana și loc de cuibărit. Mlaștinile s-au extins în mod special în timpul stăpânirii otomane, când războaiele repetate și indiferența guvernatorilor provinciei au contribuit în mare măsură la extinderea acestor zone neproductive.

Conform hărții Banatului executată între anii 1723–1725, la începutul secolului al XVIII-lea, pe teritoriul Banatului existau 4 mlaștini mari: la N de Bega, între Timișoara și Becicherecul Mare, se găseau Mlaștina Uscată (Trockener Morast) și Mlaștina Adâncă (Morast welcher nicht durch kommen ist); la S de Timiș, între Dolaț și Vârșeț se extindeau alte 2 mlaștini: cea de la Ilandza (Ilancaer Morast) și cea de la Alibunar (Alibunarer Morast). Pe lângă acestea, au existat terenuri mlăștinoase în apropierea râurilor, în special în perioadele ploioase când mari suprafețe agricole erau acoperite cu apă, îngreunând cultivarea terenurilor.

Astfel de suprafețe înconjurau și orașul Timișoara. Deseori mlaștinile erau alimentate și întreținute și de barajele morilor de apă existente în număr mare pe râul Mureș și pe râurile mai mici. Pe lângă prejudiciile aduse agriculturii, morile de apă reprezentau un mare pericol pentru navigație.

Datorită emanațiilor de metan ale mlaștinilor, calitatea aerului era grav afectată, acesta devenea irespirabil. Despre acest lucru aflăm din scrisorile lui Griselini, care descria aerul din Banat ca fiind „greu, umed, lipsit aproape cu totul de vigoare și spurcat de atâtea mirosuri”, de „emanațiile molipsitoare care se ridicau din atâtea ape împutite”. Aceste schimbări au determinat proliferarea insectelor, în special a muștelor și țânțarilor, strechei, dar și musca de Golumbac (sau musca columbacă) ce provoca moartea animalelor. Conform lui Griselini șesul Banatului era o „mare liniștită și întinsă, înconjurată de înălțimi și dealuri, parcă tulburată de furtună”. [25]

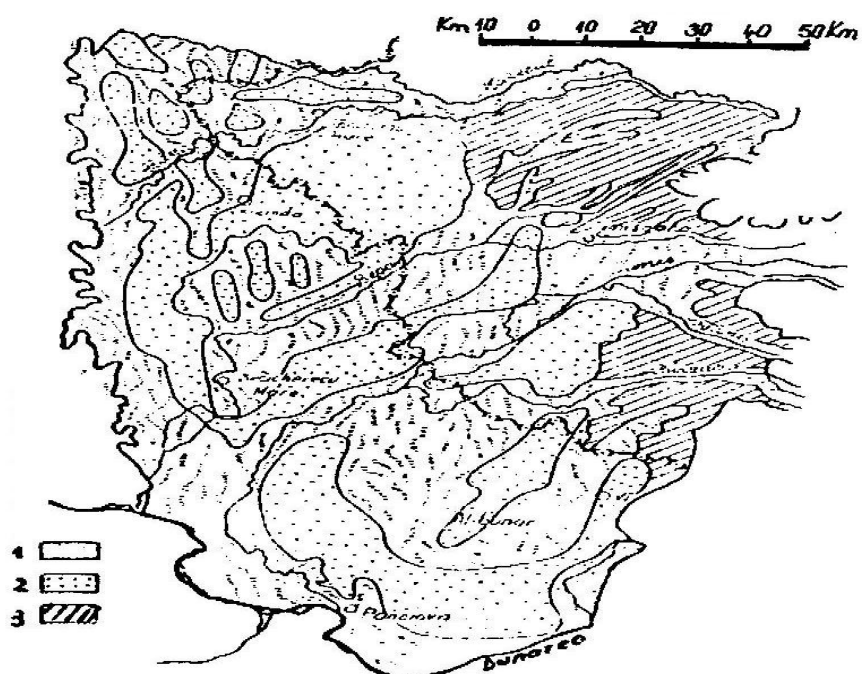


Fig.7.3. Câmpia Banatului, la începutul secolului al XVIII-lea.

Legenda:

1. mlaștini și terenuri frecvent inundate (actual acoperite cu depozite argiloase);
2. câmpie joasă rar inundabilă (actual acoperită cu depozite loessoide);
3. câmpie înaltă neinundabilă.

De la începutul instalării administrației austriece, primul guvernator al Banatului, contele Claudius Mercy descoperă că pentru exploatarea economică a ținutului erau necesare o serie de lucrări de hidroameliorare. Fără aceste lucrări, căile de acces, fortificațiile cetăților, exploatarea solului și chiar viața numeroșilor coloniști din Europa erau serios amenințate.

Prima etapă a lucrărilor de hidroameliorare a început cu desecările și regularizările efectuate în jurul orașului Timișoara. Pentru desecarea mlaștinilor, contele Mercy a dispus săparea unui canal care să contribuie la asanarea terenurilor inundabile din jurul Timișoarei. Astfel, în 1728 a început canalizarea Begheiului.

Begheiul, sau Bega, curgea de la Făget, prin Timișoara și se vărsa la Titel în Tisa. Construcția canalului a început în aval de Făget, prin Răchita, Belinț și Chizătău, până în apropiere de Timișoara, unde au fost deschise 4 canale mai mici, cu ecluze în direcția cartierului Fabric. Pe aceste canale erau aduse, din pădurile munților care despărteau Banatul de Transilvania, cantități importante de lemn pentru industrie și construcții. Canalul continuă până când Begheiul își regăsește vechea albă, în apropiere de Becicherecul Mare. Tot în cartierul Fabric a fost pusă în funcțiune o instalație cu care apele canalului Bega erau ridicate, purificate și transportate prin canale subterane către oraș. Astfel a fost pusă în aplicare instalația

de alimentare cu apă potabilă a orașului, iar prin scurgeri se evacua apa uzată într-un bazin mare.

Pe lângă construirea canalului navigabil, important pentru transportul materialelor de construcții, s-a obținut și desecarea mlaștinilor aflate în zona Belinț.

Au urmat în a doua fază lucrările la extinderea în aval. S-a construit astfel canalul navigabil propriu-zis, pe un traseu complet nou, actuala Bega Veche, cu o lungime totală de 116 km, până la confluența cu Tisa. În noiembrie 1732 circulă primul vapor, până la Pancevo. Din cauza dificultăților de navigare, în specie a numeroaselor praguri de nisip, traseul este abandonat.

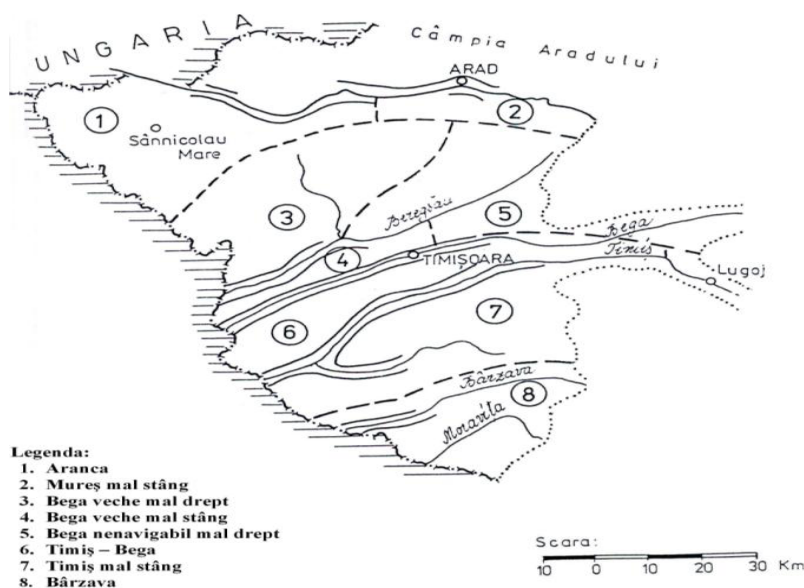


Fig.7.4. Complexurile hidroameliorative din Câmpia Banatului.

În 1739, inginerul Maximilian Fremaut continuă canalizarea intervenind cu diguri pentru regularizarea cursului Begheului. Ca urmare, Timișoara beneficiază enorm de reducerea riscului de inundații, dar mai ales de uscarea mlaștinilor din împrejurimi.

Între 1735 și 1754 se construiește o nouă variantă, mai la S, între Timișoara și Klekk. Noul traseu este mult mai drept și favorabil navigației însă depinde mult de nivelul apei a cărui debit oscilează constant între extreme. Fermaut soluționează această problemă și începe în 1758 construcția în amonte a unui nod hidrotehnic între Topolovăț pe Bega și Coștei pe râul Timiș. Astfel se realizează dubla conexiune Timiș – Bega – Timiș prin realizarea unui canal de alimentare la Coștei pentru suplimentarea debitelor în perioadele secetoase și a unui canal de descărcare la Topolovăț – Hitiaș cu scopul de a devia apele mari la viituri din râul Bega în râul Timiș.

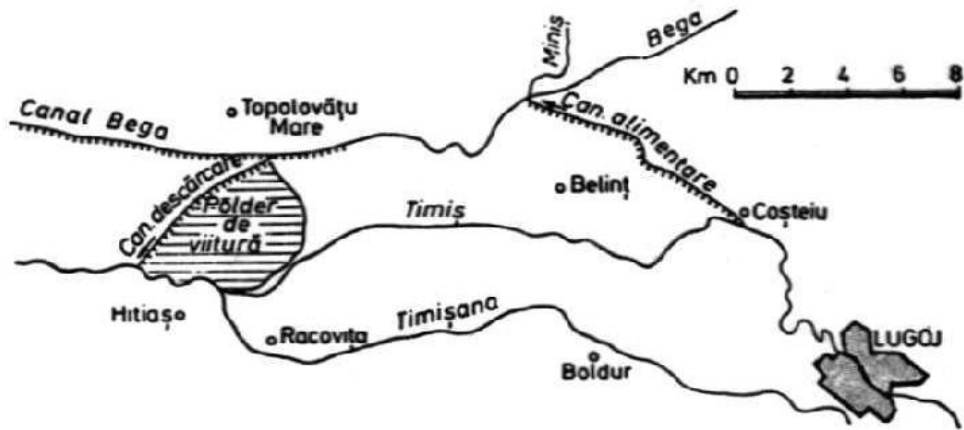


Fig.7.5. Dubla conexiune Timiș – Bega

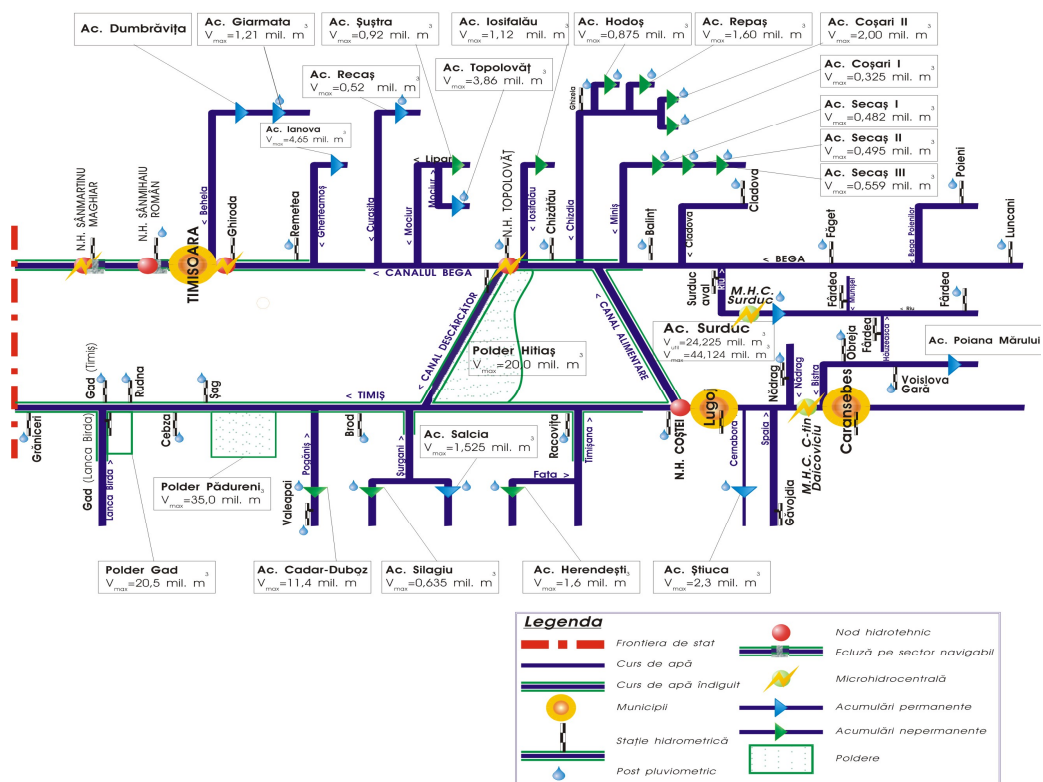


Fig.7.6.Schema sinoptică a conexiunii Timiș – Bega, ABAB

Canalizarea râului Bega a reprezentat o măsură importantă în transformarea Banatului. În peste 200 de ani de eforturi susținute s-a realizat transformarea

ținutului mlăștinos din terenuri inundate în aproximativ 1 milion de ha de teren agricol.

7.3. Starea actuală a zonelor umede din Banat

Din mlaștinile Banatului au mai rămas petece neînsemnate lângă Sânmartinul Sârbesc sau lângă Satchinez. Pe Aranca, Bega Veche și Timiș se mai deosebesc cu greu urmele unor lacuri colmatate sau brațe părăsite.

Mlaștinile Satchinez se alimentează de la numeroasele izvoare care se adună în Valea Ierului, care la Satchinez formează un lanț de bălți, cu ostroave și peninsule, în care crește stuful, alături de specii de plop, salcâm și liane.[87]

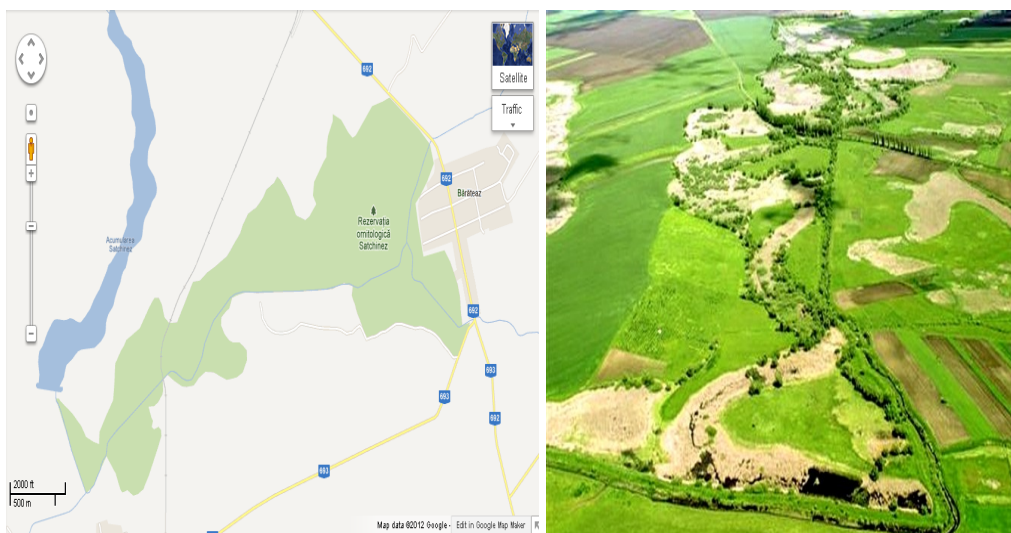


Fig.7.7. Mlaștinile Satchinez

Excesul de umiditate al acestor zone, a fost întreținut permanent prin izvoare de apă arteziană și termală, iar periodic prin precipitațiile tipice de sezon care conduc la revărsările pâraielor. În aceste habitate umede conviețuiesc speciile de floră și faună specifice, printre care colonia mixtă de bătlanii (*Ardeidae*), care a fost declarată monument al naturii, iar zonele mlăștinoase ce o adăposteau, au primit statut de rezervație naturală în 1942.

Mlaștinile Murani. Acumularea Murani este situată pe cursul de apă Măgheruș, amonte de localitatea Murani. Acumularea a fost dată în funcțiune în anul 1971, funcționând cu retenție nepermanentă (cu rol de atenuare a undelor de viitură). Din anul 1980, în urma lucrărilor suplimentare executate, devine cu retenție permanentă.

Acumularea are rol principal de apărare împotriva inundațiilor, acest lucru se realizează prin atenuarea undelor de viitură și regularizarea debitului defluent. Prin tranșa de atenuare a viiturilor, acumularea Murani, ce controlează un bazin de

recepție de 108 km², are un important rol de diminuare a riscului la inundații pentru o parte din obiectivele apărate aferente corpurilor de apă:

- RW5.1.21.2_B2 - Măgheruș (Fibiș, Niarad) – aval de acumulare Murani;
- RW5.1.21_B2 - Bega Veche (Beregsău, Niraj).

Lacul de acumulare Murani susține în mod direct Rezervația Naturală Acumularea Murani și Mlaștinile Murani.

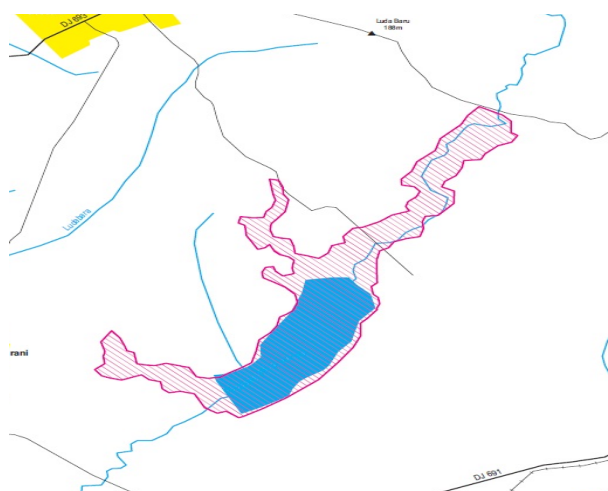


Fig. 7.8. Lacul de acumulare Murani

Alte folosințe ale acestei acumulări sunt piscicultura (în cuveta acumulării) și agrementul (pescuit sportiv, canotaj). Volumul minim de exploatare (0.17 mil.m³) a fost impus de necesitatea respectării condițiilor de salubritate a apei și de inerenta colmatare în timp a cuvetei lacului.

Volumul util de 1.470 mil. m³, asigură necesarul de apă folosinței piscicole din cuveta lacului. Există de asemenea posibilitatea suplimentării debitului Bega Veche, pentru irigarea suprafețelor de teren aval de baraj.

Barajul acumulării Murani este executat din pământ omogen, având lungimea frontului de barare 688 m, înălțimea maximă de la talpă 765 m (6.65m baraj+1.00m fundație) și lățimea coronamentului 5.00 m.

Caracterizarea corpului de apă a fost făcută de către autoritățile în domeniu care au declarat:

- 2007: Chimie: potențial ecologic moderat, biologie: potențial ecologic bun, stare hidromorfologică moderată;
- calitate fizico chimică - clasa III moderată (2005, 2006, 2007);
- calitatea biologică - clasa IV proastă (2005, 2006, 2007).

În anul 2009, a fost inițiat un proces de evacuare treptată a apei din lac, în vederea executării lucrărilor de intervenție la vana de golire și decolmatarea cuvetei lacului, acțiuni ce fac parte din lucrarea de punere în siguranță a barajului și acumulării Murani.[ABAB]

Parcul Natural Lunca Mureșului este o rezervație protejată prin Convenția Ramsar ca zonă umedă de interes internațional, desemnată în 2006, cu o suprafață protejată de 17.166 ha. Conține patru rezervații, trei din ele desemnate prin Legea nr.5/2000 (Pădurea Cenad, Insula Mare Cenad, Insulele Igris), iar una prin HG 2151/2004 (Rezervația Naturală Prundul Mare).

Se întinde de-a lungul râului Mureș, din apropierea municipiului Arad până la ieșirea râului din România, în dreptul localității Cenad, județul Timiș. Este delimitat în general de digurile situate pe ambele maluri ale Mureșului sau de terasele înalte din zona Pecica – Semlac sau Felnac – Sânpetru German.

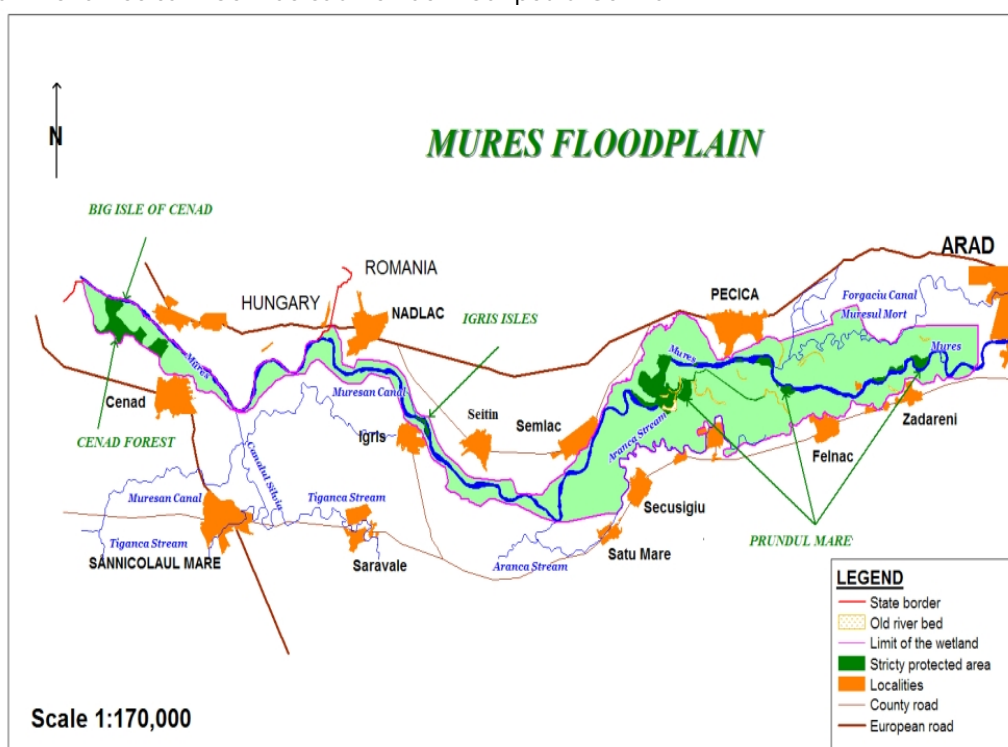


Fig.7.9. Harta Parcului Natural Lunca Mureșului

Râul Mureș ocupă o suprafață de 1247 ha în interiorul ariei protejate și are un debit la Arad de $154 \text{ m}^3/\text{s}$. În acest sector al Mureșului există 52 de insule a căror suprafață însumată este de 149 ha. Cea mai mică dintre ele are suprafața de 0.03 ha, iar cea mai mare de 24.9 ha. Debitul maxim al Mureșului pot ajunge la peste $2000 \text{ m}^3/\text{s}$ ($2150 \text{ m}^3/\text{s}$ la inundația din 1970). Utilizarea lui este însă restricționată de calitatea apelor de capăt de bazin hidrografic, râul concentrând poluanți care îl fac utilizabil numai pentru industrie și agricultură. Totuși, în acest sector, în ultimii ani Râul Mureș și-a îmbunătățit parametrii de calitate [ABAB]. Din punct de vedere al categoriilor de calitate: regim de oxigen (respectiv O_2 dizolvat, CBO_5 , CCOMn și CCO-Cr), grad de mineralizare, indicatorii toxici și speciali (zinc, amoniu, fosfor) și caracterizare generală se încadrează în categoria a II-a de calitate.

7.4. Reconnectarea zonei umede la confluența Apa Mare cu Bega Veche

Conform obiectivelor de mediu impuse de legislația în vigoare, se analizează corpurile de apă în scopul determinării potențialului ecologic, care trebuie să tindă la starea foarte bună a ecosistemelor. În funcție de rezultat se pot aplica măsuri pentru ecologizarea corpurilor de apă, renaturarea sau aplicarea metodelor de reducere a surselor de poluare.

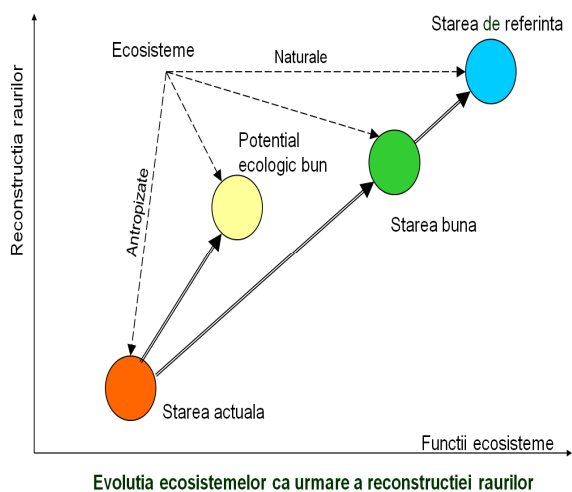


Fig.7.10. Schema de impunere a obiectivului de mediu [ABAB]

Testele de desemnare a potențialului corpurilor de apă constau în realizarea a 7 etape de lucru:

- | | |
|------------------|--|
| Etapa I | Reanalizarea corpurilor de apă; |
| Etapa II | Caracterizarea folosințelor și a mediului; |
| Etapa III | Identificarea măsurilor de restaurare; |
| Etapa IV | Identificarea impactului măsurilor asupra folosințelor și asupra mediului; |
| Etapa V | Identificarea altor îmbunătățiri sau măsuri tehnic fezabile (soluții alternative) care pot fi realizate cu costuri nedisproporționate; |
| Etapa VI | Selectarea măsurilor și justificarea desemnării. |



Fig.7.11. Delimitarea bazinului hidrografic Bega Veche

Zona de studiu este analizată de ABAB, iar conform testului de desemnare, Corpul de apă Bega Veche (Beregsău, Niraj) - am. cf. Valea Dosului + afluenți RW5.1.21_B2 este *Corp de apă Puternic Modificat*, cu un *potențial ecologic bun*.

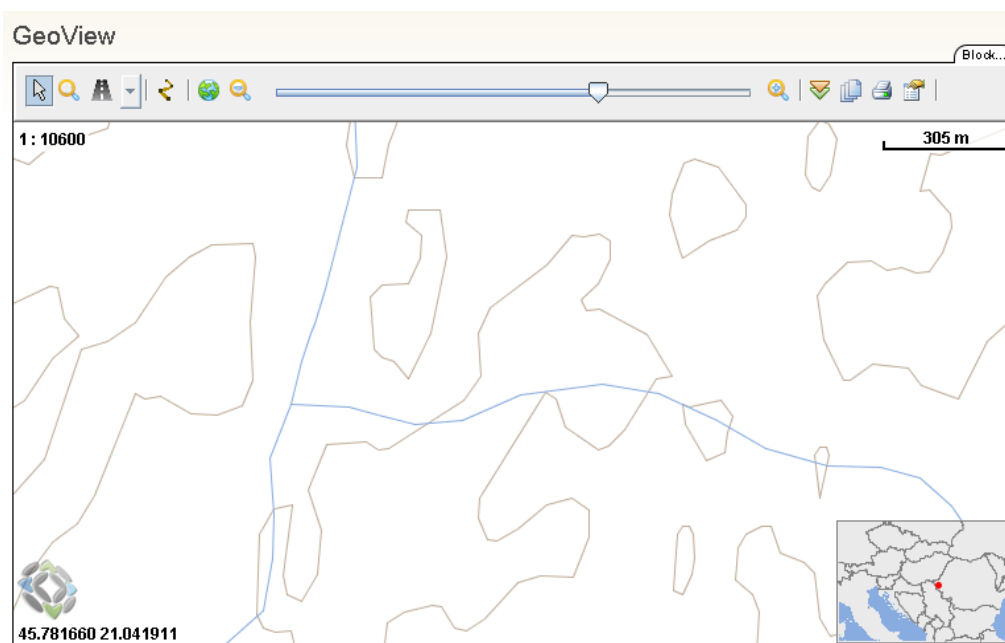


Fig.7.12. Confluența Apa Mare cu Bega Veche

Lucrările propuse pentru realizare în lungul râului, conform datelor ABAB sunt:

- regularizarea cursului de apă Apa Mare (Vâna Ciurei, Apa Neagră) pe o lungime de 24 km, reprezentând 22% din lungimea corpului de apă;
- regularizarea cursului Bega Veche (Beregsău, Niraj) între localitățile Pișchia și Sânaandrei, pe o lungime de 22 km, adică 20% din lungimea corpului de apă;

- **restaurarea zonei umede am. cf. Apa Mare mal drept 40 ha;**
- regularizare Apa Mare (Vâna Ciurei, Apa Neagră) Becicherecu Mic - Beregsău Mare, pe o lungime de 13 km, adică 11% din lungimea corpului de apă;
- regularizare Bega Veche (Beregsău, Niraj) - Săcălaz-frontieră, pe o lungime de 30.3 km, pe 28% din lungimea corpului de apă;
- dig Bega Veche mal stâng și drept, Săcălaz frontieră, pe 30.3 km, fiecare mal adică, 28% din lungimea corpului de apă;
- dig Bega Veche mal stâng Sănandrei, cu o lungime de 3 km, și mal drept, 4 km;
- dig Apa Mare mal drept și mal stâng Becicherecu Mic-Beregsău Mare, L = 12 km fiecare, adică pe 11% din lungimea corpului de apă.



Fig.7.13. Situația în teren Bega Veche, lângă localitatea Beregsău Mare, iulie 2011

Lucrările hidroameliorative în această zonă sunt:

- sistemul de desecare Vinga-Biled (10000 ha);
- sistemul de desecare Săcălaz (5000 ha);
- sistemul de desecare Checea-Jimbolia (5500 ha);
- sistemul de desecare Sănmihai (3000 ha);
- sistemul de desecare Uivar (5500 ha).

Caracterizarea corpului de apă:

- 2007: Stare fizico-chimică bună, potențial ecologic bun, stare hidromorfologică slabă;
- calitate fizico chimică - clasa III moderată (2006, 2007), clasa IV proastă (2005);

- calitatea biologică - clasa III moderată (2005, 2006, 2007);
- zone vulnerabile (Directiva 91/676/EEC) - Comuna Cenei, Giarmata, Peciu Nou, Pișchia, Satchinez, Uivar.

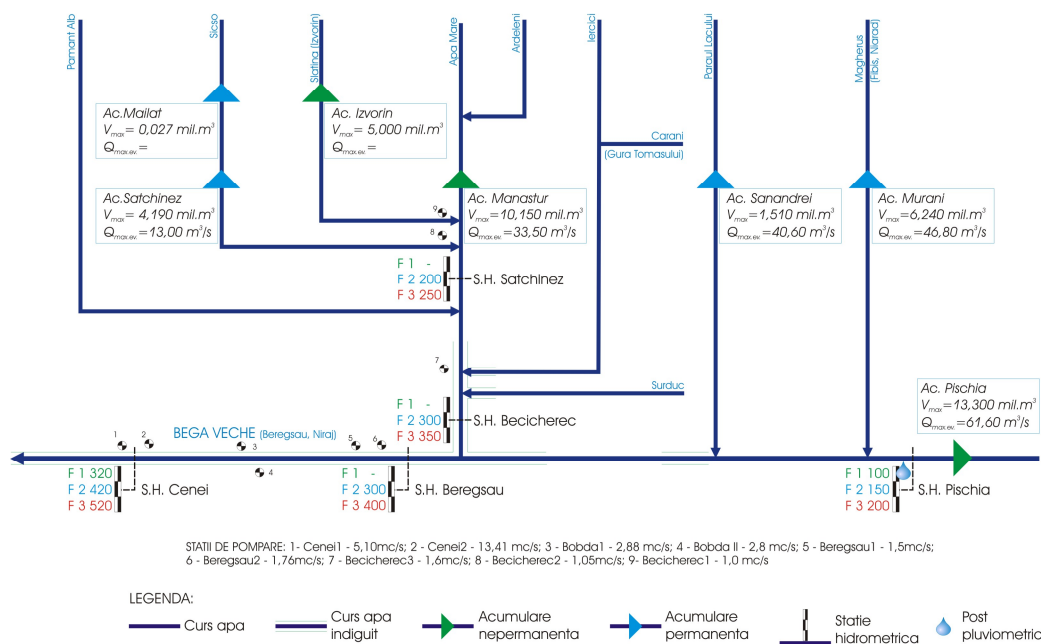


Fig. 7.14. Schema sinoptică a Bazinului hidrografic Bega Veche [ABAB]

Identificarea măsurilor de restaurare necesare pentru a atinge starea bună, a condus cu calculul economic a investițiilor necesare pentru restaurarea zonei umede amonte de confluența Apa Mare mal drept cu o întindere de 40 ha (45.7806°, 21.0453°). După analizarea măsurilor din punct de vedere economic, ABAB a ajuns la valoarea de 915.000 €, reprezentând:

- 1.5 km dig * 450 €/m realocare dig;
- 2 km * 10 mc/m * 2 €/mc canale;
- 40 ha * 5000 €/ha teren.

Efecte semnificativ negative asupra:

- agrementului: suprimarea folosinței;
- combaterea inundațiilor: creșterea riscului la inundații pentru toate obiectivele apărate;
- ecologică: suprimarea folosinței;
- dispariția habitatelor de tip lentic;
- scăderea confortului peisagistic.

Efecte semnificativ pozitive:

- refacerea habitatelor de tip lotic.

Stațiile hidrometrice luate în calcul în aceste studii sunt la Becicherecu Mic, Pișchia și Cenei, și este analizat terenul în care se încadrează cele două cursuri de apă: Bega Veche și Apa Mare.

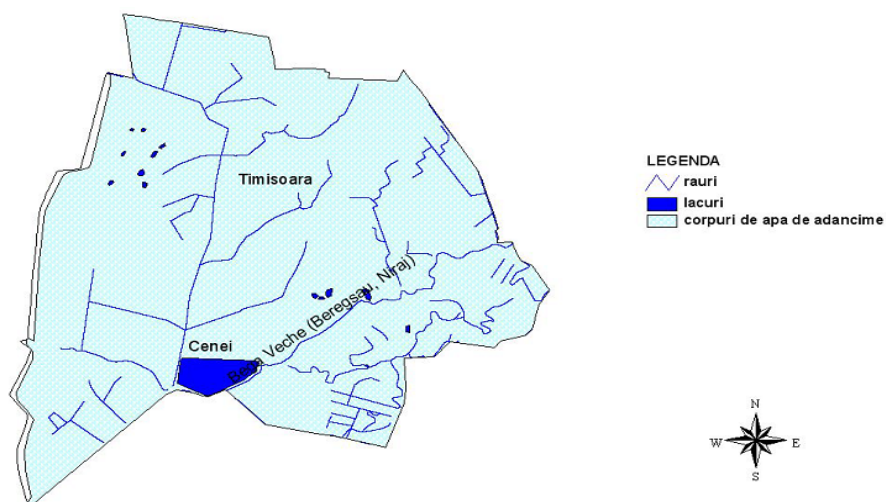


Fig.7.15. Harta corpurilor de apă pe raza localității Cenei, unde se află un post hidrometric de măsurare a debitelor pe Bega Veche [92]

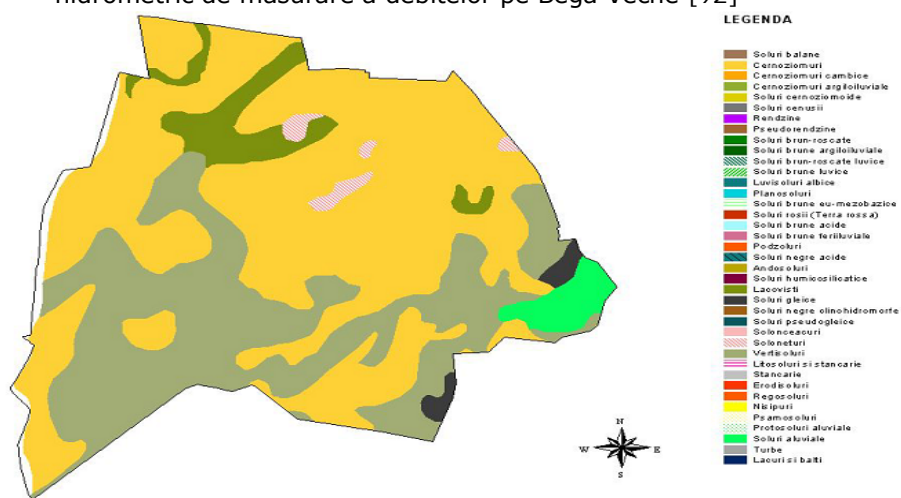


Fig.7.16. Tipurile de sol pe raza localității Cenei [92]

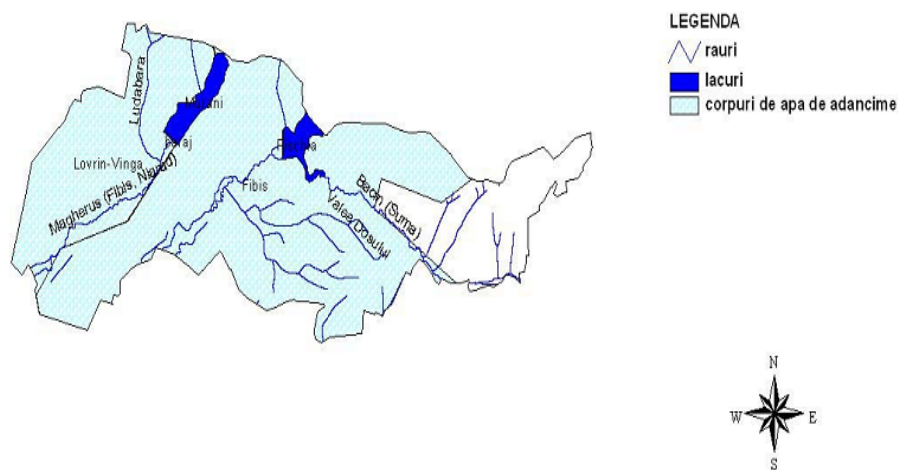


Fig.7.17. Harta corpurilor de apă pe raza localității Pișchia, postul hidrometric pe Bega Veche [92]

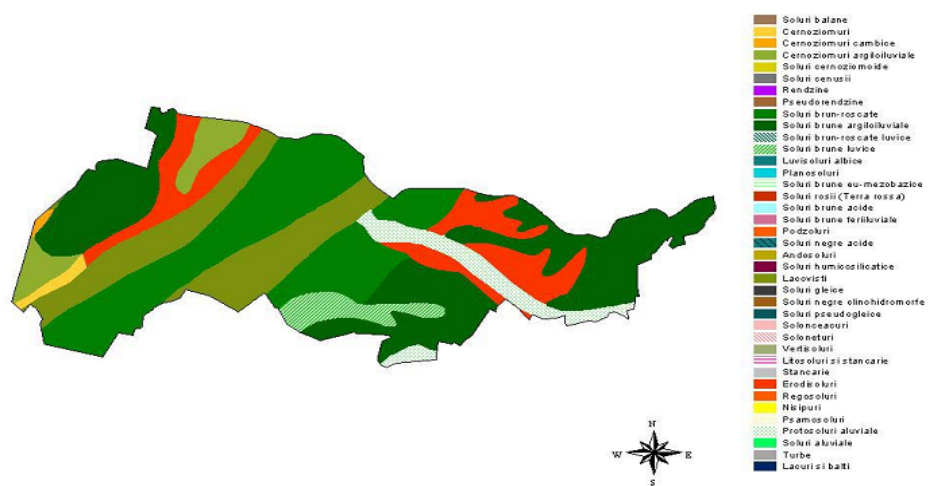


Fig.7.18. Tipurile de sol pe raza localității Pișchia [92]

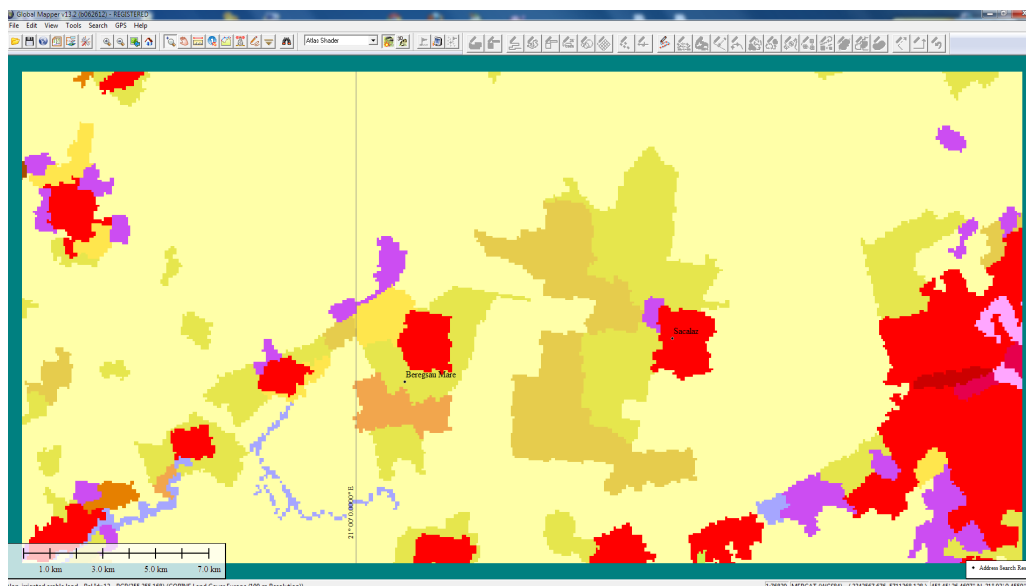


Fig.7.19. Acoperirea terenului, Corine Land Cover Europe (rezoluție 100 m)

Climatul Câmpiei Vingăi este temperat continental moderat cu influențe atlantice și mediteraneene. Temperatura medie anuală se situează în jurul valorii de 10.5° C (Arad-10.6° C). Precipitațiile medii anuale prezintă, în general, o creștere treptată de la V către E, de la 500-550 mm (500 mm la Orțișoara, 546 mm la Periam, 581 la Arad) la 600-630 mm la contactul cu Dealurile Lipovei (623 mm la Lipova, 627 mm la Mașloc).

Evapotranspirația potențială este de cca. 700 mm (695 mm la Arad), în partea centrală a câmpiei, depășind media precipitațiilor. Deficitul de umiditate se înregistrează în perioada de vegetație, între lunile aprilie-septembrie, cu valorile cele mai ridicate în lunile de vară, fapt ce subliniază caracterul temperat al climatului: [24]

- debitul specific minim anual cu asigurare de 95%: mare (> 2 l/s/km²), mediu (1-2 l/s/km²), mic (< 1 l/s/km²);
- debitul specific mediu multianual: mare (> 30 l/s/km²), mediu (3-30 l/s/km²), mic (< 3 l/s/km²).

Scurgerea minimă, caracterizată de debitele medii minime zilnice cu asigurarea de 95% înregistrează valoarea de 0.11 m³/s (fenomenul de secare) pentru Bega Veche. De altfel, zona subbazinului hidrografic Bega Veche este considerată ca deficitară natural, cu frecvente fenomene de secare.

Scurgerea solidă variază în funcție de altitudinea bazinului între 1.2 t/ha pe an în zonele înalte (peste 800-1000 m) și 0.1 t/ha pe an în zonele cu altitudini sub 200 m. Debitul specific de aluviuni în suspensie au fost cuprinse între 1.0 t/ha.an pe râul Timiș, 0.45 t/ha.an pe râul Bega și 0.19 t/ha.an pe râul Bega Veche.



Fig.7.20. Confluența râurilor Bega Veche și Apa Mare [maps.google.com]

Hărțile de hazard la inundații vor arăta cu precizie ridicată extinderea zonei inundate corespunzătoare unor debite cu diferite probabilități de depășire (0.1%; 1%; 5%; 10%), adică date referitoare la inundații care se petrec odată la 1000 de ani, odată la 100 de ani, odată la 20 ani, respectiv odată la 10 ani.



a)

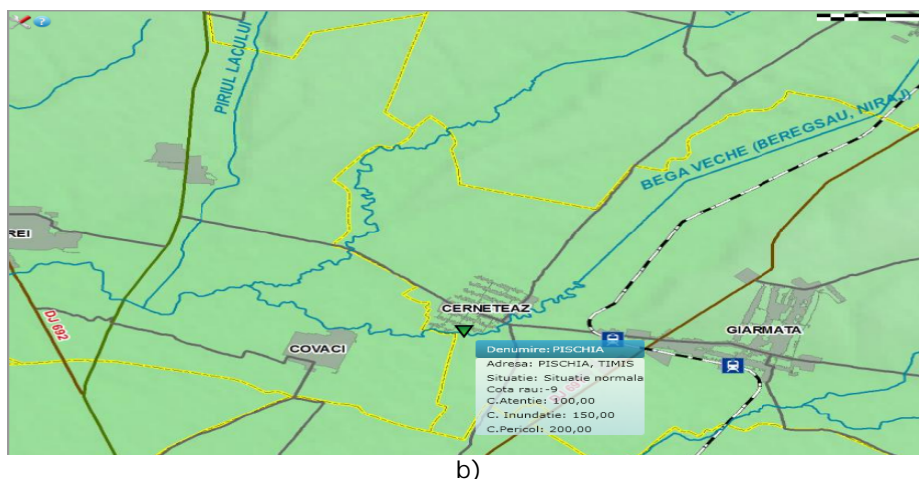


Fig.7.21. Măsurători la stația hidrometrică Pișchia și la Beregsău, [100]

Metoda rațională de calcul a undei de viitură este:

$$Q_p = ciA \quad (7.1)$$

Unde: Q_p debitul scurs [m^3/s]
 c coeficientul de scurgere (se estimează în funcție de folosința terenului, pantă)
 i intensitatea ploii [mm]
 A suprafața bazinului [km^2]

Intensitatea ploii utilizată în ecuația rațională depinde de timpul de concentrare pentru sistemul analizat (t_c). De obicei, este folosită ecuația Kirpich (1940) pentru estimarea cantitativă:

$$t_c = 0.0078L^{0.77}S^{-0.385} \quad (7.2)$$

Unde: t_c timpul de concentrare [minute]
 L lungimea secțiunii de calcul [m]
 S panta medie a bazinului [%]

Formula rațională pentru debitul lichid maxim de viitură generat de o ploaie torențială are probabilitatea de 1% respectiv $Q_{max\ 1\%}$ se exprimă:

$$Q_{max} = 0,167 \times C \times i_{1\%} \times F \quad (7.3)$$

Unde: C coeficientul de scurgere mediu pe bazin
 $i_{1\%}$ intensitatea medie a ploii de calcul de probabilitate având durată egală cu timpul de concentrare a scurgerii în bazinul respectiv
 F suprafața bazinului [ha]

Timpul mediu de concentrare a scurgerii reprezintă durata de timp necesară curentului de apă pentru a parcurge distanța dintre punctul cel mai îndepărtat hidrologic și secțiunea de calcul:

$$T_c = T_v + T_a \quad (7.4)$$

Unde: T_c durata medie de concentrare a scurgerii
 T_v timpul de scurgere pe versanți
 T_a timpul de scurgere pe albie

Tipul de concentrare a scurgerii, se stabilește atât pentru punctul cel mai apropiat cât și pentru cel mai îndepărtat al fiecărei unități. Curba de variație a debitului în raport cu timpul constituie hidrograful elementar al scurgerii.

Curba teoretică de probabilitate Krițki-Menkel.

Valorile debitelor maxime cu diferite probabilități de depășire $Q_{p\%}$, utilizând curba teoretică Krițki-Menkel, se obțin cu formula:

$$Q_{p\%} = K_{p\%} \cdot \bar{Q} \quad (7.5)$$

Unde: Q debitul mediu
 $K_{p\%}$ coeficienți dați tabelar

Curba teoretică de probabilitate Pearson III.

Valorile debitelor maxime cu diverse probabilități de depășire $p\%$ se determină utilizând relația:

$$Q_{p\%} = \bar{Q} (1 + C_v \Phi_{p\%}) \quad (7.6)$$

Unde: $\Phi_{p\%}$ reprezintă abaterea ordonatei curbei de probabilitate, corespunzător unei probabilități de depășire $p\%$, considerând $C_v=1$, față de valoarea medie unitară.

$$Q = 1 \text{ m}^3/\text{s}$$

Valorile lui $\Phi_{p\%}$ se determină din tabelul Foster-Rîbkin, în funcție de C_s și $p\%$.

Curbele teoretice Krițki-Menkel și Pearson III, trasate pe baza valorilor calculate sunt reprezentate în fig. 7.22. Analizând curbele din aceasta figură rezultă că pentru probabilități inferioare lui 0.1%, debitele maxime obținute utilizând curba Krițki-Menkel sunt mai mari decât debitele rezultate din curba Pearson III.[19]

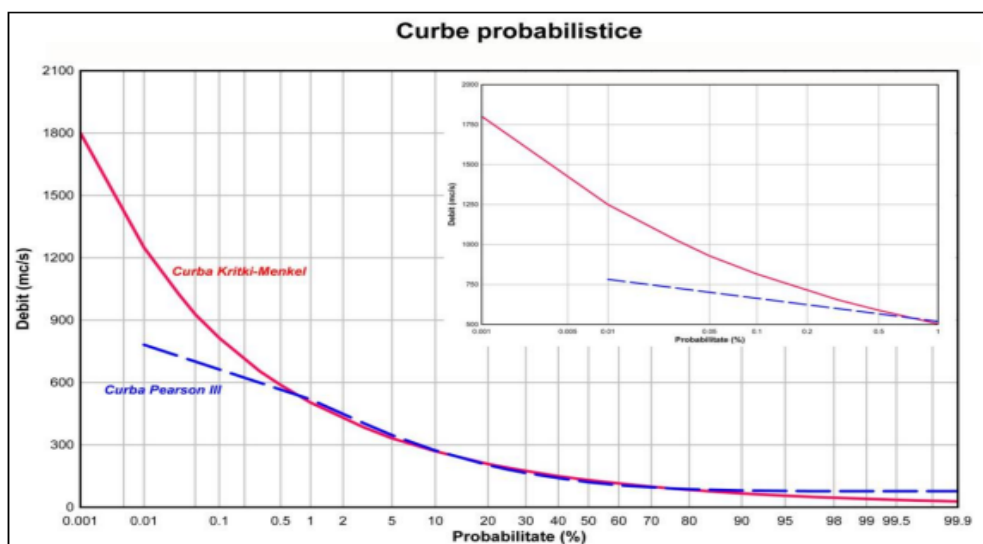


Fig. 7.22. Curbele de probabilitate Krițki-Menkel și Pearson III [57]

7.5. Modelarea matematică a scurgerii cu HEC-RAS

Pentru realizarea modelului computerizat s-a utilizat aplicația HEC-RAS 4.1.0 (Hydrologic Engineering Center - River Analysis System) elaborat de către US Army Corps of Engineers. Aplicația HEC-RAS s-a recomandat în domeniul hidrologic ca fiind un program complex. Rolul aplicației constă în oferirea posibilității de a analiza comportamentul dinamic al nivelului apei din albiile râurilor Bega Veche și Apa Mare.

Aplicația HEC-RAS 4.1.0 este un sistem predestinat analizei hidrologice a râurilor. Acest program permite analiza unidimensională a mișcării permanente gradual variate cu suprafață liberă și a mișcării neuniforme rapid variate cu suprafață liberă. HEC-RAS 4.1.0 este un sistem soft integrat, proiectat pentru utilizare interactivă, care permite multi-tasking și multi-user prin conectare în rețea. [80]

Sistemul conține o interfață pentru utilizator, componente separate ale analizei hidrologice, sistem de stocare a datelor, managementul funcționalităților sistemului și facilități care țin de generarea rapoartelor și vizualizărilor grafice. În cele din urmă, sistemul conține trei componente ale analizei hidrologice unidimensionale:

1. calculul suprafeței libere a apei în cadrul unui flux permanent gradual variat;
2. calculul suprafeței libere a apei în cadrul unui flux rapid variat;
3. calculul modificărilor formei albiilor grație sedimentației și eroziunii acesteia.

Elementul cheie constă în faptul că toate componentele utilizează o reprezentare comună a parametrilor geometrici ai albiei râului și rutine comune de calcul geometric și hidrologic. În plus, sistemul conține câteva caracteristici de proiectare care pot fi apelate după calculul suprafeței libere a apei.

Parametrii geometrici ai unui râu constau în stabilirea conexiunilor și caracteristicilor sistemului de afluenți realizate prin introducerea parametrilor geometrici ai secțiunilor transversale, stabilirea și definirea datelor referitoare la joncțiuni (nodurile în care râul se conectează cu afluenții), includerea construcțiilor hidrologice și hidrotehnice (poduri, țevi, diguri, zăgazuri, pompe) și interpolarea secțiunilor transversale.

Modelarea comportamentului dinamic al unui râu în cadrul aplicației HEC-RAS se bazează pe ecuațiile de conservare a energiei și impulsului, ecuația de continuitate și ecuația Manning.

Modelul este unidimensional, ceea ce înseamnă că obiectul hidrologic este discretizat de-a lungul liniei sale mediane prin localizarea unui set de secțiuni transversale cu proiecția albiei râului și ariilor adiacente pe două coordonate, axa stațiilor și axa altitudinilor.

Prelucrarea datelor pentru HEC-RAS s-a realizat în ArcGIS cu ajutorul extensiei HEC-GeoRAS, unde se desenează talvegul pornind din amonte spre aval, se definesc malurile, direcția de curgere, profilele transversale și rugozitatea pentru fiecare profil. [81]

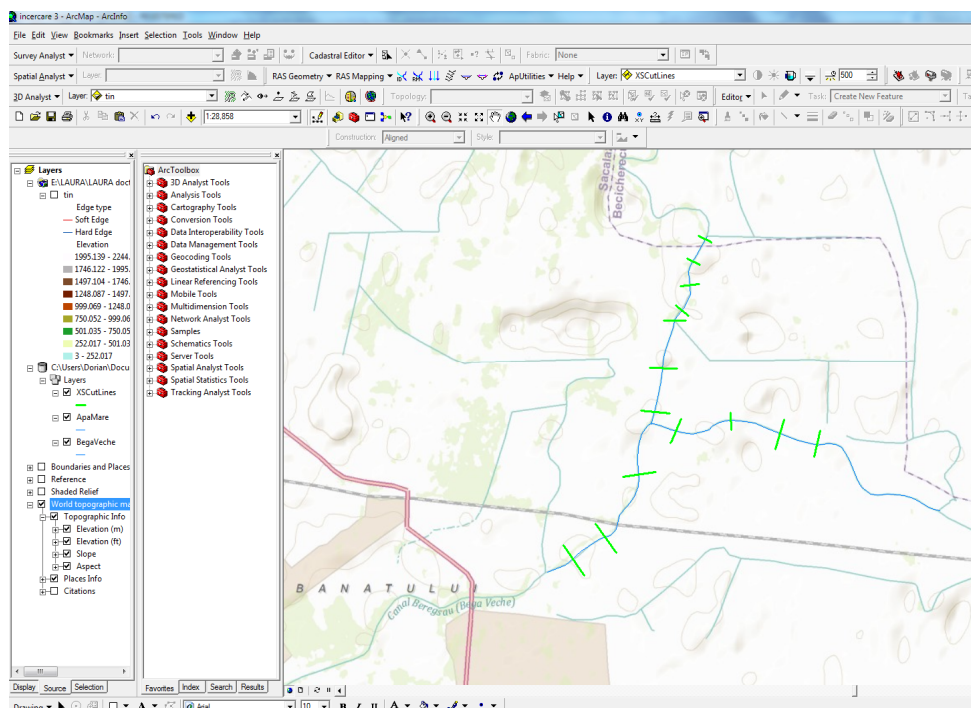


Fig.7.23. Prelucrarea hărților în ArcGIS

Hărțile în varianta DEM au fost obținute de la ASTER Global Digital Elevation Model, un proiect inițiat de METI (Ministerul Economiei, Comerțului și Industrii din Japonia) și NASA (National Aeronautics and Space Administration).



Fig.7.24. Prelucrarea DEM în Global Mapper, vizualizare 3D a secțiunii analizate

From Pos: 21.0601105262, 45.7 To Pos: 21.0633091339, 45.7974077859

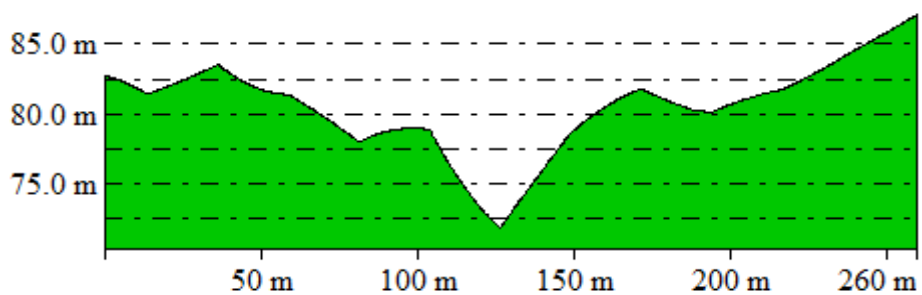


Fig.7.25. Extragerea secțiunilor transversale ale cursurilor de apă

Se importă în HEC RAS modelul obținut cu HEC-GeoRas, aducând astfel în mediul de lucru geometria albiei (fig.7.26) și atribuindu-i unitățile de măsură adecvate.

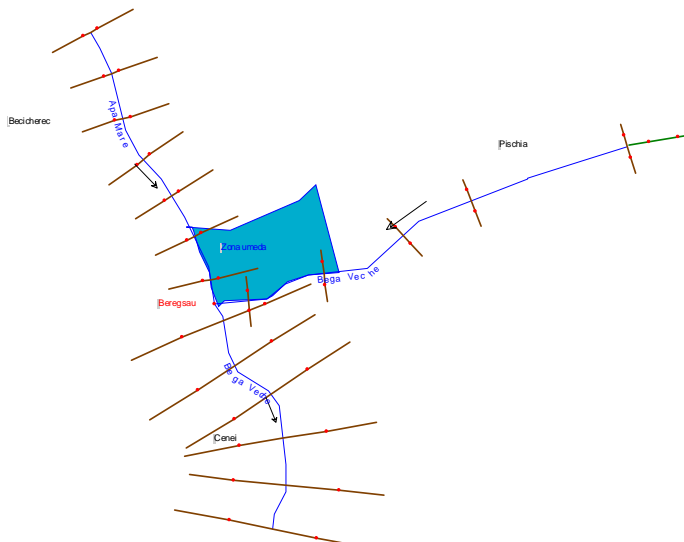


Fig.7.26. Vizualizarea datelor geometrice introduse în HEC RAS

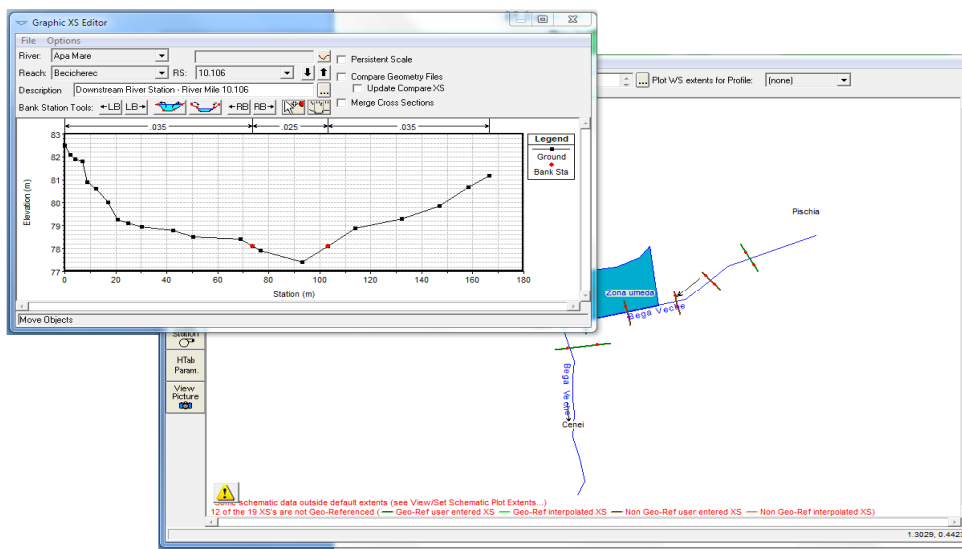


Fig.7.27. Secțiune transversală pe râul Bega Veche

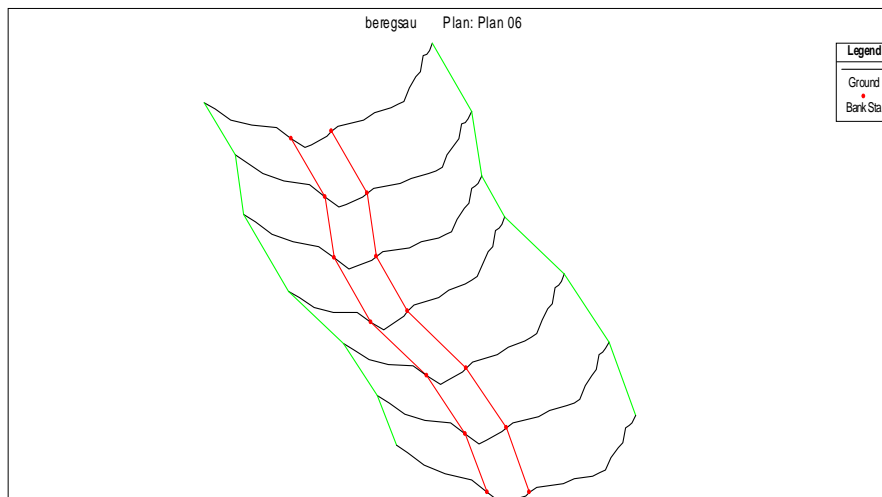


Fig.7.28. Vizualizarea 3D a tronsonului Bega Veche

După prelucrarea datelor furnizate de ABAB privind măsurarea debitelor în aceste secțiuni, au fost observate diferențe mari între perioadele ploioase și cele secetoase, debitul cu asigurare de 95% fiind aproape de $0.01 \text{ m}^3/\text{s}$, cu fenomene frecvente de secare în perioadele neploioase de vară, ceea ce înseamnă că zona umedă renaturată va fi alimentată de cursurile de apă doar în perioadele de primăvară și iarnă, când poate servi ca atenuare pentru viituri, în rest, în funcție de gradul de infiltrație și de evapotranspirație poate fi considerată nepermanentă.

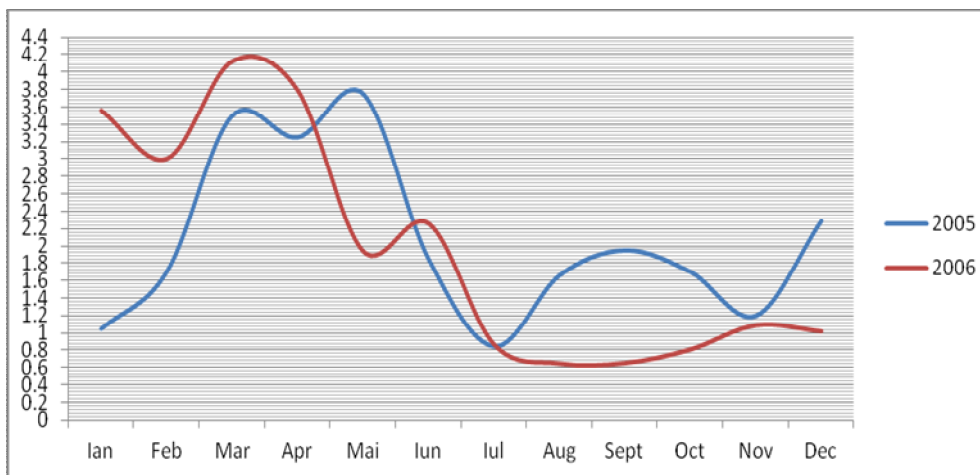


Fig.7.29. Debite medii lunare la stația Becicherecu Mic, pe Apa Mare

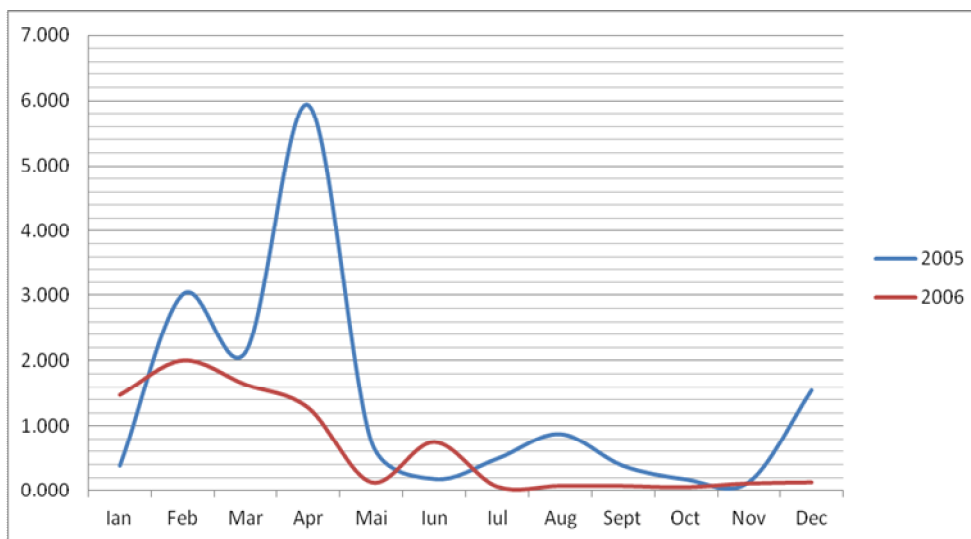


Fig.7.30. Debite medii lunare la stația Pișchia, pe Bega Veche

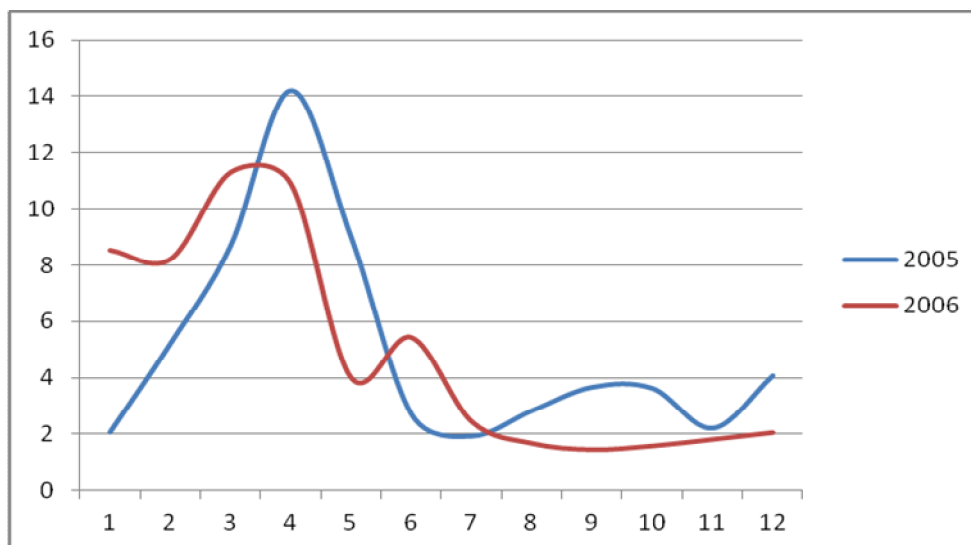


Fig.7.31. Debite medii lunare la stația Cenei, pe Bega Veche

Au fost dezvoltate două scenarii, situația actuală în care nu există zona umedă renaturată și scenariul în care, după realizarea proiectului se va reconecta zona umedă la ambele cursuri de apă.

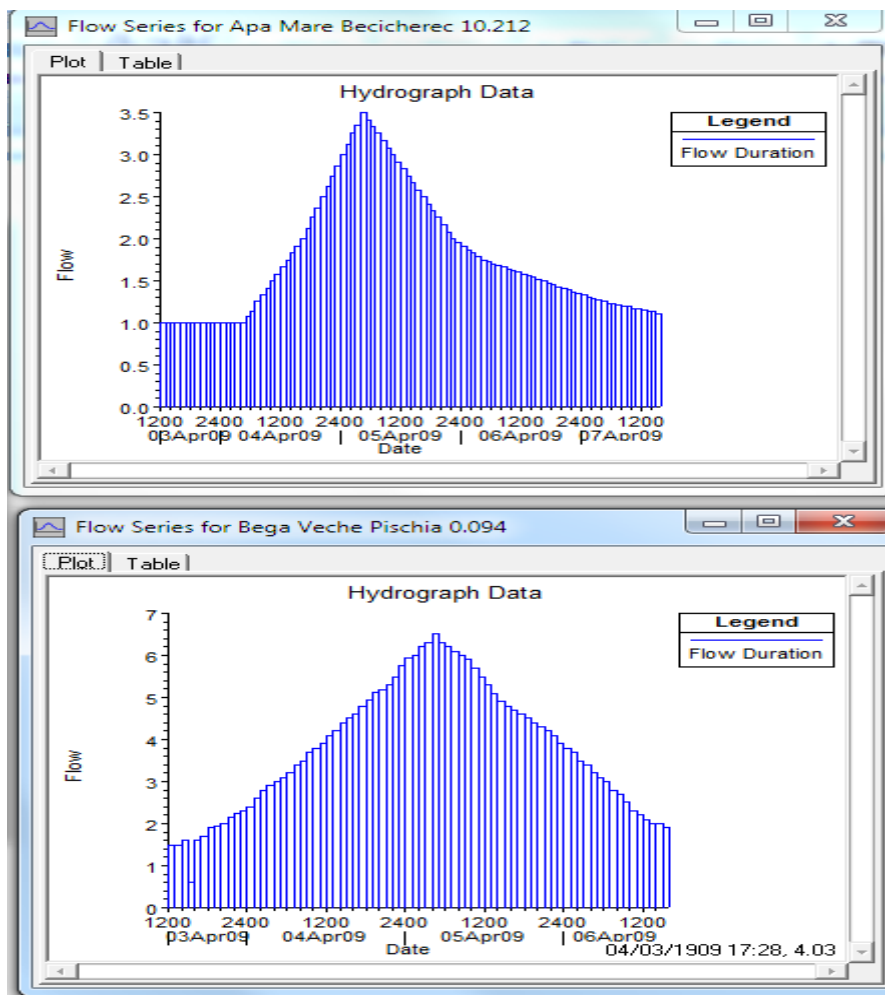


Fig. 7.32. Hidrografe pe cele 2 cursuri de apă

După rularea programului pentru un scenariu de ploaie cu probabilitate de 1%, se obține hidrograful scurgerii în secțiunea Beregsău, în condițiile amplasării unei zone umede de 40 ha, care va avea caracterul unei acumulări laterale și va fi alimentată de ambele cursuri de apă.

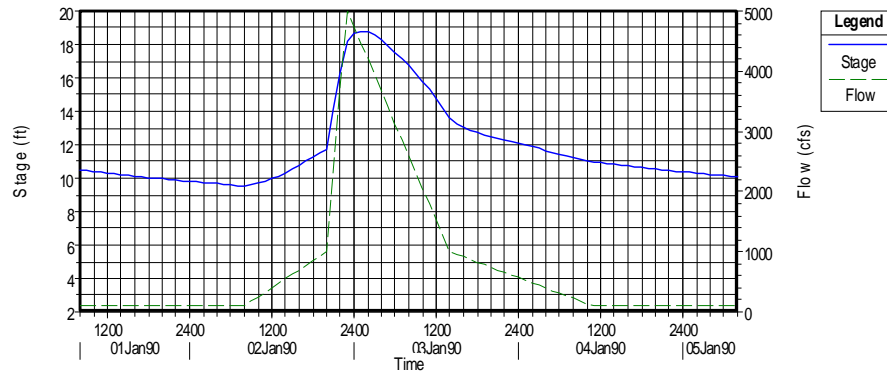


Fig. 7.33. Hidrografele obținute în urma scenariilor de simulare în HEC RAS

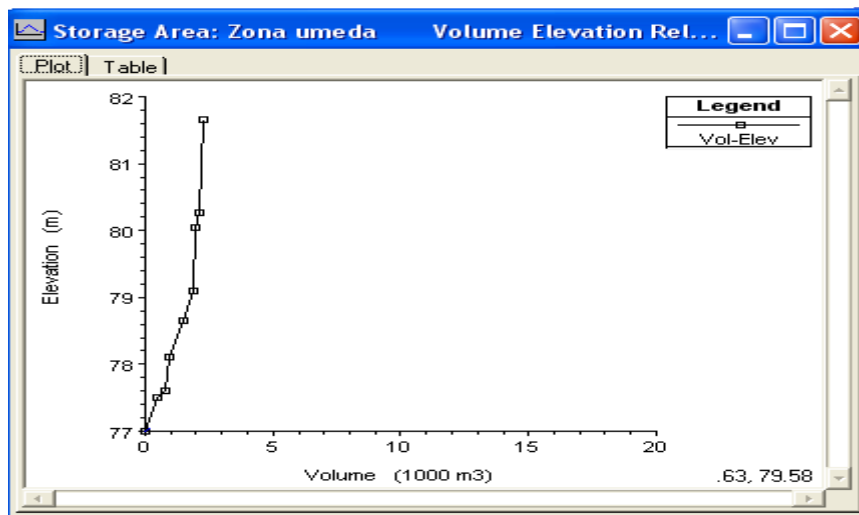


Fig. 7.34. Curba de capacitate a acumulării

Din curba de capacitate a zonei de acumulare se pot extrage parametrii caracteristici cei mai importanți ai lacului de acumulare și anume, nivelele și volumele care indică anumite elemente constructive ale acumulării. Volumul ce poate fi atenuat din vârful hidrografului depinde de adâncimea zonei îndiguite.

7.6. Proiecte similare de renaturare a zonelor umede

Crearea de zone umede prin restaurarea ecologică se poate realiza după modelul din Bazinul hidrografic Prut, primul proiect din regiune, finalizat în 2006. Aici au avut loc primele exproprieri pentru punerea în practică a Planului "Zona Umedă Ciobârciu", care a însemnat restaurarea unei suprafețe de 250 de hectare. Susținut financiar de Institutul olandez de Management al Apelor Interioare,

proiectul Direcției Apelor Prut-Iași s-a lovit inițial de reacția negativă a proprietarilor terenurilor cumulând o suprafață de 128 ha. Singura soluție a fost compensarea financiară, respectiv plata a 180 de euro pentru fiecare hectar.[90]



Fig.7.35. Planul proiectului "Zona Umedă Ciobârciu"

Proiectul Ciobârciu este implementat în perioada 2003 – 2006 și este amplasat în câmpia comună inundabilă a râului Prut și a principalului său afluent, râul Jijia. Din punct de vedere ecologic, Bazinul Hidrografic Prut este important la nivel internațional datorită amplasării pe ruta de migrare a păsărilor de baltă, dinspre Delta Dunării. Cu acest scop a fost refăcută o fostă meandru a râului Jijia, Ciobârciu.



Fig.7.36. Zona umedă Ciobârciu înainte și după restaurare

Lunca Dunării este formată prin acțiunea complexă de eroziune laterală și de acumulare a fluviului, sub influența oscilațiilor sezoniere și accidentale ale nivelurilor și debitelor.

Lucrările de îndiguire executate în scopul obținerii de terenuri arabile, de-a lungul malului românesc, au dus practic la dispariția luncii inundabile, zonele umede care au fost desecate în acest scop fiind alterate și în cea mai mare parte

desființate. Efectele îndiguirilor s-au manifestat prin eutrofizarea apelor din Delta Dunării și parțial din N-V Mării Negre, datorită eliminării efectului de filtrare a luncii inundabile, combinat cu creșterea cantităților de nutrienți, proveniți din practicarea agriculturii intensive și deversările neepurate ale orașelor riverane.

Lunca inundabilă a Dunării are o suprafață de 513.900 ha, din care amenajate 430.000 ha, este compusă din 3 incinte îndiguite cu 1.200 km diguri. Cele 83.900 ha naturale sunt reprezentate de gurile de vărsare ale afluenților și Insula Mică A Brăilei.[58]

Programul de redimensionare ecologică și economică a incintelor amenajate din Lunca și Delta Dunării a fost conceput pentru procesul de planificare strategică pe termen lung pentru atingerea obiectivelor Directivei Cadru a Apei, precum și în implementarea efectivă a sarcinilor privind prevenirea, protecția și diminuarea efectelor inundațiilor, stipulate de Strategia Națională de Management a Riscului la Inundații.

În urma acestui studiu au fost analizate terenurile adiacente cursului de apă și preabilitatea acestora pentru renaturarea în scopul reducerii tensiunilor impuse de diguri asupra cursului de apă, restaurarea ecosistemelor zonelor umede pentru stocarea undelor de viitură, dar și pentru asigurarea conectivității laterale cu lunca inundabilă pentru facilitarea proceselor biologice și chimice la nivel de fluviu.

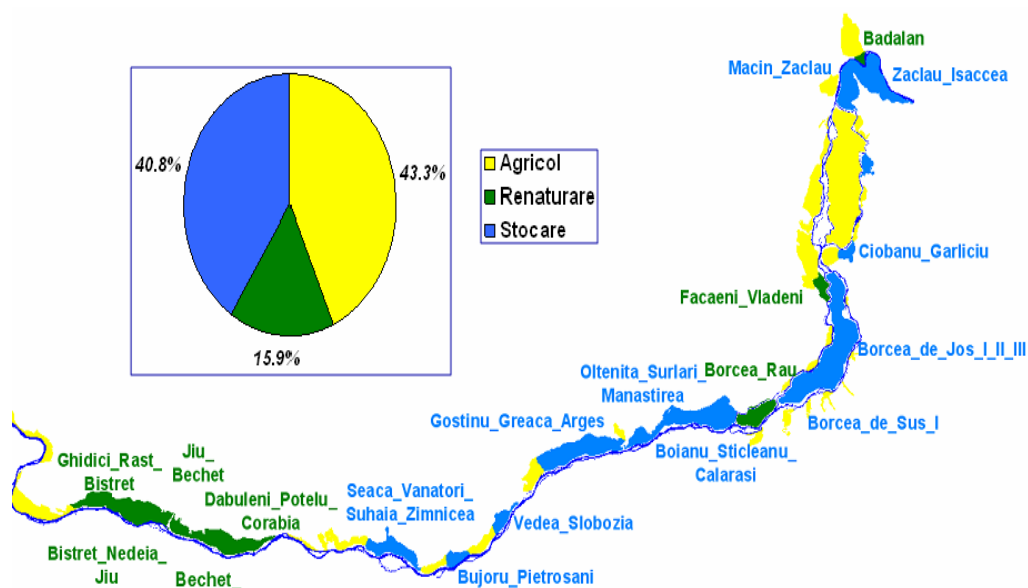


Fig. 7.37. Rezultatele obținute în proiectul INCDDD [58]

8. Concluzii și contribuții personale

Lucrarea de doctorat este structurată pe 8 capitole în care este prezentată o analiză a zonelor umede din punctul de vedere al delimitării, funcționării și tipologiei, o caracterizare a elementelor care o constituie, cu scopul de a evidenția potențialul zonelor umede de acumulare a apei. S-a realizat inițial o introducere în utilizarea zonelor umede și necesitatea metodelor alternative de protecție împotriva inundațiilor în contextul conceptului propus de Directiva Cadru "mai mult spațiu pentru râuri".

Procesul de definire și delimitare a zonele umede a fost intens contestat de cercetători, definiția suferă numeroase modificări de-a lungul timpului, existând la ora actuală diverse definiții acceptate de instituțiile care se ocupă cu protecția acestor areale. În acest studiu, s-au considerat zonele umede ca fiind ecosisteme de tranziție între mediul acvatic și mediul terestru, condiționate de trei parametri esențiali: apa, solul saturat și vegetație adaptată la condiții de saturație. Unicitatea zonelor umede la nivel local reiese din combinațiile diferite care pot apărea între factorii ce influențează fiecare ecosistem în parte: apa, topografia terenului, clima, vegetația, fauna ș.a.

În țara noastră este întâlnită frecvent folosirea termenului de zonă umedă cu referire la câmpia inundabilă. Câmpia inundabilă sau lunca poate include mai multe tipuri de zone umede, cum ar fi: lacuri de mici dimensiuni, pajiștile inundate, zone inundate cu vegetație forestieră sau tufișuri. Acestea depind în general de sezoanele ploioase, când este depășit nivelul albiei minore și sunt alimentate de volumele de apă deversate peste malurile râurilor.

Câmpia inundabilă nu este neapărat zonă umedă dacă nu îndeplinește condițiile de existență și delimitare. Stagnarea apei la suprafața solului pentru o perioadă scurtă de timp nu coincide întotdeauna cu timpul de formare a vegetației adaptate la condiții de umiditate îndelungată, chiar dacă se formează o conexiune între cursul de apă și zona inundată.

În teză s-au clasificat zonele umede din diverse puncte de vedere, printre care: tipul vegetației, impactul antropic și amplasarea la nivel global. Printre numeroasele funcții enumerate furnizate de acest ecosistem, scopul lucrării a fost de evidențiere a capacității de diminuare a efectelor inundațiilor, ce se realizează prin reducerea vârfului undei de viitură și a volumului acesteia prin stocarea la suprafață sau în acvifer. Astfel este obținută reducerea pagubelor în aval și reglarea bilanțului apei la nivel de bazin hidrografic.

Zonele umede naturale prezintă calități deosebite în facilitarea procesului de autoepurare a apei prin condițiile de mediu și prin proprietățile hidrologice specifice. Procesul de autoepurare a apei ce intră în aceste zone este amplificat de vegetația specifică și de lipsa factorilor de stres. Însă ecosistemele umede naturale sunt sensibile, fapt pentru care a fost subliniată importanța limitării concentrațiilor de nutrienți pentru a evita eutrofizarea și colmatarea.

Caracterizarea zonelor umede s-a realizat din punct de vedere *hidrologic*, prin prezentarea bilanțului apei și a tipurilor de surse care alimentează cu apă zonele umede: precipitații, scurgerea de suprafață, apa subterană, izvoare, inundații

din remuu sau combinații ale acestor surse. Considerațiile *pedologice* încadrează tipurile de sol din zonele umede și influența stagnării apelor asupra lor.

Vegetația și fauna sunt specifice condițiilor de saturație și umiditate ridicată, este important de subliniat contribuția ecosistemelor umede la proliferarea vegetației emergente, care este strâns legată de stadiile trofice prin crearea habitatelor pentru înmulțire.

Reducerea în timp a numărului zonelor umede este strâns legată de influența factorului antropic, prin modificarea regimului hidrologic și a poluării generate în urma activităților de exploatare a sistemelor. Prin dispariția lor s-a diminuat capacitatea de reținere a apelor dulci din precipitații la nivel de continent și capacitatea de reținere a suspensiilor și a poluanților. Degradarea și pierderea zonelor umede este mult mai rapidă decât cea a altor ecosisteme. La nivel global, poate fi determinată de schimbările climatice care susțin agravarea fenomenului de pierdere sau declin al unor specii și înmulțirea îmbolnăvirilor în aceste zone.

Pentru evitarea dispariției zonelor umede sunt propuse în teză metode de protecție și conservare a acestora, una dintre ele este implementarea corectă a legilor și directivelor care le protejează ca habitate pentru păsări, ca mediu de cercetare sau în scop turistic, un exemplu este în România OUG 57 din 20.06.2007 privind regimul ariilor naturale protejate, conservarea habitatelor naturale, a florei și faunei sălbatice, însă e nevoie de mai mult decât o ordonanță pentru ca un ecosistem să fie menținut. Alte metode de conservare propuse sunt educația în contextul dezvoltării durabile a ecosistemelor naturale și ecoturismul, care aduce o sursă de venit locuitorilor și întreține calitatea vieții oamenilor și ecosistemelor.

În lucrarea de doctorat sunt cercetate strategii și proiecte de restaurare sau de construire artificială a zonelor umede, considerându-se ca fiind esențială introducerea unei etape de analiză amănunțită asupra întregului sistem, deoarece trebuie privit ca parte a unui întreg, datorită conectivității longitudinale și laterale. La acest nivel are loc schimb continuu de materie și energie între zonele umede și corpurile de apă din amonte și aval, subteran, versanți și atmosferă.

Nu este suficientă inundarea suprafețelor, deoarece aceasta nu garantează eficiența renaturării zonelor umede ce au fost drenate în trecut. Există sisteme variate proiectate cu scopul tratării apelor poluate în lumea întreagă, care în exploatare au întâmpinat probleme majore de funcționare, prima dintre ele fiind lipsa de colaborare a specialiștilor din mai multe domenii care să combine partea hidrologică cu cea biologică și chimică, pentru a obține un rezultat apropiat condițiilor naturale.

A fost analizată legislația și strategiile de gospodărire a apelor mari, în vederea evidențierii necesității aplicării măsurilor de reducere a efectelor undelor de viitură. Restaurarea zonelor umede face parte din măsurile ce pot fi implementate la nivel de bazin hidrografic pentru a asigura dinamica unui curs de apă și îmbogățirea biodiversității.

Impactul undei de viitură asupra ecosistemului umed și a capacității de adaptare a acestuia a fost studiat din punct de vedere al regimului hidrologic, al schimbului de nutrienți și al biodiversității, pentru a evidenția continuitatea capacității de autoepurare a sistemelor acvatice de mică adâncime în condițiile unui aport de apă în perioadele de precipitații intense. S-a constatat că ecosistemul suferă transformări în urma inundațiilor, ce constau în mutarea habitatului unor specii de plante plutitoare, debitul de intrare influențând capacitatea de autoepurare, dar zonele umede se refac după o scurtă perioadă de timp de la trecerea vârfului hidrografului de viitură, măsurătorile arătând diferențe în numărul

populațiilor care s-a considerat că nu sunt influențate decât de condițiile de mediu la momentul recoltării probelor.

Studiul renaturării unei zone umede riverane cuprinde descrierea istorică și actuală a Spațiului Hidrografic Timiș-Bega, evoluția în timp a teritoriului și utilizarea metodelor hidroameliorative care au transformat Banatul din zonă mlăștinoasă în terenuri pentru activități agricole și pentru așezări umane. Scopul a fost urmărirea în timp a transformărilor suferite de teren pentru a determina fezabilitatea restaurării zonelor umede afectate de factorul antropic.

Pentru a exemplifica capacitatea de acumulare a unei zone umede renaturate a fost utilizat programul de simulare HEC-RAS, prin care s-a urmărit verificarea funcției de reducere a undei de viitură a zonelor umede. Programul de simulare HEC-RAS 4.1. a fost rulat pentru sistemul hidrologic alcătuit din Bega Veche, Apa Mare și confluența acestora. Au fost dezvoltate două scenarii, situația actuală în care nu există zona umedă renaturată și scenariul în care, după realizarea proiectului, se va reconecta zona umedă la ambele cursuri de apă.

După rularea programului pentru un scenariu de ploaie cu probabilitate de 1%, se obține hidrograful scurgerii în secțiunea Beregsău, în condițiile amplasării unei zone umede de 40 ha, care va avea caracterul unei acumulări laterale temporare și va fi alimentată de ambele cursuri de apă. S-a observat că vârful undei de viitură a fost preluat de către acumulare, din curba de capacitate a zonei de acumulare se pot extrage parametrii caracteristici cei mai importanți ai acumulării și anume, nivelele și volumele care indică anumite elemente constructive ale acumulării. S-a constatat că volumul ce poate fi atenuat din vârful hidrografului depinde de adâncimea zonei îndiguite, iar capacitatea de atenuare a undei de viitură este dependentă de nivelul apei în zona umedă la momentul începerii ploii.

Zona umedă este o componentă importantă a sistemului hidrologic, însumează caracteristici care îi conferă calități și funcții deosebit de utile în contextul managementului inundațiilor. Restaurarea ecosistemelor distruse datorită activităților antropice este o soluție utilă în momentul în care corespunde cerințelor de acumulare a unui volum din unda de viitură și își păstrează condițiile de existență. Convenția Ramsar folosește termenul de dezvoltare durabilă în contextul zonelor umede cu referire la menținerea caracterului ecologic prin implementarea metodelor de abordare sustenabilă a dezvoltării ecosistemelor. Acest lucru face posibilă conservarea zonelor umede și utilizarea durabilă a resurselor în folosul umanității.

Pentru evaluarea proiectelor de restaurare a zonelor umede este necesară utilizarea modelelor hidrologice și hidraulice care reprezintă pe termen lung variațiile de stocare a apei și care reprezintă, în mod corect, caracteristicile temporale și spațiale ale precipitațiilor, generarea și evoluția ploilor torențiale.

Contribuțiile personale constau în :

- Analiza bibliografiei de specialitate și sintetizarea informațiilor referitoare la definirea zonelor umede, delimitarea și funcțiile acestora.
- Sintetizarea clasificărilor pe tipologii ale ecosistemelor umede.
- Caracterizarea zonelor umede în funcție de hidrologie, pedologie, vegetație și faună.
- Determinarea factorilor de influență asupra zonelor umede și a influenței variației acestora la reducerea numărului zonelor umede.
- Propunerea unor măsuri pentru conservarea arealelor existente.

-
- Crearea un pachet de prevederi ale legislației românești, europene și internaționale în legătură cu zonele umede și strategiile de gospodărire a apelor mari.
 - Influența perioadei de inundații asupra regimului hidric, nutrienților și biodiversității a fost determinată pe un studiu de caz în bazinele hidrografice Bega și Bega Veche, după analiza și sintetizarea datelor obținute de la Administrația Bazinală de Apă Banat, referitoare la indicatorii de calitate ai apei, indicatorii hidrologici și biologici.
 - Modelarea comportamentului dinamic al râului Bega Veche la confluența cu Apa Mare și a capacității de acumulare a zonelor umede s-a făcut cu ajutorul aplicației HEC-RAS 4.1, pentru două scenarii: sistemul actual și sistemul după conectarea și restaurarea unei zone umede adiacente, cu o suprafață de 40 ha.
 - Pentru a realiza modelarea în HEC-RAS s-a făcut prelucrarea hărților în varianta DEM (obținute de la ASTER) în programul ArcGIS cu ajutorul extensiei HEC-GeoRAS, a fost desenat talvegul pornind din amonte spre aval, au fost definite malurile, direcția de curgere și rugozitatea pentru fiecare profil.
 - Au fost prelucrate hărțile DEM și în programul Global Mapper pentru a obține secțiunile transversale necesare modelării cursului de apă în HEC-RAS și comparate cu secțiuni din teren.
 - Evidențierea necesității aplicării măsurilor de reducere a efectelor undelor de viitură și propunerea unor soluții pentru a eficientiza procesul de refacere a zonelor umede care și-au pierdut capacitatea de acumulare în urma modificării antropice a surselor de alimentare, ca: restaurarea zonelor umede afectate de metode hidroameliorative, colaborarea interdisciplinară a specialiștilor și urmărirea procesului pe termen lung pentru a obține rezultate satisfăcătoare.

Bibliografie

- [1]. Alexoaie L., „Using wetlands for water quality protection”, Conferința Internațională Totul pentru o apă curată, TAC, Pitești, vol. I, pp 15-18, 2010.
- [2]. Alexoaie L., Codea M. „Forming conditions for flash floods”, 12th International Multidisciplinary Scientific Geoconference, SGEM, Bulgaria, Vol. 3, pp 687-692, 2012.
- [3]. Angeler D., Chow-Fraser P., Hanson M., Sanchez-Carrillo S., Zimmer K., „Biomanipulation: a useful tool for freshwater mitigation?”, *Freshwater Biology*, Nr. 48, pp 2203–2213, 2003.
- [4]. Bădăluță C. M., „Contribuții la studiul inundațiilor produse de avarierea lucrărilor de apărare”, Politehnica University, Timisoara, 2008.
- [5]. Bădăluță C., Crețu G., „Bazele Gospodăririi apelor”, Editura Orizonturi Universitare, Timișoara, 2010.
- [6]. Bădăluță C. M., Crețu G., Alexoaie L., „Flood risk for three flood defense works: dikes, dams and riparian wetlands”, 11th International Multidisciplinary Scientific Geoconference, SGEM, Bulgaria, Vol. 2, pp 831-838, 2011.
- [7]. Bădăluță C. M., Crețu G., Alexoaie L., „Risk Assessment Of Accidental Floods In Areas Of Hydrographic Basin”, Simpozionul Internațional: Controlul și Metrologia Calității Factorilor de Mediu, SI.CMCFM.1, Iași, România, pp 15, 2010.
- [8]. Bates, B.C., Kundzewicz Z.W., Wu S., Palutikof J.P., „Climate Change and Water”, Technical Paper of the Intergovernmental Panel on Climate Change, IPCC Secretariat, Geneva, pp 210, 2008.
- [9]. Bradley A., Potter K. W., „Flood frequency analysis of simulated flows”, *Water Resources Research*, 28 (9), 2375-2386, 1992.
- [10]. Brinson M., „A Hydrogeomorphic Classification for Wetlands”, Wetlands Research Program Technical Report WRP-DE-4, Carolina, 1993
- [11]. Carter V., „Technical aspects of wetlands, wetland hydrology, water quality and associated functions”, National Water Summary on Wetland resources, United States Geological Survey, Water Supply Paper 2425, 1997, <http://water.usgs.gov/nwsum/WSP2425/hydrology.html> accesată în 14.01.2011
- [12]. Cowardin, L.M, V. Carter, F.C. Golet, LaRoe E.T., „Classification of wetlands and deepwater habitats of the United States”. U.S. Department of the Interior Fish and Wildlife Service Office of Biological Services, Washington, 1979
<http://www.npwrc.usgs.gov/resource/wetlands/classwet/index.htm#contents> oct 2011-10-19
- [13]. Chorus I., Bartram J. (eds.). „Toxic cyanobacteria in water: A guide to their public health consequences, monitoring and management.” World Health Organization, 1999.
- [14]. Craft C., Krull K., Graham S., „Ecological indicators of nutrient enrichment, freshwater wetlands”, *Midwestern United States (U.S.) Ecological Indicators*, No. 7, pp 733–750, 2007.

- [15]. Crețu G., „Hidrologie”, Institutul Politehnic Traian Vuia, Timișoara, 1978.
- [16]. Cronk J.K., Siobhan Fennessy M., „Wetland plants : biology and ecology”, Lewis Publishers, pag 3, 2001.
- [17]. Daubenmire R., „Ecology of fire in grasslands”, Advances in ecological research, Vol.5. New York, NY: Academic Press: 209-266, 1968.
- [18]. Datta S., „Ecology of wetlands and its management strategies”, 2009, www.scribd.com, accesat dec 2010.
- [19]. Diaconu C., Mita P., Nita E., „Instrucțiuni pentru calculul scurgerii maxime în bazine mici”, INMH, 1995.
- [20]. Durand P., Gasquel-Oudoux G., Kao C., Merot P., „Une typologie hydrologique des petites zones humides ripariennes”, www.inra.fr accesat decembrie 2010
- [21]. Gersberg R.M., Elkins B.V., Lyon S.R., Goldman C.R., „Role of aquatic plants in waste-water treatment by artificial wetlands”, Water Resources 20: 363–368, 1986.
- [22]. Gleason R.; Tangen B., Laubhan M., Kermes K., Euliss Jr. N., „Estimating Water Storage Capacity of Existing and Potentially Restorable Wetland Depressions in a Subbasin of the Red River of the North” , 2007. USGS Northern Prairie Wildlife Research Center. Paper 89. <http://digitalcommons.unl.edu/usgsnpwrc/89>
- [23]. Grec A., „Studies and researches regarding the management of the aquatic habitats in Salaj County”, Sustainable development priorities, Studia Universitatis Vasile Goldiș Arad- Economic Sciences, Vol. 1-2, pag. 469 – 480, www.ceeol.com, 2008
- [24]. Grigoraș C., Piciu I., „Modificări Apărute Pe Harta Solurilor Câmpiei Vîngăi Prin Aplicarea Sistemului Român De Taxonomie A Solurilor (Srts), Factori și Procese Pedogenetice din Zona Temperată” 4 S. nouă (2005) 161-167, http://www.soilscience.uaic.ro/doc/SFFPTZ_No_4_p_161.pdf accesat la 05.02.2012.
- [25]. Griselini F., „Încercare de istorie politică și naturală a Banatului Timișan în scrisorile notabilităților și ale savanților” , vol 1,2, Viena, 1780.
- [26]. Grozav A., „Fenomene de poluare a solului și apei – studiul unui tronson din Bazinul Hidrografic Bârzava”, teză de doctorat, Ed Politehnica, Timișoara, nr 65, pag 94-97, 2011
- [27]. Hayashi M., van der Kamp G., Schmidt R., „Focused Infiltration of Snowmelt Water in Partially Frozen Soil under Small Depressions”, Journal of Hydrology 270: 214-229, 2003, http://www.geo.ucalgary.ca/~hayashi/glgy699_17/papers/Hayashi2003.pdf
- [28]. Hattermann F., Krzsanova V., Hesse C., „Modelling Processes in regional applications”, Hydrological Sciences Journal, 53:5, 1001-1012., 2008.
- [29]. Husaru V. G., „Probleme ale eutrofizării lacurilor de acumulare”, Ed Politehnica Timișoara, 2010
- [30]. Husaru V. G., Alexoaie L., „The eutrophication of wetlands”, Simpozionul Internațional: Controlul și Metrologia Calității Factorilor de Mediu, SI.CMCFM.1, Iași, România, pp 13, 2010
- [31]. Kundzewicz Z.W., Mata L.J., Arnell N.W., Döll P., Kabat P., Jiménez B., Miller K.A., Oki T., Sen Z., Shiklomanov I.A., „Freshwater resources and their management. Climate Change 2007: Impacts, Adaptation and

- Vulnerability." Contribution of Working Group II to the Fourth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change, M.L. Parry, O.F. Canziani, J.P. Palutikof, P.J. van der Linden and C.E. Hanson (eds.), Cambridge University Press, Cambridge, UK, 2007.
- [32]. Malacea I., „Biologia apelor impurificate”, Ed. Academiei Române, București, 1969.
- [33]. Madar M., „Cercetări privind renaturarea corpurilor de apă puternic modificate”, Ed Politehnica, Timișoara, 2006.
- [34]. Man E.T., Sabău N.C., Cîmpean G., Bodog M., „Hidroameliorații”, Ed Aprilia Print, Timișoara, 2010.
- [35]. Meehl G.A., Stocker T.F., Collins W.D., Friedlingstein P., Gaye A.T., Gregory J.M., Kitoh A., Knutti R., Murphy J.M., Noda A., Raper S.C.B., Watterson I.G., Weaver A.J., Zhao Z.C., „Global Climate Projections. In: Climate Change 2007: The Physical Science Basis”. Contribution of Working Group I to the Fourth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change, Cambridge University Press, Cambridge, 2007.
- [36]. Minayeva T., Sirin A., Bragg O., „A Quick Scan of Peatlands in Central and Eastern Europe”, Wetlands International, Wageningen, The Netherlands, 2009.
- [37]. Mitsch W.J., Gosselink J.G., „Wetlands, 2nd ed.” Van Nostrand Reinhold, New York, 539 pp., 1993.
- [38]. Morel A., Diener S.; „Greywater management in low and middle-income countries, review of different treatment systems for households or neighbourhoods”, Duebendorf, 2006.
http://www.sswm.info/sites/default/files/reference_attachments/MOREL%20and%20DIENER%202006%20Greywater%20Management.pdf accesată în 02.05.2011.
- [39]. Muntean H. „The Composition Of Diatomaceous Communities In The Bega River, Sections Upstream Of Timisoara And Otelec”, 3rd Aquatic Biodiversity International Conference, Sibiu 2011.
- [40]. Muzaffar Sabir, Ahmed Fakhruddin, „The effects of the flood cycle on the diversity and composition of the phytoplankton community of a seasonally flooded Ramsar wetland in Bangladesh”, Wetlands Ecology Management, 2007.
- [41]. Nagy T, Trăilescu S, „The characteristics of 2005 flood in hydrographic basin of Timiș river”, unpublished paper.
- [42]. Neacșu A., Arsene G., Arsene A., „Aquatic and paludicolous flora of the nature reserve Pișchia”, Research Journal of Agricultural Science, Vol 39, Nr. 2, 2007.
- [43]. Neacșu A., Borza I., „Notes on the aquatic and paludicolous flora from four accumulation lakes (Timiș County)”, Research Journal of Agricultural Science, Vol 40, Nr. 3, 2008.
- [44]. Osmond D.L., Line D.E., Gale J.A., Gannon R.W., Knott C.B., Bartenhagen K.A., Turner M.H., Coffey S.W., Spooner J., Wells J., Walker J.C., Hargrove L.L., Foster M.A., Robillard P.D., Lehning D.W.. „WATERSHEDS: Water, Soil and Hydro-Environmental Decision Support System” 1995.
<http://www.water.ncsu.edu/watershedss/info/wetlands/functab.html>
- [45]. Pachauri R.K , Reisinger A., „IPCC, 2007: Climate Change 2007: Synthesis Report. Contribution of Working Groups I, AII and III to the

- Fourth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change IPCC", Geneva, Switzerland, 2007.
- [46]. Palaniappan M., Gleick P., Allen L., Cohen M., Christian-Smith J., Smith C., „Clearing the Waters- A focus on water quality solutions”, UNEP, Kenya, 2010.
- [47]. Peverly J.H., Surface J.M., Wang T., „Growth and trace metal absorption by *Phragmites australis* in wetlands constructed for landfill leachate treatment”, *Ecological Engineering* 5: 21–35, 1995.
- [48]. Pișcota I., Zaharia L., „Hidrologia Uscatului”, Ed. Universitară, București, pag 207, 2003
- [49]. Potter K., „Estimating Potential Reduction Flood Benefits of Restored Wetlands, *Journal of Contemporary Water Research and Education*, Vol 97, 1994.
- [50]. Rai U.N., Sinha S., Tripathi R.D., Chandra P. „Wastewater treatability potential of some aquatic macrophytes: removal of heavy metals”. *Ecological Engineering* 5: 5–12.; 1995.
- [51]. Romanowski N., „Planting wetlands and dams” 2nd ed., Landlinks Press, Collingwood, Vic. 2009.
- [52]. Roșu C., „Gospodărirea apelor”, Editura Orizonturi Universitare Timișoara, 1999.
- [53]. Roșu C., Crețu Gh, „Inundații accidentale”, Editura HGA, București, 1998.
- [54]. Shabman L., „Responding to the 1993 flood: the restoration option, *Water Resources Update*”, University Council on Water Resources, 95, 26–30., 1994.
- [55]. Schemel L. E., Sommer T., Müller-Solger A., Harrell W., „Hydrologic variability, water chemistry, and phytoplankton biomass in a large floodplain of the Sacramento River”, CA, U.S.A., *Hydrobiologia* nr. 513, Kluwer Academic Publishers, 2004.
- [56]. Smith Val, „Eutrophication of Freshwater and Coastal Marine Ecosystems , A Global Problem”, *ESPR - Environmental Science & Pollution Results* 10 (2) 126 - 139, 2003.
- [57]. Șerban P., Drobot R., „Aplicații de hidrologie și gospodărirea apelor”, Ed. HGA, București, 1999.
- [58]. Știucă R., Staraș M., Nichersu I, „Redimensionarea Ecologică Și Economică Pe Sectorul Românesc Al Luncii Dunării”, *Studiu De Cercetare INCDDD, Tulcea*, 2008.
- [59]. Tanner C.C., Clayton J.S., Upsdell M.P., „Effect of loading rate and planting on treatment of dairy farm wastewaters in constructed wetlands. I. Removal of oxygen demand, suspended solids and faecal coliforms”, *Water Resources* 29: 17–26. 1995a.
- [60]. Tanner C.C., Clayton J.S., Upsdell M.P., „Effect of loading rate and planting on treatment of dairy farm wastewaters in constructed wetlands. II. Removal of nitrogen and phosphorus”. *Water Resources* 29: 27–34. 1995b.
- [61]. Tiner R.W., Grinnell Burke D., „Wetlands of Maryland”, U.S. Fish and Wildlife Service. Region 5, Maryland. Dept. of Natural Resources, National Wetlands Inventory (U.S.), 1995.
- [62]. Jărău D., Luca M., „Pișchia” , *USAMVB Agricultura Banatului*, nr. 1 (124), 2011, <http://ospatimisoara.ro>.

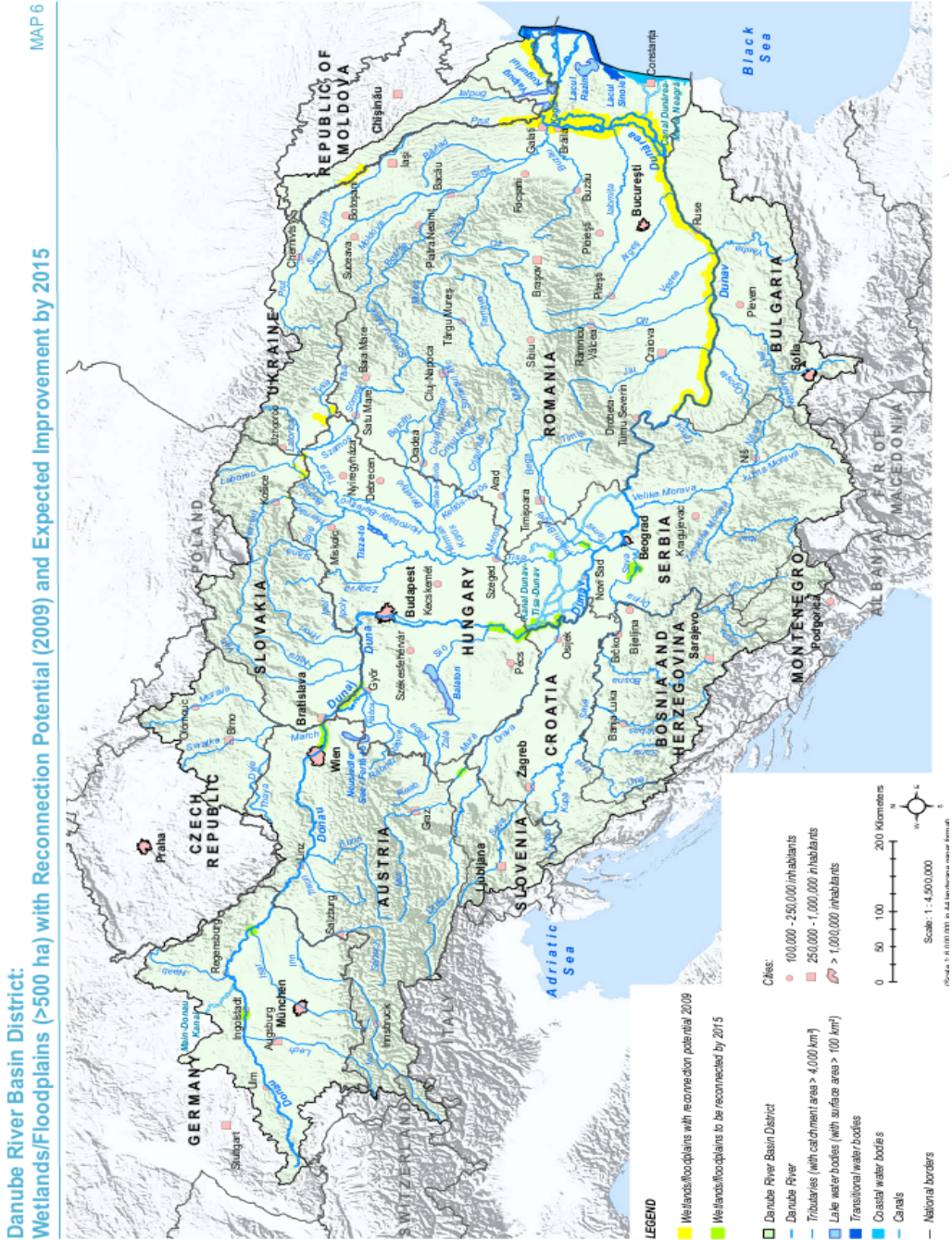
- [63]. Vișinescu I., Bularda M., „Modificări severe în regimul hidrologic al Dunării și impactul acestora asupra agriculturii în lunca îndiguită”, Analele I.N.C.D.A. Fundulea, Vol. LXXVI, pag. 102-112, 2008.
- [64]. Welsch D., Smart D., Boyer J., Minkin P., Smith H., McCandless T., „Forested Wetlands, Functions, Benefits and the Use of Best Management Practices”, USDA Forest Service, 1995, http://www.na.fs.fed.us/spfo/pubs/n_resource/wetlands/wetlands4_hydrology.htm accesat iulie 2012.
- [65]. Wright T., Tomlinson J., Schueler T., Capiella K., Kitchell A., Hirschman D., „Direct and Indirect Impacts of Urbanization on Wetland Quality Wetlands & Watersheds” Article #1, Center for Watershed Protection, www.cwp.org, 2006.
- [66]. Zoltai S.C., Pollett F.C., Jeglum J.K., Adams G.D., „Developing a wetland classification for Canada. In Forest soils and forest land management.” Proc. 4th N. Amer. For. Soils Conf. Les Presses de l’Universite Laval, Quebec, pp. 497-511, 1975.

- [67]. Directiva Cadru pentru Apă nr. 2000/60/CE.
- [68]. Directiva privind Evaluarea și Managementul Riscului la Inundații 2007/60/CE .
- [69]. Hotărârea Guvernului nr. 1.854/22 decembrie 2005.
- [70]. Legea apelor 107/1996.
- [71]. Master Plan pentru Managementul Riscului la Inundații în Bazinul Hidrografic Prut-Bârlad.
- [72]. Ministerul Mediului și Dezvoltării Durabile, Direcția Managementul Resurselor de Apă Serviciul Cooperare Internațională în Domeniul Gospodăririi Apelor, Viețuitoare din zonele umede (Volumul 1 – Pești și păsări), București 2008, www.mmediu.ro
- [73]. NRCS, Temporarily Flooded Wetlands, Fish and Wildlife Habitat Management Leaflet Number 47, 2007 <ftp://ftp-fc.sc.egov.usda.gov/WHMI/WEB/pdf/TechnicalLeaflets/TempWetlandsJan16.pdf>, accesat la 29.11.2011.
- [74]. Planul de Management al SBH Banat, www.rowater.ro.
- [75]. Proiectul Proiectul Central Kalimantan Peatland, Wetlands International, <http://www.wetlands.org/WatchRead/Currentpublications/tabid/56/mod/1570/articleType/ArticleView/articleId/2239/Default.aspx> accesat 12 iulie 2011.
- [76]. Ramsar Briefing Note 2, STRP, Scientific and Technical Review Panel, februarie 2012.
- [77]. Ramsar Factsheet: Wetland Ecosystem Services, 2010, www.ramsar.org.
- [78]. Redimensionarea ecologică și economică pe sectorul românesc al Luncii Dunării, Institutul de Cercetare și Dezvoltare a Deltei Dunării Tulcea.
- [79]. Technical note no. 4, United States Department of Agriculture, Natural Resources Conservation Service, 2010.
- [80]. US ARMY CORPS OF ENGINEERS - HEC-RAS – River analysis system user’s manual, Institute for Water Resources Hydrologic Engineering Center, Davis, 2010.

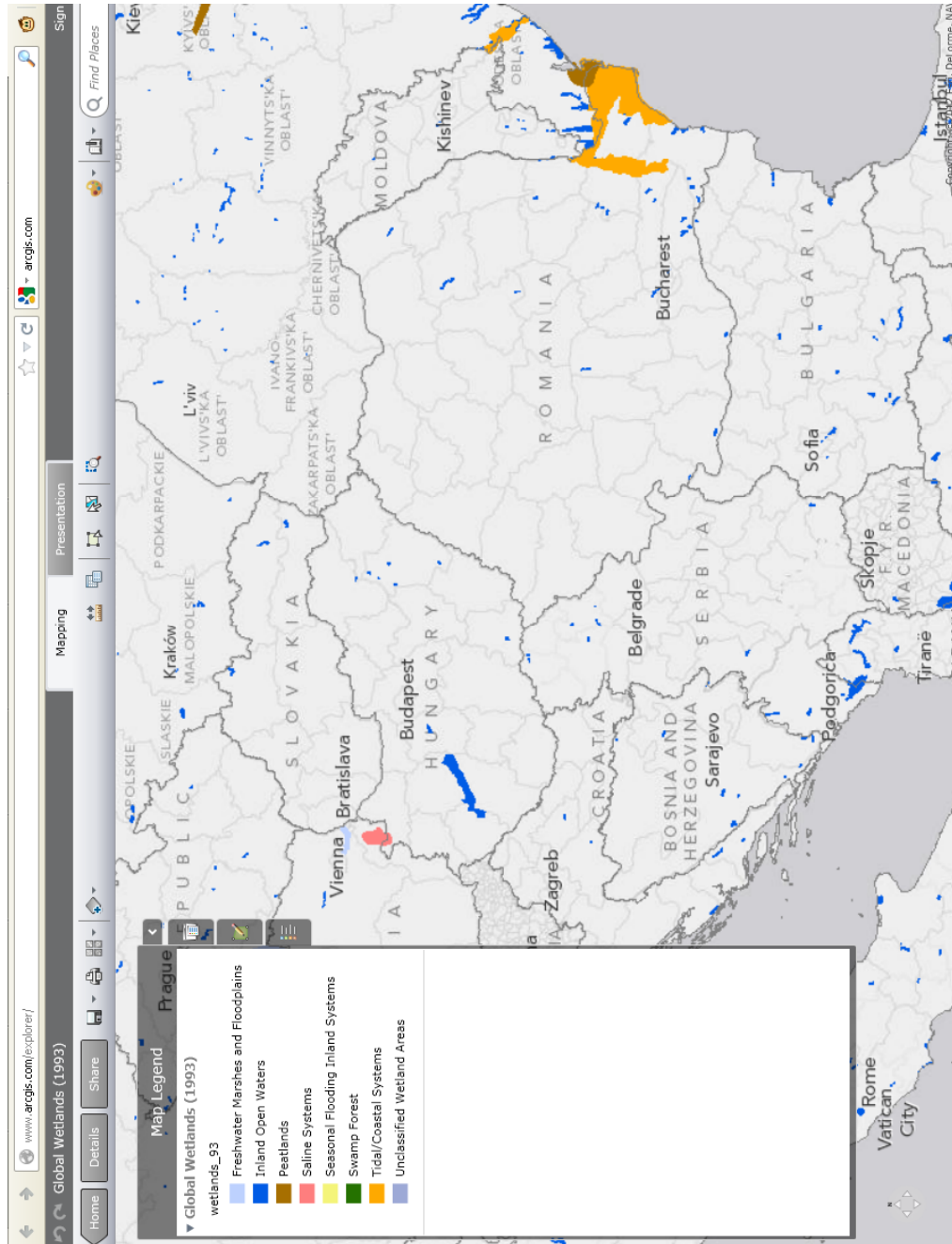
- [81]. US ARMY CORPS OF ENGINEERS - HEC-GEO RAS GIS tools for support of HEC-RAS using ArcGIS user's manual, Institute for Water Resources Hydrologic Engineering Center, Davis, 2009.
- [82]. U.S. Environmental Protection Agency Office of Wetlands, „Natural Wetlands And Urban Stormwater: Potential Impacts And Management”, Oceans and Watersheds Wetlands Division Washington, D.C., 1993
- [83]. U.S. Fish & Wildlife Service, Report to Congress: Status and Trends of Wetlands in the Conterminous United States 2004 to 2009, Septembrie 2011
- [84]. Wetlands Delineation Manual, Environmental Laboratory, Wetlands Research Program Technical Report Y-87-1 (on-line edition), US Army Corps of Engineers, 1987, <http://el.ercdc.usace.army.mil/elpubs/pdf/wlman87.pdf>
- [85]. WWF, „Evaluarea potențialului de reconstrucție ecologică în lungul Dunării și al afluenților săi”, 2010.
- [86]. <http://opensiuc.lib.siu.edu/cgi/viewcontent.cgi?article=1383&context=jcwre&seiredir=1&referer=http%3A%2F%2Fwww.google.ro%2Furl%3Fsa%3Dt%26rc%3Dj%26q%3Destimating%2520potential%2520> accesat la 10.08.2011
- [87]. www.banaterra.ro
- [88]. www.ciobarciu.ro
- [89]. www.cpiitimis.ro
- [90]. www.cwp.org
- [91]. www.fotomaramures.ro
- [92]. www.icpa.ro/comune_vulnerabile/Timis/Raport%20timis.pdf
- [93]. www.icpdr.org
- [94]. www.indeltadunarii.ro
- [95]. www.mmediu.ro/vechi/pdf/legislatie/ape/2_Metodologia/Metodologia_determinare_bazine_hidrografice_torentiale.pdf accesat la 25.02.2012
- [96]. www.niwa.co.nz/freshwater/update/freshwater-update-38-october-2010/investing-in-real-time-water-quality-monitoring accesat la 29.03.2012
- [97]. www.portiledefier.ro
- [98]. www.ramsar.org
- [99]. www.romania.panda.org
- [100]. www.rowater.ro
- [101]. www.soil.ncsu.edu
- [102]. waterwatchadelaide.net.au/uploads/images/wetlands/food_web_arrow.gif accesat la 12.07.2012
- [103]. www.wetlandswatch.org
- [104]. www.wetlandpark.com
- [105]. www.wetland.org,
- [106]. www.wetlands.org
- [107]. www.wetlands.org/WatchRead/Currentpublications/tabid/56/mod/1570/articleType/ArticleView/articleId/2239/Default.aspx accesat la 12.05.2012

ANEXE

Anexa 1. Districtul Hidrografic al Dunării, harta zonelor umede și a câmpiilor inundabile cu potențial de renaturare [ICPDR]



Anexa 2. Harta cu acoperirea Europei cu zone umede în 1993 [arcgis.com]



Anexa 3. Lista Ramsar cu Zonele Umede de Importanță Internațională din România, www.ramsar.org, (01.08.2012)

În prezent există 12 sit-uri , cumulând o suprafață de 923.597 ha:

Bistreț

Data desemnării: 13/06/12;

Amplasare: județul Dolj; 27.482 ha; Coordonate: 43°52'34"N 023°34'40"E, sit Natura 2000 (SPA).

Descriere: Un amestec de habitate ce includ lacul Bistreț, fluviul Dunărea, complexe piscicole și lagune, insule, teren agricol, pășuni umede și păduri care adăpostesc specii diverse de floră și faună, în special păsări. Fiind localizat pe cea mai mare rută de migrare, sit-ul este o zonă de cuibărit, odihnă și loc de hrănit pentru specii de păsări ca: *Branta ruficollis* și *Pelecanus crispus*. Sit-ul este folosit pentru agricultură, pescuit și activități recreaționale. Lacul Bistreț are funcție de rezervor și influențează schimbul de apă cu freaticul. Zona din jurul lacului este de o importanță arheologică, cu unul din complexele cele mai importante din epoca bronzului de pe Dunărea de Jos. Funcționarea fermei piscicole reprezintă amenințări la anumite site-ului, la fel ca braconajul și eliminarea deșeurilor solide. Numărul sit Ramsar: 2063.

Parcul Natural Comana

Data desemnării: 25/10/11;

Amplasare: județul Giurgiu; 27.482 ha; Coordonate: 44°09'N 026°09'E, sit Natura 2000 (SPA, SCI)

Descriere: Un complex din câmpia plană a sudului României caracterizat printr-o mare diversitate de floră și faună și compuse în principal din păduri, agro-ecosisteme, pajiști, râuri, lacuri, canale, lacuri potcoavă și o micro-deltă. Peste 157 de specii de păsări au fost observate în parc, care suportă în mod regulat mai mult de 20.000 de păsări de apă, multe dintre ele migratoare. Parcul susține, de asemenea numeroase specii de pești, inclusiv *Petroleuciscus* și specia amenințată pe plan internațional *Umbra krameri*. Râul Neajlov și microdelta sa sunt habitate optime pentru vidra (*Lutra lutra*), precum și jder (*Martes Martes*), dihor (*Putorius putorius*), șacal (*Canis aureus*) și bursuc (*Meles meles*). Dintre acela 1300 de specii de plante, 72 sunt amenințate la nivel național și specii cum ar fi *Marsilea quadrifolia* L. sunt, de asemenea, protejate în Europa. Arii speciale de conservare au fost stabilite pentru *Ruscus aculeatus*, precum și pentru bujorul Român *Peonia peregrina*, care dă numele său la Festivalul Bujorului, celebrată în parc, în luna mai. Sit-ul joacă un rol important în purificarea apei, protecția împotriva inundațiilor, stabilizarea țărmului, reîncărcare a apelor subterane, precum și întreținerea fluxului de apă. Aproximativ 10.000 de oameni care trăiesc în interiorul parcului beneficiază în mod direct de aceste servicii și utilizează, de asemenea, sit-ul pentru pescuit, vânătoare și agricultura tradițională. Importanța istorică provine de la Mănăstirea Comana, construită de Vlad Țepeș (cunoscut sub numele de "Dracula"), în 1462. Sit Ramsar nr. 2004.

Delta Dunării

Data desemnării: 21/05/91;

Amplasare: județul Tulcea; 647.000 ha; Coordonate: 45°10'N 029°15'E, World Heritage Site, UNESCO Biosphere Reserve.

Descriere: Delta Dunării (partea română) constă dintr-o zonă caracterizată prin diguri fluviale de nisip și lacuri cu vegetație densă, o zonă de tranziție de la lacuri, la mlaștini mai mari de stuf și de diguri împădurite, precum și o zonă marină, dominate de complexe de dune și plaje. Site-ul acceptă o floră bogată, fauna este dată de peste (75 de specii) și populații importante de mamifere. Zona este importantă la nivel internațional pentru reproducerea și hibernarea păsărilor de apă. Speciile cuibăritoare includ cormorani și pelicani. Locuitorii din mai multe sate risipite au legături culturale unice cu ecosistemul. Activitățile umane includ pescuit, silvicultură, la scară mică cultivare și turismul. Sit-ul a fost în mod oficial înfrățit cu sit-ul Ramsar Camargue printr-un acord între guvernele din România și Franța, 1992. Sit Ramsar nr. 521.

Complexul Piscicol Dumbrăvița

Data desemnării: 02/02/06;

Amplasare: Transilvania; 414 ha; Coordonate: 45°46'N 025°29'E, (SPA).

Descriere: Un complex de bazine piscicole și rezervoare, înconjurat de culturi agricole, pășuni, vegetație densă emergentă cu stuf, zone mlaștinoase și pășuni umede. Aceste habitate sprijină o floră foarte bogată și este un sit de reproducere importantă pentru peste 30 de specii de păsări de apă și zonă de odihnă pentru un număr mai mare de 100 de specii de păsări; în afară de speciile cele mai abundente, există unele care sunt rare pentru România, cum ar fi: *Platalea leucorodia*, *Plegadis falcinellus*, *Cygnus Cygnus*, *Branta ruficollis*. Valoarea cea mai importantă din punct de vedere economic este producția de pește, care utilizează sistemul iazului pe întregul său, cu regim hidrologic în schimbare și terasele nămolose de mare productivitate pentru acvacultură. Alte utilizări includ recreere, agricultură, recoltarea fânului, pășunatul, acesta din urmă contribuie la regenerarea anuală a pajștilor și mlaștini. Amenințările sunt cauzate de exploatarea turbei și mai ales de arderea ilegală necontrolată a trestiei, care fragmentează habitatele și afectează păsările, la fel ca recoltarea prematură a fânului pe pajști umede. Pescuitul cu undița, braconajul și transportul în interiorul rezervațiilor cu stuf în timpul sezonului de împerechere afectează sit-ul. Sit Ramsar nr. 1605.

Parcul Natural Porțile de Fier.

Data desemnării: 18/01/11;

Amplasare: Caraș Severin, Mehedinți; 115.666 ha; Coordonate: 44°41'N 021°56'E.

Descriere: Sit-ul este situat în sud-vestul României. Este un sit cu potențial transfrontalier de o frumusețe remarcabilă, se învecinează cu Republica Serbia de-a lungul cursul Dunării. Este în mare parte acoperit de păduri, presărate cu piscine cu apă dulce. Varietatea de ecosisteme, precum și diversitatea speciilor este foarte mare. Multe specii de floră (aproximativ 3700) și faună (mai mult de 5200) sunt protejate în temeiul legilor internaționale, europene și naționale. Astfel de specii de păsări, cum ar fi vultur imperial (*Aquila heliaca*), amfibieni (*Bombina bombina*), specii de pești vulnerabile, cum ar fi *Acipenser ruthenus*, și mamifere, cum ar fi vidra (*Lutra lutra*). Unele specii de plante sunt endemice. Sit-ul Porțile de Fier servește unor scopuri multiple, de la producția de hidroenergie la activitățile de pescuit, de navigație și de petrecere a timpului liber. Este deosebit de important ca loc o reproducere, odihnă și de iernare pentru numeroase specii de păsări și în mod regulat susține 20.000 sau mai multe păsări. Sit Ramsar nr. 1946.

Iezerul Călărași

Data desemnării: 13/06/12;

Amplasare: județul Călărași; 5.001 ha; Coordonate: 44°11'24"N 027°16'28"E.

Descriere: Inițial acoperit în întregime de Lacul Ezer, sit-ul conține acum doar o mică parte a fostului lac care a fost păstrat în urma îndiguirii Dunării. Restul a fost transformat în teren agricol și iazuri ce formează acum un mozaic de ecosisteme naturale și umane. Este de o importanță deosebită pentru 271 de specii de păsări de apă migratoare și sedentare, precum și pentru mai multe specii de pești, amfibieni, reptile și mamifere, inclusiv specii amenințate la nivel național, european și mondial. În timpul iernii, un număr mare de păsări din speciile *Anser albifrons* și *Branta ruficollis* se odihnesc și se hrănesc pe lac. Utilizări ale omului includ pescuit, acvacultură și agricultură și site-ul este important pentru controlul inundațiilor și reîncărcare a apelor subterane. Amenințări potențiale includ turismul necontrolat și supra-pescuitul. Mai multe măsuri de conservare sunt prevăzute, inclusiv prevenirea arderilor de stuf, reducerea substanțelor chimice utilizate pentru sectorul agricol, precum și posibila dezvoltare a eco-turismului. Un centru de informare care oferă programe educaționale există deja. Numărul site Ramsar: 2064.

Lacul Techirghiol

Data desemnării: 23/03/06;

Amplasare: județul Constanța; 1.462 ha; Coordonate: 44°03'N 028°38'E.

Descriere: Un lac situat în apropiere de coasta Mării Negre, împărțit în trei părți de două baraje construite în anii 1980: partea de est a rămas sărat, între barajele de apă a devenit sălcie, și capătul vestic al lacului conține apă proaspătă. În aceste condiții diverse populația de plante, cum ar fi *Suaeda maritima* și *Puccinellia distans*, precum și animalele *Triturus dobrogicus* și *Bombina bombina* și mai multe specii de lilieci, amenințate, s-au dezvoltat continuu, și zonele umede le oferă habitate ce asigură condiții bune pentru o varietate mare de specii. Sit-ul oferă un loc de adăpostire foarte important pentru păsările de apă, în special găște și rațe, și în același timp oferă paturi de stuf ideale de reproducere pentru numeroase specii de păsări. Caracteristicile marine ale lacului sunt bune pentru *Artemia salina*, un crustaceu mic care produce sapropel, nămol biogenic, care este folosit pentru activități medicale terapeutice. Amenințări potențiale sunt percepute de la tulburări cauzate de numărul mare de turiști și localnici care accesează zona cu autovehicule, precum și o groapa de gunoi în apropierea localității Techirghiol. Sit Ramsar nr. 1610.

Lunca Mureșului

Data desemnării: 02/02/06;

Amplasare: județele Arad, Timiș; 17.166 ha; Coordonate: 46°13'N 021°09'E, Parc natural IBA

Descriere: Include lungimea râului Mureș, în aval de Arad până la granița cu Ungaria. Acesta constă într-o varietate mare de ecosisteme, un amestec de pajiști, inunate periodic în special din zonele acoperite cu păduri din lemn tare și moale, teren arabil și pășuni, precum și aproximativ 40 de insule pe râu. Ecosistemele de pădure și brațele moarte, permanent sau temporar legate de Mureș, sunt printre câteva exemple de acest tip de habitat rămase în Europa. Peisajul actual a rezultat în urma îndiguirii albiei Mureșului și a transformării terenurilor pentru scop agricol; lunca de jos este mărginită de diguri și terase mari, aceasta este supusa la toate beneficiile și daunele provocate de inundații, cum ar fi uscarea habitatelor în anii cu debit redus

de apă și captarea apei de la viituri. Perturbarea este cauzată de pășunatul excesiv, precum și a braconajului, a introducerii unor specii exotice de arbori, în special *Acer negundo*. Principalele activități umane sunt de exploatare a petrolului și recoltarea lemnului, împreună cu agricultura, precum și pășunatul oilor și vitelor. Printre multe site-uri arheologice se întâlnește fortificația "Santul Mare", datând din epoca bronzului. Hodoș-Bodrog și Bezdin sunt mănăstirile de o importanță culturală și constituie obiective pentru turismul ecumenic.

Confluența Olt-Dunăre

Data desemnării: 13/06/12;

Amplasare: județele Olt, Teleorman; 46.623 ha; Coordonate: 43°45'43"N 024°43'53"E, Natura 2000 (SPA, SCI), IBA.

Descriere: Sit-ul conține porțiuni naturale ale râurilor Olt și Dunăre, pajiști și păduri aluviale, păduri riverane mixte, insule de nisip, lacuri potcoavă și lacuri temporare, oferă un habitat ideal pentru multe specii de păsări de apă vulnerabile: pelicanul *Pelecanus crispus*, precum și 33 de specii de păsări de importanță europeană, care folosesc sit-ul pentru odihnă și hrană. De asemenea, este important pentru diferite specii de pești, amfibieni și mamifere. Site-ul este folosit pentru agricultură, silvicultură, pescuit și activități recreative, precum și producția de hidroenergie. Nesuferind multe transformări de influență umană, multe din funcțiile ecologice ale sit-ului sunt încă intacte și joacă un rol important în protecția împotriva inundațiilor și captează sedimentele. Construcția de hidrocentrale, eliminarea deșeurilor solide, și braconajul sunt unii dintre factorii care amenință sit-ului. Numărul site Ramsar: 2065.

Tinovul Poiana Stampei

Data desemnării: 25/10/11;

Amplasare: județul Suceava; 640 ha; 47°17'28"N, 025°05'57"E, Natura 2000
Descriere: Considerat cea mai mare turbărie oligotrofă din România, sit-ul este împădurit cu pini *Pinus silvestris f. turfosa* și înconjurat de pădure de molid, care acționează ca o zonă tampon. Acesta include mai multe tipuri de habitate enumerate în Directiva Habitata a UE și oferă un adăpost pentru specii rare pe plan internațional de faună și floră, cum ar fi *Ligularia sibirica*. Turbăria găzduiește, de asemenea, specii de alge endemice, cum ar fi *Batrachospermum dornense*. Unele dintre speciile de plante, mușchi *Sphagnum wulfianum* și *Dryopteris cristata* feriga, sunt relicve în România. Componentele forestiere ale sit-ului sunt importante pentru prevenirea inundațiilor, în special în perioadele ploioase de primăvară. Sit-ul joacă un rol în purificarea apei și stochează cantități considerabile de dioxid de carbon odată cu creșterea stratului de turba. Sit-ul este folosit în principal pentru cercetare științifică și în scop educational. Vânturile puternice au dus la deteriorarea gravă a copacilor, care este de așteptat să ducă la o creștere a populațiilor de insecte. Sit Ramsar nr. 2003.

Insula Mică a Brăilei

Data desemnării: 15/06/01;

Amplasare: județul Brăila; 17.586 ha; 44°58'N 027°55'E, Rezervație naturală
Descriere: Un grup de zone umede din regiunea Dunării de Jos, una dintre zonele rare de-a lungul râului, care și-a păstrat încă din condițiile hidrologice naturale și care conține un eșantion reprezentativ de habitate caracteristice zonelor inundabile, precum și o fostă deltă interioară. Alcătuit din șapte insule mici, se întinde peste 61

km între cele două componente ale Dunării, chiar la sud (în amonte) din Brăila, al doilea mare oraș din România, sit-ul este de interes major pentru cel puțin 34 de specii de păsări protejate internațional, dintre care două, *Phalacrocorax pygmeus* (pigmeu cormorani) și *Pelecanus crispus*, sunt considerate priorități de finanțare LIFE, și 65 de specii de pești. Zonele umede îndeplinesc funcții importante hidrologice, în special în timpul inundațiilor sezoniere, și afectează microclimatul local. Adiacentul sit Marea Insulă a Brăilei", de cinci ori mai mare în dimensiune, a fost în mare parte drenată în timpul erei politice anterioare. Planurile regionale de management în trecut, au avut tendința de spre o agricultură intensivă și acvacultură, dar, mai recent, sustenabilitatea a apărut ca un obiectiv. Sit Ramsar nr. 1074.

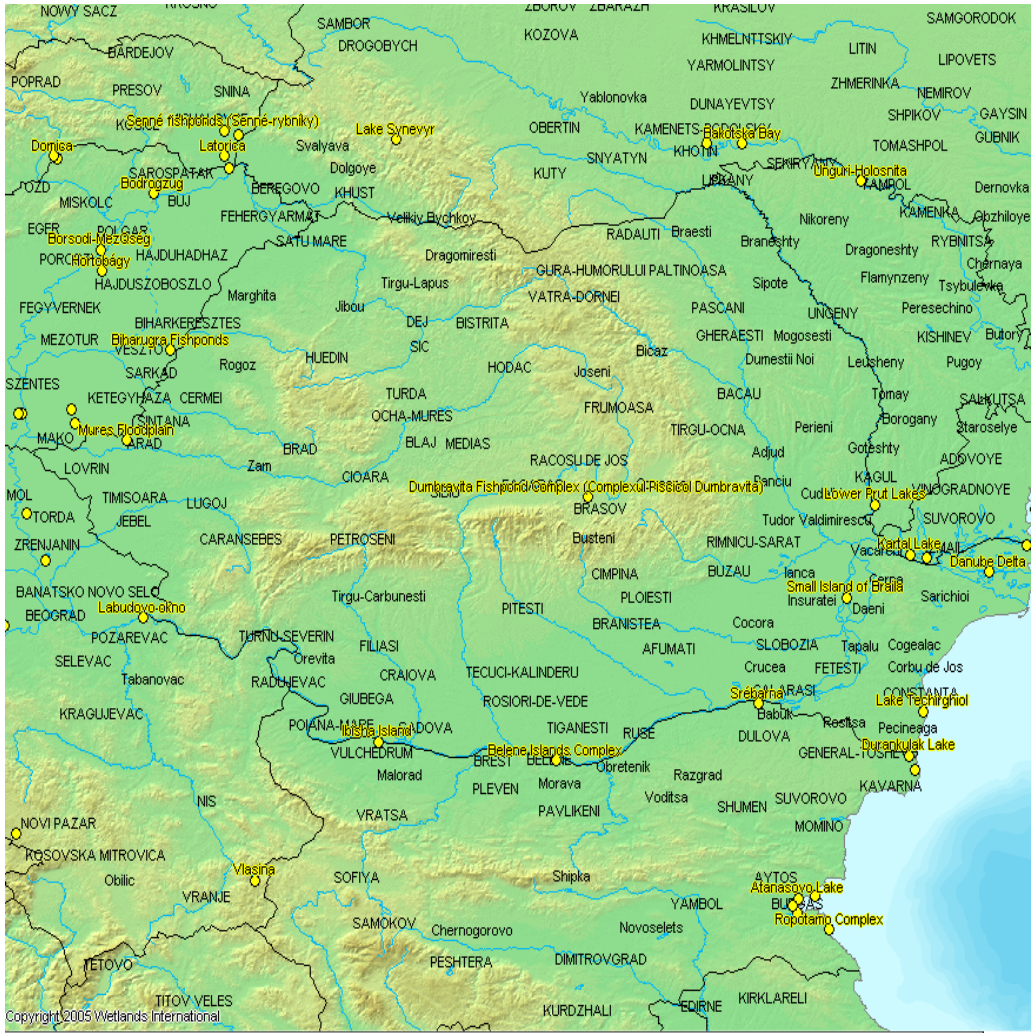
Suhaia

Data desemnării: 13/06/12;

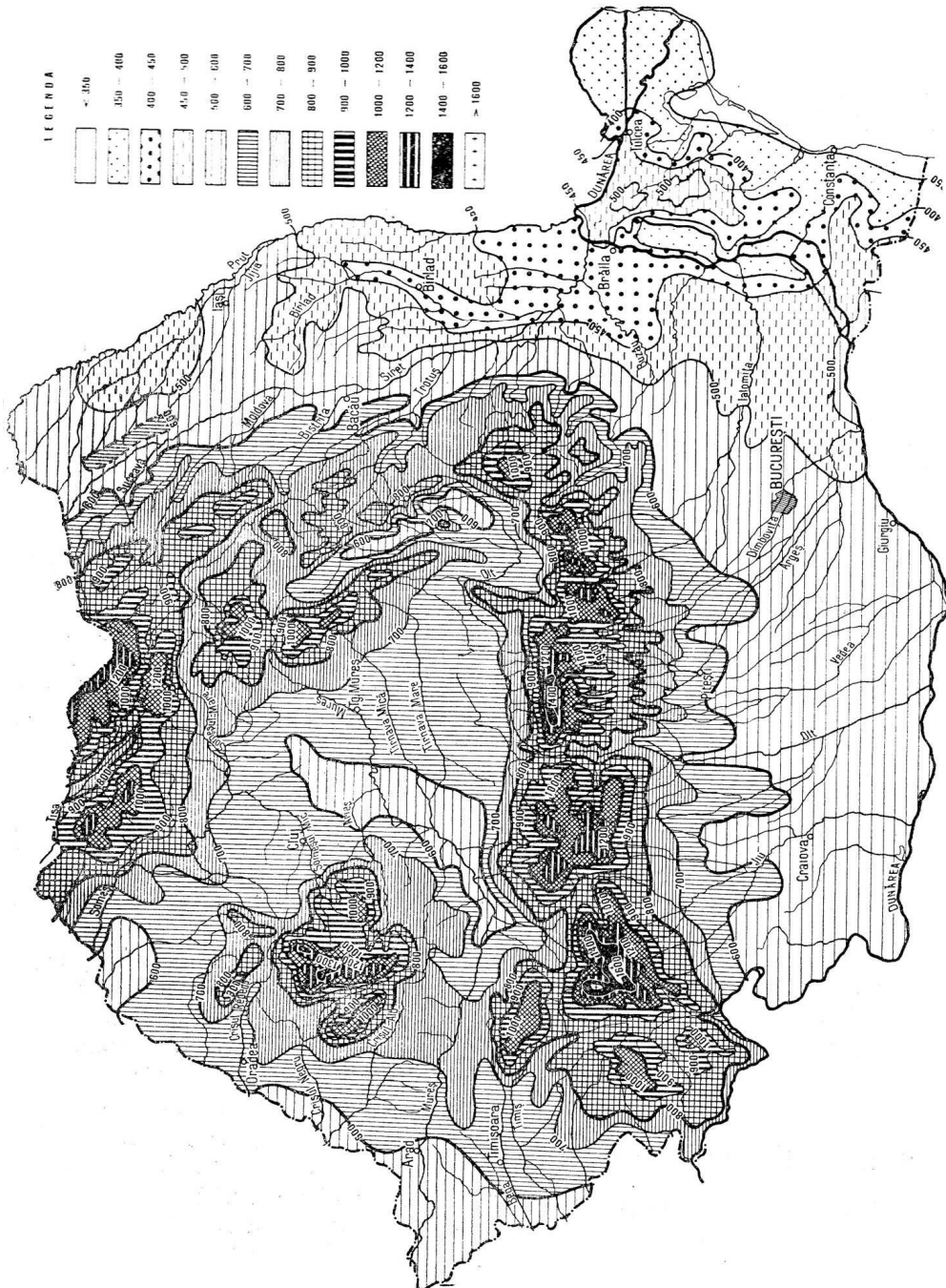
Amplasare: județul Teleorman; 19.594 ha; 43°44'17"N 025°11'33"E, Rezervație naturală pentru avifaună, Natura 2000 (SPA), IBA.

Descriere: Este situat de-a lungul unei rute de migrație majoră și cuprinde lacul Suhaia, fluviul Dunărea, canale de conexiune, iazuri de pescuit, rezervații de stuf, mlaștini și câmpurile de orez. Sit-ul oferă habitat pentru numeroase specii amenințate de păsări care se hrănesc și odihnesc aici, inclusiv 21 specii de păsări de importanță europeană, precum și vulnerabile la nivel global *Dalmația crispus*, *Pelecanus Pelican*. Mai mult decât atât, mai multe specii amenințate de nevertebrate, pești, reptile mamifere și amfibieni pot fi găsite aici. Lacul Suhaia joacă un rol important în realimentarea apelor subterane și a avut o importantă funcție de control a inundațiilor, înaintea îndiguirii Dunării. Utilizări ale omului includ acvacultură, agricultură, silvicultură și activități recreative. Arderea ilegală de vegetație, braconajul și excesul de îngrășăminte amenință caracterul ecologic al sit-ului. Numărul sit Ramsar: 2066.

Anexa 4. Harta cu amplasarea sit-urilor Ramsar

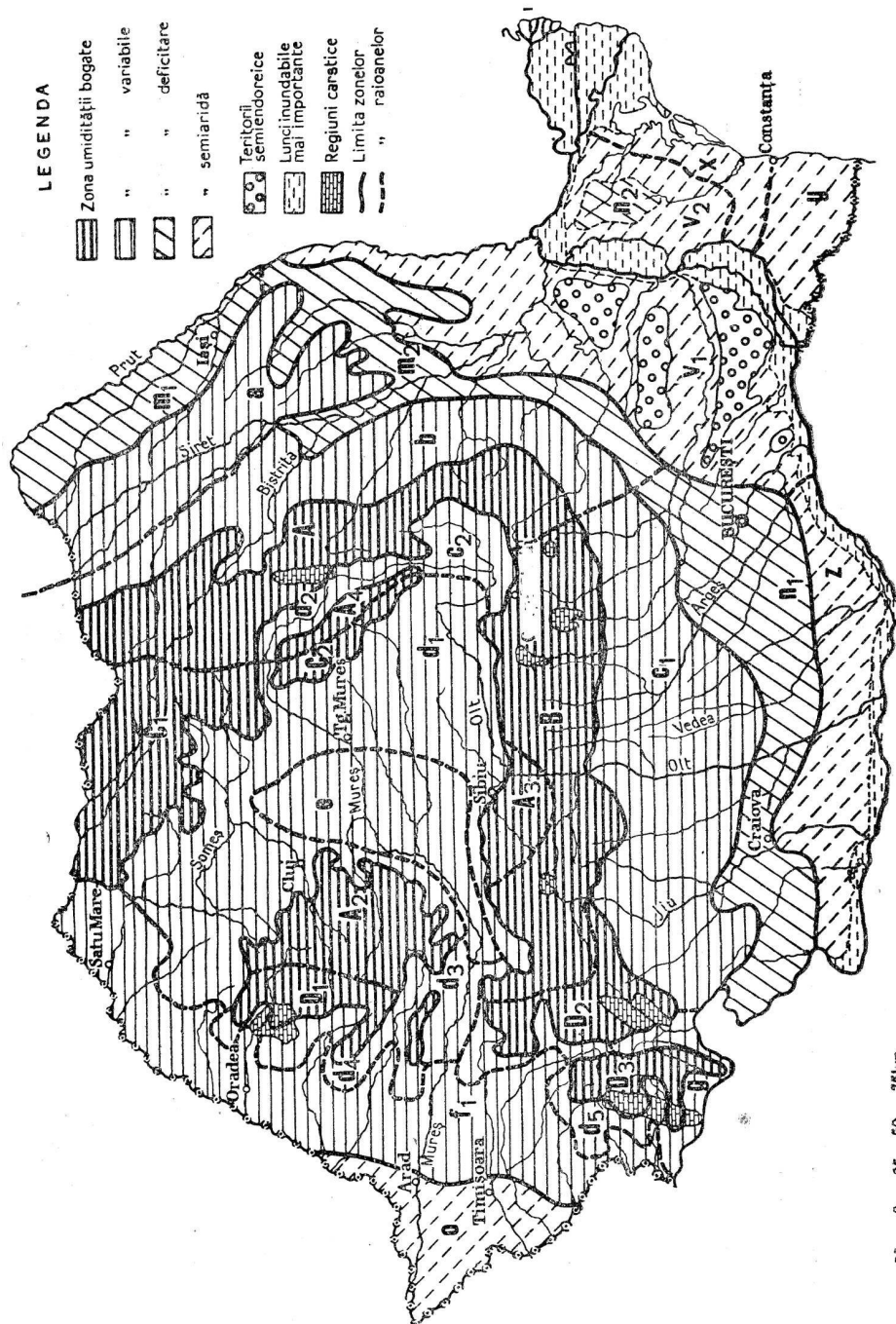


Anexa 5. Harta precipitațiilor medii anuale



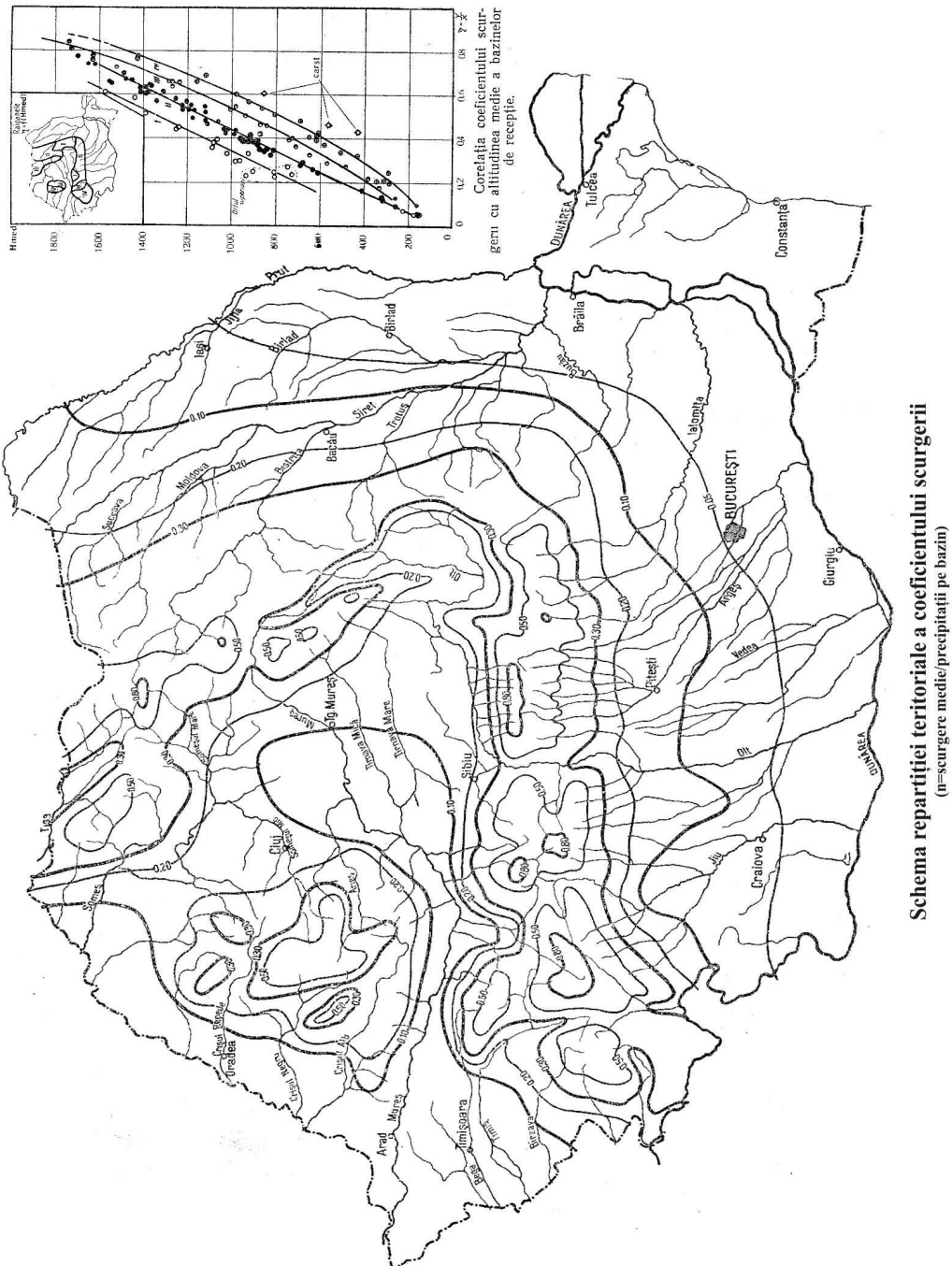
Harta precipitațiilor medii anuale

Anexa 6. Schema raionării bilanțului hidrologic



Schema raionării bilanțului hidrologic

Anexa 7. Repartiția teritorială a coeficientului scurgerii



Anexa 8. HG 1146/2002 modificată prin Ordinul 161 din 16 februarie 2006 pentru aprobarea Normativului privind clasificarea calității apelor de suprafață în vederea stabilirii stării ecologice a corpurilor de apă, publicat în Monitorul Oficial al României, partea I, nr 511 bis din 13 iunie 2006.

Nr.	Indicatorul de calitate	U/M	Clasa de calitate				
			I	II	III	IV	V
C.1. Regim termic și acidifiere							
1	Temperatură	°C	Nu se normează				
2	pH		6.5 – 8.5				
C.2. Regimul oxigenului							
1	Oxygen dizolvat	mgO ₂ /l	9	7	5	4	<4
2	Saturația oxigenului dizolvat	%					
	- Epilimnion (ape stratificate)		90-100	70-90	50-70	30-50	<30
	- Hipolimnion (ape stratificate)		90-70	70-50	50-30	30-10	<10
	- Ape nestratificate		90-70	70-50	50-30	30-10	<10
3	CBO ₅	mgO ₂ /l	3	5	7	20	>20
4	CCO-Mn	mgO ₂ /l	5	10	20	50	>50
5	CCO-Cr	mgO ₂ /l	10	25	50	125	>125
C.3. Nutrienți							
1	Amoniu (N-NH ₄ ⁺)	mg N/l	0.4	0.8	1.2	3.2	>3.2
2	Azotii (N-NO ₂ ⁻)	mg N/l	0.01	0.03	0.06	0.3	>0.3
3	Azotați (N-NO ₃ ⁻)	mg N/l	1	3	5.6	11.2	>11.2
4	Azot total (N)	mg N/l	1.5	7	12	16	>16
5	Ortofosfați solubili (P-PO ₄)	mg P/l	0.1	0.2	0.4	0.9	>0.9
6	Fosfor total (P)	mg P/l	0.15	0.4	0.75	1.2	>1.2
7	Clorofilă „a”	μg/l	25	50	100	250	>250
D. Indicatori pentru procesul de eutrofizare – lacuri naturale și de acumulare							
Nr.	Indicatorul	U/M	Ultra-oligotrof	Oligotrof	Mezotrof	Eutrof	Hiperotrof
1	Fosfor total (P)	mg P / l	0.005	0.01	0.03	0.1	>0.1
2	Azot mineral total (N)	mg N / l	0.2	0.4	0.65	1.5	>1.5
3	Biomasa fitoplanctonică	mg / l	1	3	5	10	>10
4	Clorofila „a”	mg / m ³	1	2.5	8	25	>25
5	Saturația oxigenului dizolvat	%	>70		10-70	<10	

Anexa 9. 02.04.2007 Fitoplancton râul Bega

Componenta taxonomică	Frecvența absolută	Biovolum specie	Observații	
Cyanobacteria			Volum recoltat:	1000 ml
Anabaena flos-aquae	4	4.950	Volum concentrat:	25 ml
Merismopedia tenuissima	6	300	Nr citiri:	4
Oscillatoria limosa	1	27.500	Densitatea:	1.006.250 exp/l
Euglenophyta			Biomasa:	4,21 mg/l
Euglena oxyuris	1	430.000	Stadiul trofic:	mezotrof
Bacillariophyta			Clorofila "a":	16,81 µg/l
Amphora ovalis	3	12.000	Stadiul trofic:	hipertrof
Cyclotella meneghiniana	6	800	Caracterizare trofică generală:	
Melosira varians	8	2.500		
Nitzschia acicularis	5	1.600		
Stephanodiscus hantzschii	2	800		
Chlorophyta				
Actinastrum hantzschii	4	5.600		
Ankistrodesmus falcatus var acicularis	41	300		
Hyaloraphidium contortum	56	250		
Pediastrum boryanum	1	8.000		
Pediastrum duplex	4	8.000		
Scenedesmus acuminatus	2	2.500		
Scenedesmus intermedius	13	2.000		
Scenedesmus quadricauda	4	1.000		

Anexa 10. Fitoplancton 07.06.2007, râul Bega

Componenta taxonomica	Frecventa absoluta	Biovolum specie	Observatii		
Cyanobacteria			Volum recoltat:	1000	ml
Anabaena affinis	1	13600	Volum concentrat:	25	ml
Anabaena flos-aquae	9	4000	Nr citiri:	4	
Aphanizomenon flos-aquae	17	8154	Densitatea:	468750	ex p/l
Merismopedia tenuissima	2	300	Biomasa:	5.12	mg/l
Euglenophyta			Stadiul trofic:	eutrof	
Euglena oxyuris	1	430000	Clorofila "a":	23.09	µg/l
Dinophyta			Stadiul trofic:	eutrof	
Peridinium bipes	1	40000	Caracterizare trofica generala:	eutrof	
Chlorophyta					
Actinastrum hantzschii	12	5600			
Ankistrodesmus falcatus	2	300			
Coelastrum microporum	9	8177			
Crucigenia tetrapedia	4	250			
Hyaloraphidium contortum	8	250			
Pediastrum duplex	1	8000			
Scenedesmus acuminatus	2	2500			
Scenedesmus quadricauda	2	1000			
Tetraedron regulare	4	200			

Anexa 11. Fitoplancton 2009 râul Bega

Componenta taxonomică	Valenta saproba	Frecvența absolută	Observatii		
Cyanobacteria					
Anabaena flos-aquae	β	1	Nr. citiri:	4	
Bacillariophyta					
Cymbella lanceolata	β	5	Densitate:	1,944,444	exp/l
Gomphonema constrictum	β	18			
Navicula cryptocephala	α	17			
Nitzschia palea	α	15	Index saprob S:	2.55	
Synedra ulna	β	1	$\alpha =$	0	
Cymatopleura solea	$\beta\alpha$	1	$\beta =$	27	
Chlorophyta			$\alpha =$	33	
Ankistrodemus falcatus	$\beta\alpha$	1	$\rho =$	0	
Hyaloraphidium contortum	—	8	Cls de calitate:	III	
Scenedesmus quadricauda	β	1			
Scenedesmus spinosus	—	2			

Anexa 12. MICROFITOBENTOS, 2007, Bega

Componenta taxonomica	Valenta saproba	Frecventa absoluta	Observatii		
Cyanobacteria					
Anabaena flos-aquae	β	5	Nr. citiri:	4	
Bacillariophyta					
Cymatopleura solea	$\beta\alpha$	4	Densitate:	2,055,556	exp/l
Cymbella lanceolata	β	2			
Gomphonema constrictum	β	13			
Hantzschia amphyoxis	α	8	Index saprob S:	2.57	
Navicula cryptocephala	α	12	o =	0	
Nitzschia palea	α	19	β =	31.5	
Pinnularia viridis	β	3	α =	42.5	
Synedra ulna	β	3	p =	0	
Chlorophyta			Cls de calitate:	III	
Ankistrodemus falcatus	$\beta\alpha$	3			
Scenedesmus quadricauda	β	2			

Anexa 13. 27.09.2007, FITOPLANCTON, râul Bega

Componenta taxonomica	Frecventa absoluta	Biovolum specie (μ^3)	Observatii		
Cyanobacteria			Volum recoltat:	1000	ml
Anabaena flos-aquae	13	4038	Volum concentrat:	35	ml
Aphanizomenon flos-aquae	10	4250	Nr citiri:	4	
Merismopedia tenuissima	4	300	Densitatea:	700000	exp/l
Euglenophyta			Biomasa:	6.25	mg/l
Euglena ehrenbergii	3	85000	Stadiul trofic:	eutrof	
Dinophyta			Clorofila "a":	9.59	$\mu\text{g/l}$
Peridinium bipes	2	40000	Stadiul trofic:	eutrof	
Bacillariophyta			Caracterizare trofica generala: eutrof		
Hantzschia amphyoaxis	5	11000			
Pinnularia viridis	3	16000			
Chlorophyta					
Actinastrum hantzschii	6	5600			
Coelastrum microporum	12	8177			
Crucigenia tetrapedia	8	250			
Hyaloraphidium contortum	3	250			
Pediastrum duplex	3	8000			
Pediastrum simplex	2	4000			
Scenedesmus acuminatus	5	2500			
Scenedesmus quadricauda	1	1000			

Anexa 14. 19.11.2007 FITOPLANCTON, râul Bega

Componenta taxonomică	Frecvența absolută	Biovolum specie (μ)	Observatii		
Cyanobacteria			Volum recoltat:	1000	ml
Anabaena flos-aquae	7	5786	Volum concentrat:	40	ml
Merismopedia tenuissima	2	300	Nr citiri:	4	
Euglenophyta			Densitatea:	710000	exp/l
Euglena acus	3	7500	Biomasa:	4,92	mg/l
Euglena ehrenbergii	1	85000	Stadiul trofic:	eutrof	
Dinophyta			Clorofila "a":	9.59	μ g/l
Peridinium bipes	4	40000	Stadiul trofic:	eutrof	
Bacillariophyta			Caracterizare trofica generală: eutrof		
Hantzschia amphyois	3	11000			
Nitzschia acicularis	18	1600			
Pinnularia viridis	6	16000			
Chlorophyta					
Ankistrodesmus falcatus	8	300			
Coelastrum microporum	2	1766			
Hyaloraphidium contortum	12	250			
Pediastrum duplex	1	8000			
Scenedesmus acuminatus	3	2500			
Scenedesmus acutus	1	1000			

Anexa 15. 18.04.2008 FITOPLANCTON, râul Bega

Componenta taxonomică	Frecvența absolută	Biovolum specie	Observatii		
Cyanobacteria			Volum recoltat:	1000	ml
Oscillatoria limosa	2	27500	Volum concentrat:	20	ml
Euglenophyta			Nr citiri:	4	
Euglena acus	2	7500			
Euglena oxyuris	1	430000			
Bacillariophyta					
Amphora ovalis	5	12000	Densitatea:	350000	exp/l
Cymbella prostrata	6	2000	Biomasa:	4,55	mg/l
Diatoma elongatum	4	1800	Stadiul trofic:	mezotrof	
Diatoma vulgare	8	3800	Clorofila "a":	0.36	µg/l
Gomphonema constrictum	6	1300	Stadiul trofic:	ultraoligotrof	
Gomphonema olivaceum	2	500	Caracterizare trofica generala:		
Melosira varians	1	110000			
Navicula cryptocephala	6	5000			
Navicula rynchocephala	2	750			
Pinnularia viridis	6	16000			
Roicosphaenia curvata	2	450			
Synedra acus	1	300			
Synedra ulna	7	4000			
Chlorophyta					
Pediastrum duplex	2	8000			
Scenedesmus acuminatus	4	2500			
Scenedesmus quadricauda	7	4000			

Anexa 16. 25.06.2008 Fitoplancton, râul Bega

Componenta taxonomica	Frecventa absoluta	Biovolum specie	Observatii		
Cyanobacteria	1	30000	Volum recoltat:	1000	ml
Anabaena flos-aque	4		Volum concentrat:	20	ml
Anabaena solitaria	3	12 500	Nr citiri:	4	
Lyngya limnetica					
Euglenophyta					
Euglena acus	2	7500			
Euglena oxyuris	1	430000	Densitatea:	550 000	exp/l
Euglena variabilis	2		Biomasa:	5,40	mg/l
Phacus helicoids	2		Stadiul trofic:	eutrof	
Phacus orbicularis	2		Clorofila "a":	0.36	µg/l
Dinophyta			Stadiul trofic:	ultraoligotrof	
Peridinium aciculiferum	1	7200	Caracterizare trofica generala:		
Bacillariophyta					
Amphipleura pellucida	4				
Cyclotella meneghiniana	4	800			
Cymbella prostrate	1	2000			
Gomphonema pusilla	7				
Chlorophyta					
Coelastrum sphaericum	5				
Pediastrum duplex	1	8000			
Pediastrum simplex	1	4000			
Scenedesmus quadricauda	2	1600			
Zignematophyta					
Staurastrum paradoxum	2				

Anexa 17. Microfitobentos, râul Bega, 2007

Componenta taxonomica	Valenta saproba	Frecventa absoluta	Observatii		
Specia					
Bacillariophyta					
Asterionella Formosa	$\alpha\beta$				
Cymbella ventricosa	$\alpha\beta$		Nr. citiri:	1	
Cyclotella meneghiniana	$\beta\alpha$				
Cymbella lanceolata	β		Densitate:	1 944444	exp/m ²
Gomphonema constrictum	β				
Gyrosigma acuminatum	β				
Hantzschia amphioxya	α		Index saprob S:	2.22	
Navicula cryptocephala	α		$\alpha =$	1,5	
Navicula rynchocephala	α		$\beta =$	24	
Synedra ulna			$\alpha =$	9,5	
Chlorophyta			$p =$	0	
Pediastrum duplex	β		Clas de calitate:	II	
Pediastrum simplex	β				

Anexa 18. Microfitobentos, râul Bega, 2009

Componenta taxonomica	Valenta saproba	Frecventa absoluta	Observatii
Euglenophyta			Index saprob: 2,14
Euglena acus	$\beta\alpha$	3	$\alpha = 3,5$
Bacillariophyta			$\beta = 50,5$
Amphora ovalis	α	2	$\alpha = 13$
Cyclotella meneghiniana	$\beta\alpha$	1	$p = 0$
Cymatopleura solea	$\beta\alpha$	2	Clasa calitate II
Diatoma elongatum	$\alpha\beta$	3	Densitatea: 3 722 222
Diatoma vulgare	$\beta\alpha$	6	exp/m ²
Fragilaria capucina	β	2	
Fragilaria crotonensis	$\alpha\beta$	4	
Gyrosigma acuminatum	β	3	
Navicula rynchocephala	α	2	
Synedra acus	β	15	
Synedra ulna	β	10	
Chlorophyta			
Pediastrum duplex	β	2	
Scenedesmus acuminatus	β	4	
Scenedesmus quadricauda	β	5	

Anexa 19. Flora din acumulările Liebling, Pișchia, Sânanndrei și Surduc [43]

	biof	geo.	U	species	Presence of the species			
					Liebling	Pișchia	Sânanndrei	Surduc
1	H	Circ	4	<i>Agrostis stolonifera</i> L.	+	+	-	+
2	HH	Eua	6	<i>Alisma lanceolatum</i> With.	+	-	-	-
3	HH	Cosm	6	<i>Alisma plantago-aquatica</i> L.	-	+	-	+
4	H	Circ (bor)	5	<i>Alopecurus aequalis</i> Sobol	+	-	-	-
5	H	Eua	4	<i>Alopecurus pratensis</i> L.	+	+	+	+
6	Th	Eua	4,5	<i>Bidens tripartita</i> L.	+	+	+	+
7	HH	Cosm	6	<i>Bolboschoenus maritimus</i> (L.) Palla	+	-	+	+
8	HH	Eua	6	<i>Butomus umbellatus</i> L.	+	+	+	+
9	H	Eua	5	<i>Calamagrostis canescens</i> (Weber) Roth.	+	-	-	-
10	H	Circ	4,5	<i>Caltha palustris</i> L.	-	-	-	+
11	H	Eua	4	<i>Calystegia sepium</i> (L.) R.Br.	+	+	+	+
12	HH	Eua (Med)	6	<i>Carex acutiformis</i> Ehrh.	-	+	-	+
13	H	Eur	4	<i>Carex distans</i> L.	+	-	-	+
14	HH	Circ (bor)	5	<i>Carex lasiocarpa</i> Ehrh.	-	-	-	+
15	HH	Eua (Cont)	4	<i>Carex melanostachya</i> Bieb. ex Willd.	-	+	-	-
16	HH	Eua	5	<i>Carex riparia</i> Curtis	+	+	+	+
17	HH	Eua	4	<i>Carex vulpina</i> L.	+	+	-	+
18	HH	Cosm	6	<i>Ceratophyllum demersum</i> L.	-	+	-	+
19	G	Eua	4,5	<i>Cirsium canum</i> (L.) All.	+	-	-	-
20	TH	Eua	4,5	<i>Cirsium palustre</i> (L.) Scop.	+	-	-	+
21	Th	Cosm	4,5	<i>Cyperus flavescens</i> Jacq.	-	+	-	-
22	Th	Eua	6	<i>Cyperus fuscus</i> L.	+	-	-	+
23	H	Cosm	4	<i>Deschampsia caespitosa</i> (L.) Beauv.	-	-	-	+
24	TH	Eua	4	<i>Dipsacus laciniatus</i> L.	+	+	+	-
25	Th	Cosm	4	<i>Echinochloa crus-galli</i> (L.) Beauv.	+	+	+	+
26	Th	Circ	5,5	<i>Eleocharis acicularis</i> (L.) Roemer et Schultes	-	-	-	+
27	G	Cosm	5	<i>Eleocharis palustris</i> (L.) Roemer et Schultes	+	+	-	+
28	H	Eua	4,5	<i>Epilobium tetragonum</i> L.	-	+	-	+
29	Th	Adv	4	<i>Erigeron annuus</i> (L.) Pers.	-	+	-	+
30	H	Eua	4	<i>Eupatorium cannabinum</i> L.	-	+	-	+
31	H	Pont-Med	4,5	<i>Galega officinalis</i> L.	+	+	-	-
32	H	Eua	4,5	<i>Galium uliginosum</i> L.	-	-	-	+
33	HH	Cosm	5	<i>Glyceria maxima</i> (Hartm.) Holmberg.	+	+	+	-
34	Th	Eua	5	<i>Gnaphalium uliginosum</i> L.	-	-	-	+
35	H	Eua	4,5	<i>Gratiola officinalis</i> L.	+	-	-	+
36	Th	Eua	4	<i>Impatiens noli-tangere</i> L.	-	-	-	+
37	H	Circ	5	<i>Juncus articulatus</i> L.	-	+	-	+
38	Th	Cosm	4,5	<i>Juncus bufonius</i> L.	+	-	-	+
39	H	Cosm	4,5	<i>Juncus effusus</i> L.	+	-	+	+
40	H	Eua	4	<i>Juncus inflexus</i> L.	-	+	-	-
41	HH	Circ	6	<i>Leersia oryzoides</i> (L.) Swartz	-	-	-	+
42	HH	Cosm	6	<i>Lemna minor</i> L.	+	+	+	+
43	Th	Eua	4,5	<i>Lindernia procumbens</i> (Krocker) Philcox	-	-	-	+
44	HH	Eua	5	<i>Lycopus europaeus</i> L.	+	+	+	+
45	Ch	Eur	4	<i>Lysimachia nummularia</i> L.	+	+	+	+
46	H	Eua	5	<i>Lysimachia vulgaris</i> L.	+	+	+	+
47	Th	Cosm	4	<i>Lythrum hyssopifolia</i> L.	-	+	-	+
48	H	Cosm	4	<i>Lythrum salicaria</i> L.	+	+	+	+
49	HH	Eua	5	<i>Mentha aquatica</i> L.	+	+	+	+
50	H	Eua	4,5	<i>Mentha longifolia</i> (L.) Hudson	-	+	+	+
51	H	Eua	4	<i>Mentha pulegium</i> L.	-	+	-	+
52	H	Eua	5	<i>Myosotis scorpioides</i> L.	+	-	-	+
53	HH	Circ	6	<i>Myriophyllum spicatum</i> L.	-	+	-	+
54	HH	Eua	6	<i>Najas minor</i> All.	-	-	-	+
55	HH	Eua	6	<i>Oenanthe aquatica</i> (L.) Poiret	+	-	-	+
56	H	Dac.-Balc.-Pan.	4	<i>Oenanthe banatica</i> Heuffel	-	+	-	-

57	Th	Atl-Med	4	<i>Peplis portula</i> L.	-	-	-	+
58	HH	Circ	5	<i>Phalaris arundinacea</i> L.	+	+	+	+
59	HH	Cosm	5	<i>Phragmites australis</i> (Cav.) Steudel	+	+	+	+
60	H	Circ	5	<i>Poa palustris</i> L.	+	-	-	-
61	G	Cosm	6	<i>Polygonum amphibium</i> L.	+	+	+	+
62	Th	Eua	4,5	<i>Polygonum hydropiper</i> L.	+	+	-	+
63	Th	Cosm	4	<i>Polygonum lapathifolium</i> L.	-	+	-	+
64	Th	Eua	5	<i>Polygonum mite</i> Schrank	+	+	-	+
65	Th	Eua	4,5	<i>Polygonum persicaria</i> L.	-	+	+	+
66	MM	Eua	4	<i>Populus nigra</i> L.	-	-	+	-
67	HH	Cosm	6	<i>Potamogeton crispus</i> L.	+	+	+	+
68	HH	Cosm	6	<i>Potamogeton natans</i> L.	+	+	+	+
69	HH	Cosm	6	<i>Potamogeton pectinatus</i> L.	-	+	+	-
70	H	Cosm	4	<i>Potentilla anserina</i> L.	+	+	-	-
71	Th	Med	4	<i>Potentilla supina</i> L.	-	+	-	-
72	Th	Eua	4	<i>Pulicaria vulgaris</i> Gaertner	-	+	-	+
73	HH	Cosm	6	<i>Ranunculus aquatilis</i> L.	+	-	+	-
74	H	Eua	4	<i>Ranunculus repens</i> L.	+	+	+	+
75	HH	Eur	6	<i>Ranunculus trycophyllus</i> Chaix	-	+	-	-
76	HH	Eua	6	<i>Rorippa amphibia</i> L. (Besser)	+	+	-	+
77	H	Euc	4	<i>Rorippa austriaca</i> (Crantz) Besser	+	+	+	-
78	Th	Cosm	5	<i>Rorippa islandica</i> L.	-	-	-	+
79	H	Eur	4	<i>Rorippa sylvestris</i> (L.) Besser	+	-	-	+
80	H	Eua	4,5	<i>Rubus caesius</i> L.	+	+	+	+
81	H	Adv	4,4	<i>Rudbeckia laciniata</i> L.	-	-	-	+
82	H	Eua	4	<i>Rumex crispus</i> L.	+	+	+	+
83	H	Eur	4	<i>Rumex obtusifolius</i> L.	-	+	-	+
84	Th	Eua	5	<i>Rumex palustris</i> Sm.	+	-	-	-
85	MM	Eua	5	<i>Salix alba</i> L.	+	+	+	+
86	M	Eua	5	<i>Salix cinerea</i> L.	+	+	+	+
87	M	Eua	4,5	<i>Salix fragilis</i> L.	+	-	-	+
88	M	Eua	5	<i>Salix purpurea</i> L.	-	+	-	-
89	M	Eua	5	<i>Salix triandra</i> L.	-	+	-	-
90	HH	Cosm	6	<i>Schoenoplectus lacustris</i> L.	+	+	-	+
91	H	Euc	5	<i>Scutellaria hastifolia</i> L.	+	+	-	+
92	Ch	Eua	4,5	<i>Solanum dulcamara</i> L.	+	+	+	+
93	H	Eua	4,5	<i>Sonchus palustris</i> L.	-	+	-	-
94	HH	Eua	5,5	<i>Sparganium erectum</i> L.	-	+	-	+
95	HH	Cosm	6	<i>Spirodela polyrhiza</i> (L.) Schleichen	+	+	+	-
96	H	Circ	4	<i>Stachys palustris</i> L.	+	+	-	+
97	H	Eua	4	<i>Symphytum officinale</i> L.	+	+	+	+
98	H	Eua	4,5	<i>Teucrium scordium</i> L.	-	+	-	-
99	H	Eua	4,5	<i>Thalictrum flavum</i> L.	+	+	-	-
100	HH	Eua	6	<i>Trapa natans</i> L.	+	+	-	-
101	HH	Cosm	6	<i>Typha angustifolia</i> L.	+	+	+	+
102	HH	Cosm	6	<i>Typha latifolia</i> L.	+	+	-	+
103	H	Circ	5	<i>Veronica anagallis-aquatica</i> L.	-	+	-	+
				Total	60	71	36	77

Anexa 20. Speciile de fitoplancton pe râul Bega

TAXON COMPONENT	May	May	July	July
	Otelec	Timisoara	Otelec	Timisoara
<i>Achnanthes affinis</i>	-	-	-	+
<i>A. hungarica</i>	-	-	+	+
<i>A. microcephala</i>	-	-	+	-
<i>Actinocyclus normanii</i>	-	-	+	-
<i>Amphora ovalis</i>	-	-	-	+
<i>A. pediculus</i>	+	-	+	-
<i>Asterionella formosa</i>	-	-	+	-
<i>Bacillaria paxillifer</i>	-	-	+	-
<i>Caloneis bacillum</i>	-	-	+	-
<i>Ceratoneis arcus</i>	+	+	+	+
<i>C. arcus var. amphioxys</i>	+	-	+	+
<i>Cocconeis pediculus</i>	-	+	-	-
<i>C. placentula</i>	+	-	+	+
<i>C. placentula var. euglypta</i>	-	-	+	-
<i>Cyclotella comta</i>	-	-	+	-
<i>C. meneghiniana</i>	-	-	+	+
<i>Cymatopleura solea</i>	+	+	+	+
<i>Cymbella affinis</i>	-	-	+	-
<i>C. cistula</i>	-	-	+	-
<i>C. helvetica</i>	-	-	+	-
<i>C. lanceolata</i>	-	-	-	+
<i>C. prostrata</i>	-	-	+	-
<i>C. tumida</i>	+	+	+	+
<i>Diatoma ehrenbergii</i>	-	-	-	+
<i>D. elongatum</i>	+	+	+	-
<i>D. mesodon</i>	-	-	-	+
<i>D. vulgare</i>	+	+	+	+
<i>Didymosphaenia geminata</i>	-	-	-	+
<i>Diploneis elliptica</i>	+	-	-	-
<i>Ephitemia sebra</i>	-	-	-	+
<i>Eunotia exigua</i>	-	+	-	-
<i>Fragilaria capucina</i>	+	-	+	+
<i>F. virescens</i>	-	-	+	+
<i>Frustulia vulgaris</i>	+	-	+	+
<i>Gomphonema acuminatum</i>	+	+	+	+
<i>G. angustatum var. producta</i>	+	-	+	+
<i>G. gomphonema augur</i>	-	-	+	-
<i>G. constrictum</i>	-	-	+	+

<i>G. intricatum</i>	+	-	+	-
<i>G. lanceolatum</i>	+	+	+	-
<i>G. olivaceum</i>	-	-	+	-
<i>G. parvulum</i>	+	-	-	-
<i>G. truncatu</i>	-	-	+	-
<i>Gomphoneis olivacea</i>	+	-	+	+
<i>Gyrosigma acuminatum</i>	-	+	+	+
<i>G. attenuatum</i>	+	-	+	+
<i>Hantzschia amphioxys</i>	+	-	+	-
<i>Melosira granulata</i> var. <i>angustissima</i>	-	-	-	-+
<i>M. varians</i>	-	+	-	-
<i>Meridion circulare</i>	-	-	+	+
<i>N. capitata</i>	-	-	+	-
<i>N. capitatoradiata</i>	-	-	+	-
<i>N. cryptocephala</i>	-	-	+	-
<i>N. goppertiana</i>	+	-	+	-
<i>N. gracilllis</i>	+	-	-	-
<i>N. pupula</i>	-	-	-	-
<i>N. radiosa</i>	+	+	+	+
<i>N. rhynchocephala</i>	+	-	+	+
<i>N. trivialis</i>	-	-	-	+
<i>N. viridula</i>	-	-	+	-
<i>Nitzschia acicularis</i>	-	-	+	-
<i>N. apiculata</i>	+	-	-	-
<i>N. dissipata</i>	+	-	+	+
<i>N. fruticosa</i>	-	-	+	-
<i>N. intermedia</i>	-	-	+	-
<i>N. levidensis</i>	-	-	+	-
<i>N. linearis</i>	+	-	-	-
<i>N. microcephala</i>	-	-	+	-
<i>N. palea</i>	+	-	+	+
<i>N. palea var. debilis</i>	-	-	+	+
<i>N. recta</i>	-	-	+	-
<i>N. sigmoidea</i>	-	+	+	+
<i>N. sinuata</i>	+	-	-	-
<i>N. stagnorum</i>	-	-	+	-
<i>Pinnularia brebissonii</i>	-	-	+	-
<i>P. viridis</i>	+	-	+	+
<i>Rhoicosphaenia curvata</i>	+	+	+	+
<i>Surirella ovata</i>	+	-	+	-

<i>S. ovata var.apiculata</i>	-	-	-	+
<i>S. tenera</i>	+	-	-	-
<i>Stauroneis smithii</i>	-	-	+	-
<i>Stephanodiscus astrea</i>	-	-	+	-
<i>S. hantzschii</i>	+	-	-	-
<i>Synedra acus</i>	-	+	-	+
<i>S. acus var.angustissima</i>	-	-	+	-
<i>S. parasitica</i>	-	+	-	-
<i>S. pulchella</i>	-	-	+	-
<i>S. rumpens</i>	-	+	-	-
<i>S. vaucheriae</i>	+	-	+	-

Anexa 21. Măsurători de debite pe râul Bega

Statia	Data	Q mediu	Q max	Viteza medie	Viteza max
Remetea	10.IV.2009	16.9	22.6/8.III	0.400	0.435
	4.VI.2009	15.7	43.5/19.V.2005	0.407	0.500/2005
	9.X.2009	8.84		0.450	
Otelec	13.IV.2009	14.3	20.0/7.X.2009	0.690	0.320
	5.VI.2009	15.5	54.0/19.IV.2005	0.330	1.25/2005
	12.X.2009	14.3		0.690	
Remetea	12.V.2010	17.0	27.9/7.I	0.450	0.430
	19.XI.2010	13.9		0.410	
Otelec	9.VI.2010	14.3	29.3/19.VII	0.690	0.404
	12.VII.2010	17.9		0.290	
	5.X.2010	7.62		0.180	

Anexa 22. Debite medii lunare [m^3/s] la stația hidrometrică Pișchia (a) și stația Cenei (b), râul Bega Veche

Nr.	Anul	I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII	IX	X	XI	XII	An
1	2005	0.385	3.01	2.13	5.93	0.751	0.175	0.488	0.873	0.379	0.168	0.124	1.54	1.33
2	2006	1.48	2.01	1.64	1.28	0.131	0.757	0.064	0.078	0.075	0.055	0.115	0.131	0.651
3	2007	0.207	0.836	0.525	0.101	0.071	0.0230	0.008	0.000	0.000	0.005	0.079	0.110	0.164
4	2008	0.080	0.074	0.451	0.149	0.042	0.144	0.013	0.000	0.000	0.000	0.014	0.104	0.089
5	2009	0.170	0.119	1.570	0.051	0.016	0.019	0.008	0.000	0.000	0.000	0.150	0.665	0.231
6	2010	3.50	2.00	0.779	0.530	0.725	1.51	0.067	0.046	0.042	0.085	0.121	1.60	0.917

Nr.	Anul	I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII	IX	X	XI	XII	An
1	2005	2.08	5.22	8.69	14.2	9.00	2.72	1.94	2.84	3.67	3.63	2.22	4.08	5.02
2	2006	8.54	8.22	11.3	10.9	4.01	5.44	2.45	1.68	1.46	1.59	1.82	2.06	4.96
3	2007	2.41	4.94	5.00	2.62	1.47	1.07	0.503	0.396	0.418	0.671	1.79	2.21	1.96
4	2008	1.53	1.69	2.95	1.68	0.926	1.21	0.534	0.183	0.152	0.316	0.438	1.00	1.05
5	2009	0.952	1.66	4.36	1.74	0.694	0.355	0.274	0.068	0.023	0.041	0.668	1.77	1.05
6	2010	11.8	8.93	9.74	4.74	3.340	5.65	2.63	1.46	1.13	1.40	1.70	4.86	4.78

Anexa 23. Debite medii lunare [m^3/s] la stația hidrometrică Becicherecu Mic pe râul Apa Mare

Nr. Anul	I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII	IX	X	XI	XII	An
1 2005	1.05	1.70	3.50	3.25	3.75	1.85	0.846	1.66	1.95	1.70	1.20	2.29	2.06
2 2006	3.56	3.00	4.12	3.79	1.94	2.26	0.866	0.646	0.652	0.809	1.09	1.02	1.98
3 2007	1.36	2.78	1.86	1.49	1.12	0.949	0.412	0.221	0.268	0.477	1.22	1.39	1.13
4 2008	1.18	1.12	1.41	1.21	0.630	0.571	0.480	0.080	0.101	0.218	0.277	0.736	0.668
5 2009	0.747	1.05	1.75	0.936	0.311	0.180	0.118	0.037	0.022	0.028	0.297	0.690	0.514
6 2010	3.43	2.42	2.61	1.41	1.14	1.76	1.05	0.765	0.597	0.736	1.09	2.34	1.61