

**UNIVERSITATEA „AUREL VLAICU” DIN ARAD
ȘCOALA DOCTORALĂ INTERDISCIPLINARĂ
DOMENIUL: INGINERIA MEDIULUI**



**Monitorizarea calității apelor de
suprafață din bazinul râului Mureș
REZUMATUL TEZEI DE DOCTORAT**

Elena Violeta (BLIDAR) MONEA

**COORDONATOR ȘTIINȚIFIC:
Prof. univ. dr. habil Florentina-Daniela MUNTEANU**

**ARAD
2024**

Cuprins

Introducere	3
Obiective	4
Capitolul I. Noțiuni introductive cu privire la ape.....	5
1.1. Apa – cea mai scumpă bogăție a Terrei	5
1.2. Apa în natură – cadrul general	5
1.3. Substanțele dizolvate în apă	6
1.3.1. Oxigenul dizolvat	6
1.3.2. Dioxidul de carbon	6
1.3.3. Hidrogenul sulfurat	6
1.3.4. Ionii de hidrogen	7
1.3.5. Substanțele minerale	8
1.3.6. Substanțele organice și biogene	9
1.4. Apa potabilă	9
Capitolul II. Indicatori de monitorizare ai apelor de suprafață. Poluarea apelor –tipuri de poluanți și surse de poluare	11
2.1. Poluarea apelor – prezentare generală.....	11
2.2. Poluarea fizică, chimică și biologică.....	12
2.2.1. Eutrofizarea	13
2.2.2. Procesul de bioacumulare și de biomagnificare	14
2.2.3. Perturbatori endocrini.....	15
2.2.4. Poluarea cu petrol și hidrocarburi	15
2.3. Efecte ale poluării mediului asupra sănătății oamenilor	16
2.4. Surse de poluare a apelor de suprafață	16
2.5. Standarde de calitate ale apei	16
2.6. Sursele de poluare ale râului Mureș aferent județului Arad.....	17
2.7. Studiu comparativ al situației poluării în bazinele de apă Mureș, Olt, Siret.....	18
Capitolul III. Cercetare în Bazinul hidrografic Mureș. Monitorizarea și evaluarea parametrilor de calitate ai râului Mureș pe secțiunile din județul Arad	19
3.1. Bazinul hidrografic Mureș – descriere generală	19
3.2. Monitorizarea calității apelor de suprafață.....	20
3.2.1. Evaluare stare/potențial ecologic 2015/2020 – bazinul râului Mureș.....	21

3.2.2. Surse de poluare (2019) în bazinul hidrografic Mureș.....	22
3.3. CERCETARE: starea ecologică în Bazinul hidrografic Mureș (2015/2020)	22
3.3.1. Instrumente și metode	23
3.3.2. Evaluarea stării ecologice pe 3 secțiuni de apă (județul Arad)	23
3.3.3. Comparații privind starea ecologică pe 3 secțiuni de apă (județul Arad)	42
3.4. Studiu de caz Pecica.....	52
3.5. Impactul ecologic	55
Capitolul IV. Concluzii generale, perspective și recomandări.....	57
Bibliografie selectivă.....	60

Introducere

Teza de doctorat „**Monitorizarea calității apelor de suprafață din bazinul râului Mureș**” își propune să analizeze indicatorii de calitate ai apelor de suprafață, respectiv ai bazinului hidrografic Mureș, pentru perioada 2015-2020. Sunt utilizate date ce se referă la parametrii biologici, fizico-chimici, condițiile de oxigenare și salinitate, starea acidifierii apei, nutrienții, poluanții specifici, dar și pe baza altor caracteristici specifice acestui râu.

Evaluarea și monitorizarea apei are o importanță deosebită atât pentru locuitorii din județul Arad cât și pentru cei de pe Valea Mureșului, de la izvor până la vărsare. Apa este o resursă esențială și indispensabilă vieții. Am ales această temă deoarece consider că apele de suprafață merită o abordare mai amănunțită, atât din punct de vedere a calității apei cât și din punct de vedere a cantității de apă întâlnită într-o țară sau regiune.

La nivelul județului Arad sunt evaluați indicatorii de calitate a apei pe cele trei secțiuni aferente bazinului hidrografic Mureș. Pe baza acestora se poate face o evaluare a calității apelor, prin transformarea datelor monitorizate pentru apele de suprafață și conversia acestora în clase de calitate a apei. Datele sunt furnizate de Administrația Națională Apele Române (ANAR) (Departamentul Managementului resurselor de Apă, Gestiune Calitativă și Protecția Resurselor de Apă).

Lucrarea este structurată pe patru capitole, **primul capitol** se referă la noțiunile fundamentale cu privire la caracteristicile apelor de suprafață la nivel general. **Al doilea capitol** face referire la indicatorii de monitorizare ai apelor de suprafață, respectiv la poluarea apelor, tipurile de poluanți și principalele surse de poluare. Tot aici este inclus un studiu comparativ al situației poluării în bazinele de apă Mureș, Olt și Siret. **Al treilea capitol** se referă la cercetarea stării ecologice a apelor din bazinul hidrografic Mureș, monitorizarea și evaluarea parametrilor de calitate ai râului Mureș pe secțiunile din județul Arad și investigarea percepției cetățenilor din Pecica și localitățile aferente cu privire la beneficiile de revitalizare a sistemului de apă potabilă și canalizare. În cele din urmă, în **capitolul al patrulea** sunt prezentate concluziile cercetării, impactul ecologic pe cele trei secțiuni de apă, recomandări și perspective privind prezervarea calității apelor din bazinul râului Mureș din zona studiată.

Obiective

Scopul cercetării îl reprezintă monitorizarea și investigarea parametrilor de calitate ai apelor de suprafață din bazinul hidrografic Mureș (parametri fizici, chimici și biologici), pe cele trei corpuri de apă aferente județului Arad. Denumirea secțiunilor și corpurilor de apă care aparțin de județul Arad sunt: **Săvârșin, Arad și Nădlac**.

Principalele obiective urmărite sunt:

1. Monitorizarea calității apelor de suprafață din bazinul hidrografic Mureș, pe cele trei corpuri de apă aparținătoare județului Arad, respectiv prelucrarea și interpretarea datelor de monitorizare cu privire la parametrii biologici, fizici și chimici.

2. Studiul comparativ al situației poluării în bazinele de apă Mureș, Olt și Siret și investigarea percepției locuitorilor din zona Pecica privind apa potabilă și uzată, accesul și calitatea apei și opinia lor cu privire la distribuția apei și la investițiile făcute în aprovizionarea populației cu apă.

3. Evaluarea impactului ecologic a activităților antropice asupra celor trei secțiuni ale râului Mureș, prin calculare unui indice de poluare conform metodologiei avansate de Zaharia (2012), aplicând formula: $EQ_i = C_i \text{ măsurat} / MAC_i$ unde EQ_i reprezintă indicele de poluare, C_i este valoarea măsurată a parametrului luat în calcul, iar MAC_i reprezintă limita maximă admisă pentru parametrul măsurat.

CAPITOLUL I

Noțiuni introductive cu privire la ape

1.1. Apa – cea mai scumpă bogăție a Terrei

Apa se găsește pretutindeni pe planeta noastră: pe pământ, sub pământ, în aer, în corpul viețuitoarelor. Ubicuitatea aceasta a apei este asigurată prin împlinirea circuitului apei în natură/ciclul hidrologic.

Apa este utilizată pentru activitatea normală a biosferei, respectiv direct de către om, fiind indispensabilă acestuia. Până în secolul XX, eficiența și calitatea apei, cererea de apă, reprezentau o problemă secundară, dar ulterior, apa potabilă a ajuns să fie considerată un bun limitat. Astfel că, odată cu extinderea urbanizării pe scară largă, nevoia vitală de apă este în creștere. Oamenii de știință abordează problema apei nu numai la nivel național, ci și internațional [1]. Astfel, de o deosebită importanță și unică în peisajul științific privind problematica resurselor de apă globale a fost Conferința Națiunilor Unite de la Mar del Plata, în Argentina, care a avut loc între 14 și 25 martie 1977. De-a lungul timpului, o serie de cercetări au arătat importanța apei în natură, dar și implicațiile ei în dezvoltarea menținerii vieții pe Pământ. Iar dintre acestea una dintre cele mai importante componente o reprezintă apele de suprafață; râurile, fluviile, lacurile, etc.

1.2. Apa în natură – cadrul general

În sistemul nostru solar, dovezi ale existenței gheții subterane, rețele antice de ape și chiar un ocean antic apar doar pe planeta Marte. Dovezi de gheață și poate chiar apă în stare lichidă apar sub suprafețele înghețate a trei dintre lunile lui Jupiter, deși în prezent, niciuna nu are ape de suprafață libere.

Dar printre planetele care orbitează Soarele, Pământul este în mod clar *planeta apei*. Este binecunoscut faptul că Pământul se mai numește și Planeta albastră, pentru că, văzut din spațiu, are culoarea albastră datorită apei care îl acoperă în proporție de două treimi.

Apa apare pe suprafața sa sub formă de lichid, gheață și gaz. Apele oceanice acoperă acum aproape 71% din suprafața Pământului, conform conferinței ONU din Argentina din 1977, în timp ce apele dulci din lacuri și râuri acoperă mai puțin de 1% [1]. Calotele glaciare acoperă permanent regiunile polare ale Pământului, iar ghețarii sunt răspândiți în înălțimile muntoase. Apa sub formă

de nori ascunde cam jumătate din suprafața Pământului în orice moment. Erupțiile vulcanice extrag continuu apa și gazele din rocile din interiorul Pământului.

1.5. Substanțele dizolvate în apă

Apa, în starea ei naturală, nu se regăsește niciodată în stare pură, aceasta conține anumite cantități de substanțe chimice dizolvate sau aflate în suspensie. Diversitatea acestor substanțe a condus la clasificarea lor în mai multe grupe [7]: gazele dizolvate (oxigenul, dioxidul de carbon și hidrogenul sulfurat) – cele mai frecvente substanțe aflate în compoziția apei în natură, substanțele minerale și substanțele organice și biogene.

1.5.1. Oxigenul dizolvat

Oxigenul dizolvat se referă la nivelul de oxigen liber, necompus, prezent în apă sau alte lichide, fiind un parametru important în evaluarea calității apei datorită influenței sale asupra organismelor care trăiesc în interiorul unui corp de apă. Mănescu și colaboratorii [7] subliniază că bilanțul oxigenului din apă rezultă din jocul – echilibrul dinamic – a două grupe de procese. Un grup este reprezentat de procesele care îmbogățesc cantitatea de oxigen din apă, iar celălalt din cele care reduc cantitatea de oxigen

1.5.2. Dioxidul de carbon

Dioxidul de carbon este un gaz a cărui dizolvare în apă care face parte din categoria proceselor care contribuie la diminuarea oxigenului din apă, prin folosirea acestuia la transformarea și degradarea biochimică a substanțelor și uneori la oxidarea unor elemente minerale [5]. Dioxidul de carbon se poate găsi în apă sub formă combinată (CO_3H) și liberă (CO_2).

1.5.3. Hidrogenul sulfurat

Această substanță minerală se găsește mai rar în apă, cu precădere în apele subterane. Sulfatele sunt o combinație de sulf și oxigen și sunt o parte a mineralelor care apar în mod natural în unele formațiuni de sol și roci care conțin apă subterană. În timp, mineralul se dizolvă și este eliberat în apele subterane. Bacteriile care folosesc sulful ca sursă de energie, sunt producătorii primari ai sulfurii de hidrogen, schimbând chimic sulfații naturali din apă în hidrogen sulfurat. Aceste bacterii trăiesc în medii cu deficit de oxigen, cum ar fi fântâni și puțuri adânci, sisteme de instalații sanitare, sisteme de dedurizare a apei și în cazane de încălzit apa. Aceste bacterii proliferază, de obicei, pe partea de încălzire a sistemelor de distribuție a apei.

1.5.4. Ionii de hidrogen

Ionii de hidrogen apar și în apa chimic pură, ca urmare a procesului de disociere parțială. Deși constanta de disociere a apei este foarte redusă (1/555 milioane de molecule), concentrația ionilor de hidrogen este o caracteristică naturală foarte importantă a apei [7]. Concentrația de ioni de hidrogen este exprimată mai convenabil sub formă de pH, care este logaritmul reciproc al concentrației de ioni de hidrogen în moli gram per litru.

Cele mai acide ape de pe Pământ se află în Depresiunea Danakil din Etiopia, cunoscută drept „poarta spre iad” (figura 1.1.). Într-un peisaj de culori suprarealiste, dominat de iazuri luminescente galbene și verzi, cu apă fierbinte care fierbe ca un cazan și gaze de clor și sulf care otrăvesc aerul, este unul dintre cele mai neprietenoase locuri de pe Pământ. Cu toate acestea, o expediție recentă în regiune a descoperit că este plină de viață [22].



Figura 1.1. *Lac acidice în depresiunea Etiopiei (credit foto: © Alamy, 2017)*

La polul opus apelor acide, cu un pH mic, se află apele alcaline, cu un pH extrem de mare. Un exemplu notoriu de lac alcalin este Lacul Natron din Tanzania, cu un pH de până la 10,5 datorită concentrațiilor mari ai sării de sodiu a acidului carbonic Na_2CO_3 (soda) și bicarbonatului de sodiu NaHCO_3 , care intră în apa din solul din jur [23]. În timp ce lacul susține un ecosistem înfloritor, incluzând flamingo, ciclidae alcaline și alge rezistente la pH, leșurile animalelor sunt conservate de

carbonatul de sodiu, asemănător procesului de mumificare egipteană, creând imagini de o frumusețe tulburătoare (figura 1.2.).



Figura 1.2. *Un flamingo pietrificat conservat de sărurile minerale din Lacul Natron*
(credit foto: © N. Brandt, 2010)

1.3.5. Substanțele minerale

Substanțele minerale cel mai frecvent întâlnite în compoziția apei naturale sunt: calciul, potasiul, sodiul, magneziul, cobaltul, nichelul, litiul, bariul și altele. Apele naturale, în funcție de gradul de mineralizare, se împart în [7]:

- ape slab mineralizate (sub 500 mg/dm^3)
- ape mineralizate (între 500 și 1000 mg/dm^3)
- ape puternic mineralizate (peste 1000 mg/dm^3)

Apele de suprafață sunt mai slab mineralizate deoarece sărurile minerale provin din apa din roci și din sol, iar unele studii arată că mineralizarea acestora crește de la munte la șes și în funcție de debit, astfel că mineralizarea crește în perioada cu debit scăzut și invers.

1.3.6. Substanțele organice și biogene

Substanțele organice și biogene sunt substanțe biologice care provin din cele organice sub acțiunea enzimatică a microorganismelor: amoniacul, azotitii, azotații, fosfații, compuși ai fierului și ai siliciului. Materia organică dizolvată este cel mai mare rezervor de carbon organic din mediul acvatic. Prezența lor poate fi influențată foarte mult de utilizarea terenului, care poate ridica sau diminua încărcăturile de materie organică pe căile navigabile. Terenurile împădurite, de exemplu, pot contribui cu mai multe substanțe decât terenurile agricole, dar substanțele nutritive legate în material pot fi mai puțin disponibile biologic decât cele din câmpurile agricole [24].

De asemenea, se adaugă la materia organică dizolvată resturile organismelor vii și moarte care s-au descompus într-un corp de apă. Materia organică din canalele navigabile poate fi privită ca un amestec de lucruri vii și moarte, inclusiv produse vegetale, microbiene și animale în diferite stadii de descompunere [25]. De asemenea, în amestec se află compuși sintetizați biologic și chimic din produsele organismelor care se descompun și descompunerea generală (fig. 1.10). Aceste rămășițe pot fi defalcate în substanțe humice sau nehumice.

Substanțele humice sunt cele care constituie cea mai mare parte a materiei organice atât în soluri cât și în apă. Ele apar în mod natural, produse de organismele vii și, în general, de culoare galbenă-neagră. Substanțele humice au o greutate moleculară ridicată și sunt formate în mare parte ca urmare a activității microbiene pe materialele vegetale. Moleculele care rezultă sunt destul de rezistente la degradarea microbiană suplimentară și au, de regulă, rate mici de circulație în sistemele acvatice.

1.4. Apa potabilă

Apa potabilă trebuie să îndeplinească standardele fizico-chimice și igienico-sanitare care îi permit să fie folosită în alimentație fără a periclita sănătatea. Aceasta joacă un rol foarte important în organism, Organizația Mondială a Sănătății considerând un aport necesar de 5 litri de apă pe zi pentru o persoană, din care 1,5 – 2 litri o reprezintă apa consumată ca atare, cu variațiuni în funcție de context (climă, anotimp, vârstă, sex, efort). La acestea se adaugă cantități mult mai mari de apă utilizată în alte scopuri (igienă personală, pregătirea alimentelor, curățenia locuinței și îmbrăcăminții) un optim aproximativ de 100 litri pe zi, conform OMS [3].

Pentru a putea fi băută, apa trebuie să fie curată, transparentă, fără gust, fără miros, microbiologic pură, duritate maxim 100mg/l, cu un pH între 6,5 și 7,4 și turbiditate ≤ 5 . Temperatura apei potabile trebuie să fie cuprinsă între 7-15°C, iar numărul organismelor biologice să nu fie mai mare de 20 într-un litru de apă, cantitatea de substanțe chimice dizolvate, coloidale sau în suspensie să fie în raport cu normele legale [27].

Contaminanții apei potabile sunt evaluați la nivel mondial prin reglementări stabilite cu privire la calitatea apei destinate consumului uman și, de obicei, se încadrează în grupuri distincte, inclusiv compuși anorganici, compuși organici și sintetici, cum ar fi pesticide și microbieni și alți contaminanți. Contaminanții obișnuiți și nivelurile acceptate sunt reglementate de standardele de apă potabilă ale Organizației Mondiale a Sănătății, Directiva Consiliului Uniunii Europene [28] și Standardele naționale de apă potabilă ale Environmental Protection Agency US [29], bazate pe nivelul maxim de contaminanți CMA – concentrație maximă admisă.

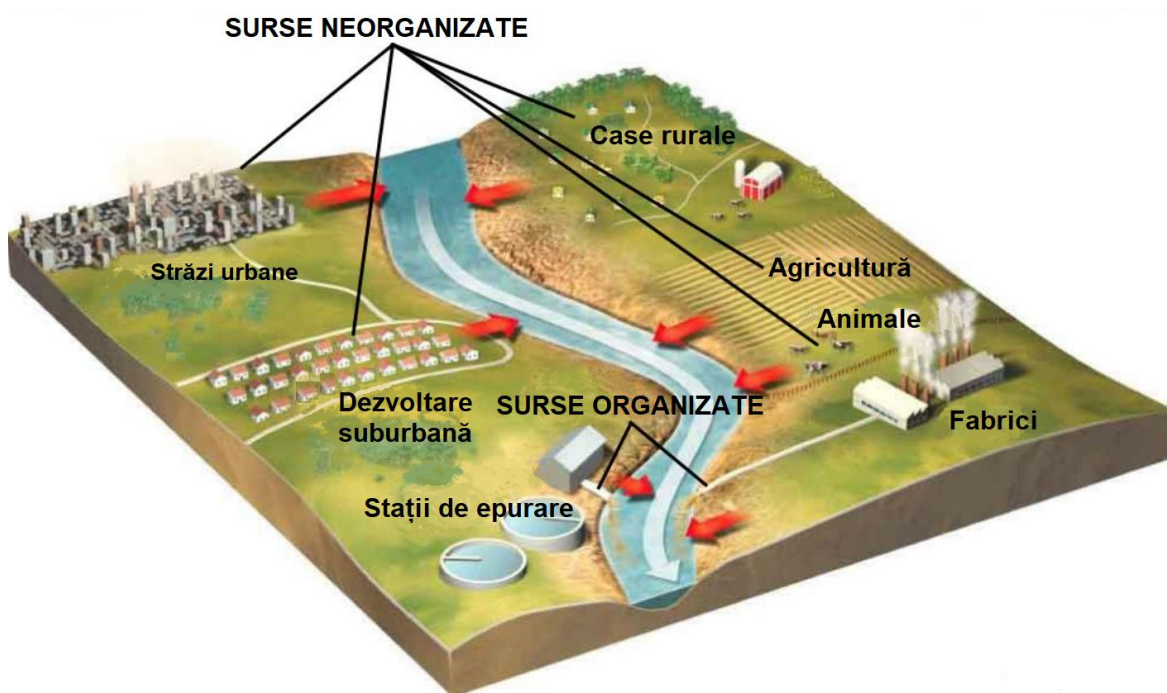
În prezent, apa potabilă curată este o problemă de viață sau de moarte. Lipsa apei potabile devine problema cea mai dificilă din punct de vedere tehnologic din secolul al XXI-lea, deoarece activitățile umane schimbă mediul înconjurător și fac ca imense cantități de apă să fie improprie pentru susținerea vieții. Oricare ar fi originea apei, acum este clar că apa potabilă poate fi obținută doar printr-un proces de filtrare fie la sursă, fie la consumator. În prezent, nu există surse de apă curate în multe centre majore ale populației din lume.

CAPITOLUL II.

Indicatori de monitorizare ai apelor de suprafață. Poluarea apelor – tipuri de poluanți și surse de poluare

2.1. Poluarea apelor – prezentare generală

Poluarea apei este modificarea în mod direct sau indirect a compoziției naturale a apei ca urmare a acțiunii umane. Autopoluarea este un fenomen natural și provine din deteriorarea masivă a animalelor și algelor din apă numit și fenomen de înflorire a apei. După apariția acestui fenomen apa devine bogată în substanțe organice în descompunere, apare consumul mare de oxigen și putrefacția.



**Figura 2.1. Surse de poluare (organizate și neorganizate) (adaptat după
Brooks/Cole – Thomson Learning, 2004)**

Poluarea mai apare atunci când întâlnim modificări în compoziția sa, nu o putem folosi în diferite scopuri, producerea inconvenienței în utilizarea apei sau periclitarea sănătății

consumatorilor. Impurificarea reprezintă modificarea compoziției apei, iar împiedicarea utilizării apei duce la poluare. Factorii care contribuie la poluarea apei sunt [7]:

- factorii demografici – poluarea este proporțională cu densitatea populației,
- factorii urbanistici – utilizarea unei cantități mari de apă și reîntoarcerea apei sub formă uzată,
- factorii industriali – creșterea și dezvoltarea industrială a unei regiuni se face paralel cu poluarea cu detergenți, solvenți, cianuri, metale grele, substanțe azotate, grăsimi, agenți de spalare, amoniac, etc.

Principalele surse de poluare [5] sunt grupate în surse organizate, unde murdărirea se poate face prin intermediul unor instalații de canalizare în orașe, evacuări industriale și surse neorganizate, unde murdărirea apei se poate face prin infiltrarea necontrolată a unor substanțe în localități fără canalizare. După acțiunea în timp surse de poluare pot fi clasificate în permanente (care nu pot fi îndepărtate), nepermanente (asupra cărora se poate acționa ecologic) și accidentale. În funcție de tipul de generare a poluării putem vorbi despre surse de poluare naturală și artificială, care includ apele uzate menajere și industriale și depozitele de deșeuri.

2.2. Poluarea fizică, chimică și biologică

Poluarea fizică – deversarea de substanțe radioactive, poluarea termică sau poluarea determinată de elementele nedizolvabile care plutesc la suprafață sau se pot sedimenta. Poluarea radioactivă – radiații – ploaia acidă care poate să provină de la centralele termoelectrice sau atomoelectrice.

Poluarea biologică – contaminarea cu bacterii a apei a alimentelor și eutrofizarea acestora. Apele industriale uzate au ca sursă de contaminare industria alimentară. Alimentele sunt poluate indirect prin contaminarea cu substanțe bacteriologică, parazitologică și virusologică influențate de către om. Eutrofizarea apelor este un proces de deversare a apelor uzate care sunt bogate în substanțe organice și care au ca și consecințe sărăcirea apei în oxigen, respectiv creșterea durtății apei și a concentrației de săruri.

Poluarea chimică – infiltrarea în apă a unor substanțe chimice de natură organică, care poate produce dificultăți în tratarea apei. Se recomandă folosirea unor instalații moderne pentru a reduce cheltuielile de tratare a apei și a prețului de distribuire a acesteia.

Poluarea menajeră depinde de numărul de locuitori al unei regiuni, de poluanții organici și minerali a rezidurilor lichide menajere. Poluarea chimică cuprinde noxele – pesticide sau metale

grele, gaze poluante – oxid de carbon, ploii acide, particule de plumb și mercur, substanțe cancerigene.

2.2.1. Eutrofizarea

Este procesul prin care un corp de apă devine îmbogățit cu substanțe chimice (nitrați și fosfați). Algele și alte plante acvatice se hrănesc apoi cu acești nutrienți provocând creșterea în exces (înflorirea). Acest lucru duce la o reducere a oxigenului dizolvat disponibil și restricționează cantitatea de lumină solară care pătrunde în apă. Fotosinteza limitată provoacă moartea și descompunerea plantelor și animalelor din apă.

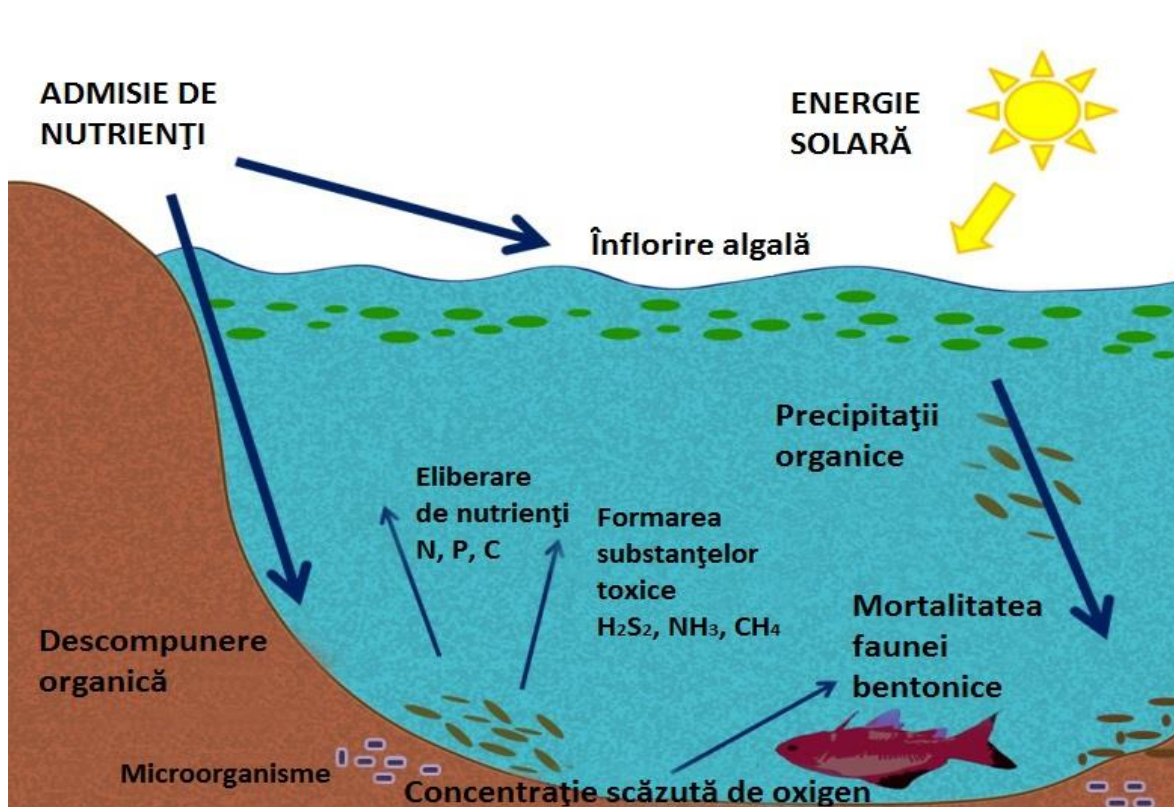


Figura 2.2. *Reprezentarea procesului de eutrofizare (adaptat după ARPA Umbria, 2009)*

Cianobacteriile toxice sunt un motiv de îngrijorare ecologică datorită capacității lor de a produce o gamă largă de hepatotoxine, neurotoxine și dermatotoxine. Microcistinele (MC) sunt cele mai comune toxine și sunt considerate a fi unul dintre cele mai periculoase grupuri. Într-adevăr, unele dintre cele mai mari ecosisteme acvatice de pe pământ sunt contaminate cu aceste microcistine, care prezintă un risc potențial pentru sănătatea oamenilor atunci când apar în apele dulci utilizate în scopuri de recreere sau pentru băut. Pentru a asigura siguranța aprovizionării apei

potabile, o varietate de procese fizice, chimice și biologice, cum ar fi coagularea, flocularea, sedimentarea, filtrarea, dezinfectarea, adsorbția și biodegradarea sunt aplicate pentru îndepărtarea microcistinilor.

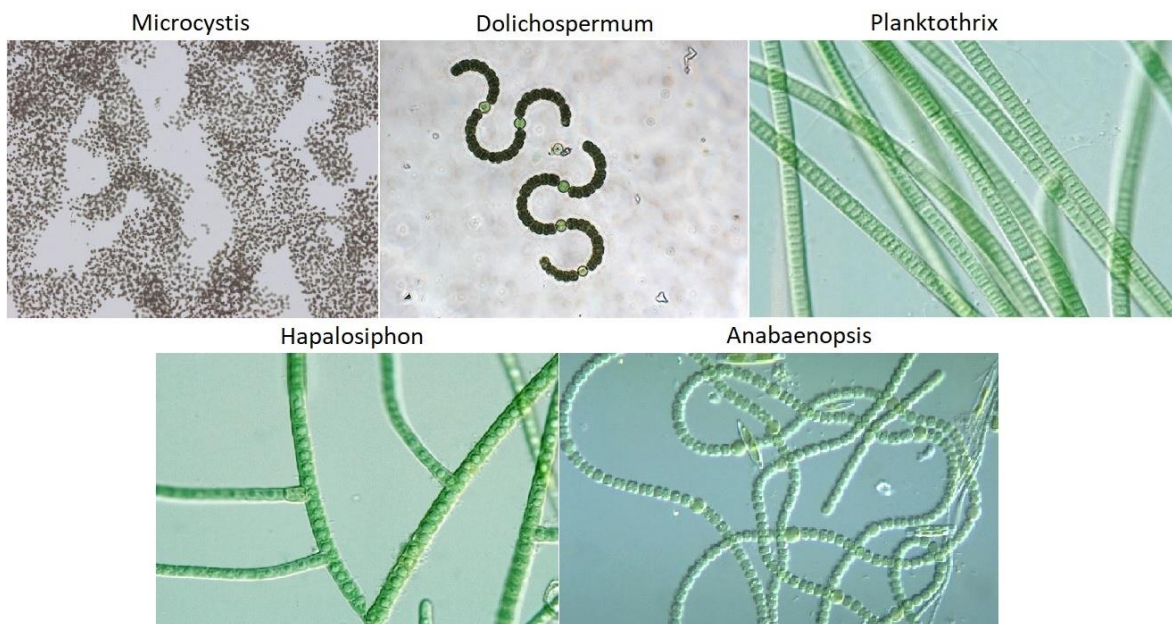


Figura 2.3. Cianobacteriile cunoscute care produc microcistine (sursa Dalcon Environmental, 2020)

2.2.2. Procesul de bioacumulare și de biomagnificare

Bioacumularea este acumularea de substanțe în organismele vii sau rezultatul lanțurilor alimentare și cuprinde metale grele, pesticide sau substanțe chimice organice. Substanțele intră în organism din apă sau din alimente compromise. Organismul are mecanisme pentru a elimina produsele toxice din corp. Cu cât timpul de viață al substanței este mai mare cu atât impactul devine și mai mare. Substanțele bioacumulative sunt în mod normal solubile în grăsimi și nu pot fi împărțite în molecule mai mici, astfel ele tind să rămână în organism.

Biomagnificarea reprezintă creșterea concentrațiilor substanțelor dintr-un lanț alimentar. Pentru ca procesul de biomagnificare să aibă loc, poluanții trebuie să fie de lungă durată, de asemenea, pentru a intra cu ușurință în sistemele biologice prin mijloace de hrană sau apă, biomagnificarea ar trebui să fie mobilă. În cazul în care nu este mobilă, aceasta poate să rămână în interiorul unui organism și nu va putea trece într-un alt nivel trofic. Prin urmare, pentru apariția biomagnificării, poluanții trebuie să fie biologic activi. Metalele grele, cum este cazul mercurului, plumbului, zincul etc. sunt toxice și pot fi biomagnificate.

Cele două procese de poluare discutate mai sus [33] sunt diferite dar apariția lor este strâns legată și interconectată. Bioacumularea conduce toxinele în rețeaua trofică prin acumularea acestora în organisme individuale, iar biomagnificarea mijlocește trecerea toxinelor de la un nivel trofic la alt nivel trofic superior, și, în consecință, crește concentrația într-o rețea trofică.

2.2.3. Perturbatori endocrini

La unele organisme hormonii fac legătura între sistemul nervos și funcțiile corpului, imunitate, metabolism etc. Substanțele chimice numite și *perturbatori endocrini* pot afecta sistemul hormonal și pot să producă efecte dăunătoare atât pentru oameni cât și pentru faună [34]. Studiile epidemiologice realizate la nivelul sănătății umane au sugerat că aceasta ar putea fi influențată de perturbatorii endocrini. În ceea ce privește fauna, s-a observat că efectele dăunătoare pot fi asociate cu perturbatorii endocrini la moluște, crustacee, pești, provocând tulburări de reproducere și reproducere diminuată [34].

Perturbatorii endocrini (REACH) [34] sunt considerați substanțe care provoacă mutații și se urmărește reducerea utilizării lor sau înlocuirea acestora cu substanțe alternative mai sigure. În regulamentul privind produsele biocide, substanțele active care pot provoca perturbări ale sistemului endocrin nu vor fi aprobate decât dacă se demonstrează că riscul expunerii la această substanță activă este mic. Aceasta poate să pună în pericol sănătatea oamenilor, sănătatea animalelor sau mediul înconjurător.

2.2.4. Poluarea cu petrol și hidrocarburi

Petrolul este o substanță organică formată din materie vie, plante și animale și este compus din hidrocarburați, molecule formate din două elemente chimice hidrogen și carbon și alte substanțe [38]. Se poate găsi sub diferite forme, țigeti lichid, gaze naturale sau substanță vâscoasă numită asfalt sau bitum.

Deoarece majoritatea tipurilor de hidrocarburi sunt mai puțin dense decât apa, când sunt vărsate în corpuri de apă, plutesc pe suprafața apei, formând așa numitele pete de ulei sau de petrol. Acestea se întind și sunt mișcate peste apă de vânturi și curenți. Modul în care petrolul vărsat afectează creaturile din apropierea suprafeței depinde de momentul și locul în care se varsă petrolul – acele creaturi ar putea fi sau nu chiar în zonă, la locul și momentul unei deversări [39].

După natura poluării de bază, apele reziduale provenite din întreprinderile de prelucrare a petrolului se pot împărți în [38]:

- ape reziduale care conțin petrol și derivate din petrol,

- ape reziduale care conțin acid sulfuric și sulfați,
- ape reziduale care conțin sulfuri alcaline (sulfuri de sodiu),
- ape reziduale care conțin hidrogen sulfurat.

2.3. Efecte ale poluării mediului asupra sănătății oamenilor

Cantitatea de apă insuficientă poate duce la o stare de insalubritate și răspândirea unor afecțiuni ale populației, lipsa curățeniei și igienei corporale, a îmbrăcăminteii, a igienizării instituțiilor sau localurilor publice care poate răspândi afecțiuni digestive: gastro-enterite, hepatită, boli de piele, etc.

Problema poluanților persistenți a fost reglementată internațional prin Convenția de la Stockholm și Protocolul de la Aarhus [41], iar prin Regulamentul privind POP, Uniunea Europeană aplică actele legislative. Printre măsurile specifice de control reglementate sunt [40]: interzicerea sau restricționarea strictă a producerii, introducerii pe piață și a utilizării acestor substanțe; a gestionării în condiții de siguranță a stocurilor de substanțe, a eliminării raționale ecologic a deșeurilor care au în componență sau sunt contaminate cu substanțe POP.

2.4. Surse de poluare a apelor de suprafață

Conform Sintezii Naționale privind importanța problemelor importante de gospodărire a apelor [42], poluarea cu materie organică, nutrienți și substanțe periculoase din apele de suprafață este cel mai adesea consecința deversărilor și emisiilor din așezările umane, a activităților industriale și agricole. Pentru implementarea acțiunilor de reducere a poluării există Planul de management care vizează atingerea și menținerea stării bune a apelor [43].

2.5. Standarde de calitate ale apei

Legislația în vigoare cu privire la asigurarea calității apelor a fost elaborată în anul 1338 în Anglia și în anul 1404 în Franța. În Germania a apărut o culegere de legislație pentru calitatea apei formată din 6 volume. În țara noastră sunt în vigoare STAS 4708/88, pentru apele de suprafață. Categoriile și condițiile tehnice de calitate ale apei prevăzute în acest standard sunt [44]:

1. Categoria I – ape potabile folosite în alimentarea centralizată, în unitățile zootehnice, irigații, piscicultură, piscine, industria alimentară
2. Categoria a II-a – utilizarea apei în domeniul industrial, piscicultură, agrement.
3. Categoria a III-a – răcirea agregatelor, hidrocentrale, irigații.

Administrația Națională Apele Române (ANAR) a implementat Sistemul de Management Integrat în conformitate cu standardele ISO 9001: 2015, ISO 14001: 2015, ISO 45001: 2018 prin care își propun să promoveze o politică de satisfacere permanentă a cerințelor clienților și reducerea riscului privind securitatea și sănătatea în muncă, așa cum reiese din Politica în domeniul calității mediului sănătății și securității ocupaționale [45].

2.6. Sursele de poluare ale râului Mureș aferent județului Arad

Referitor la poluările accidentale pe acest tronson, nu s-au înregistrat poluări accidentale pentru perioada 2017-2020 în județul Arad, cu excepția celei din data de 31.08.2020. Astfel că, în perioada 2017-2020 în județul Arad a existat o singură poluare accidentală, în zona Micalaca. Din datele furnizate de Administrația Bazinală de Apă Mureș reiese faptul că, dintre cele mai frecvente cauze generatoare de poluări accidentale pe râul Mureș se evidențiază [50]:

- nerespectarea disciplinei tehnologice în procesele productive
- starea nesatisfăcătoare a echipamentelor, întreținere și piese de schimb insuficiente,
- soluții tehnice nedacvate, capacități de stocare insuficiente
- automonitoringul deficitar la utilizatorii de apă
- situații hidrometeorologice extreme
- accidente rutiere.

În ceea ce privește sursele de poluare cu privire la bazinul hidrografic Mureș pentru perioada 2017-2020, după proveniența lor, există următoarele categorii de ape uzate:

- menajere
- publice
- industriale
- provenite de la unități agrozootehnice și piscicole
- rezultate din sistemul de canalizare, de la spălatul și stropitul străzilor și incintelor
- ape meteorice infectate.

Domeniul de activitate a principalelor surse de poluare a râului Mureș, zona județului Arad, monitorizate de ABA Mureș, este colectarea și epurarea apelor uzate de tip menajer (sunt stațiile de epurare a localităților din zonă). De aceea poluarea apei poate fi perturbată în următoarele procese:

- a) asigurarea apei potabile a orașelor – poate fi poluată cu reziduuri menajere și industriale, substanțe toxice

b) alimentarea cu apă a zonelor industriale – apa tehnologică poate fi impurificată cu anumiți poluanți

c) alimentarea cu apă în gospodării și ferme pentru crescătorii de animale – existența unor substanțe toxice care pot afecta animalele, concentrațiile de sare de peste 1,5 % s-au dovedit mortale pentru animale

d) în domeniul irigațiilor – prezența în apă a metalelor grele (bor, sodiu, etc.)

e) în domeniul piscicol – deversarea apelor reziduale cu substanțe toxice (cianură de sodiu, cupru zinc, fenol, amoniac etc.)

f) centralele hidroelectrice – creșterea corozivității apei râurilor și fluviilor aferente centralelor, cu impact negativ asupra funcționării utilajelor centralei.

2.7. Studiu comparativ al situației poluării în bazinele de apă Mureș, Olt, Siret

Cele mai importante râuri din România, Mureșul, Oltul și Siretul, suferă de o poluare masivă. Cauzele sunt în principal lipsa infrastructurii ecologice, indiferența oamenilor sau, mai rău, poluarea este intenționată și premeditată [42]. În cele mai multe cazuri, poluarea este rezultatul unor accidente care ar fi putut fi prevenite, dar care, în lipsa unui interes major al autorităților și a investițiilor în acest domeniu, duc la deficite ecologice semnificative.

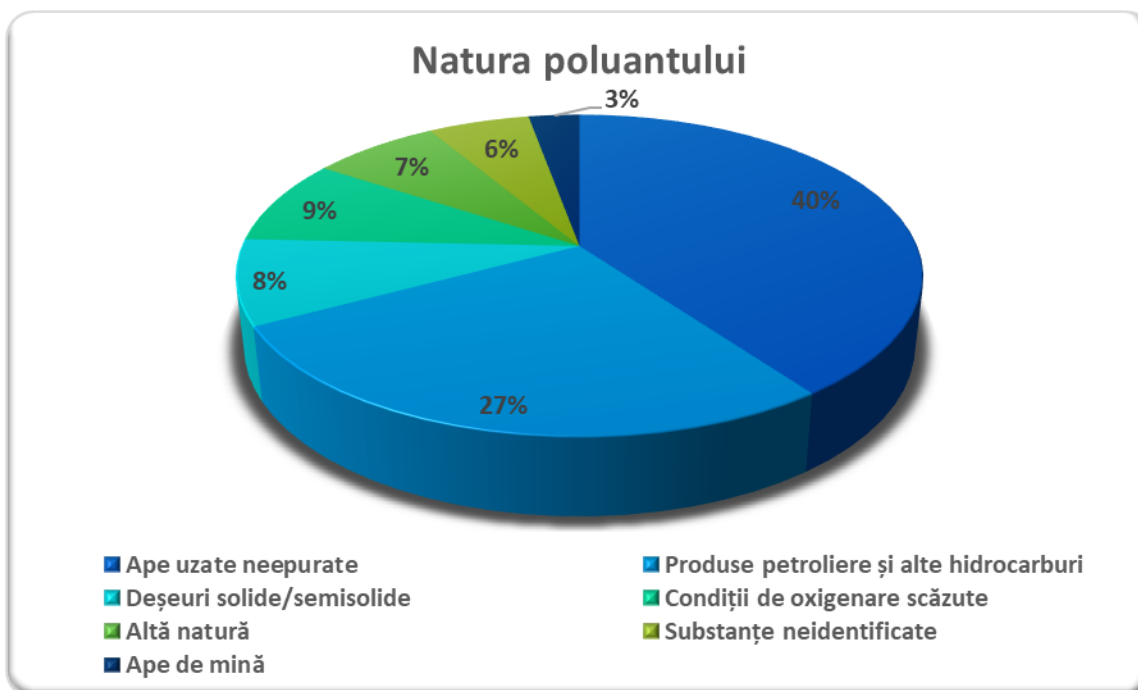


Figura 2.4. Natura poluărilor accidentale în bazinele Mureș, Olt, Siret

CAPITOLUL III.

Cercetare în Bazinul hidrografic Mureș.

Monitorizarea și evaluarea parametrilor de calitate ai râului Mureș pe secțiunile din județul Arad

3.1. Bazinul hidrografic Mureș – descriere generală

Bazinul hidrografic Mureș este situat în centrul și vestul României și se învecinează în nord cu bazinele hidrografice Crișuri și Someș, în sud cu bazinul hidrografic Banat (Jiu și Olt), în vest cu Siret și în vest cu Ungaria. Este înconjurat de Carpații Orientali, Carpații Meridionali și Munții Apuseni, iar partea inferioară este situată în centrul câmpiei Tisei (figura 3.1.).

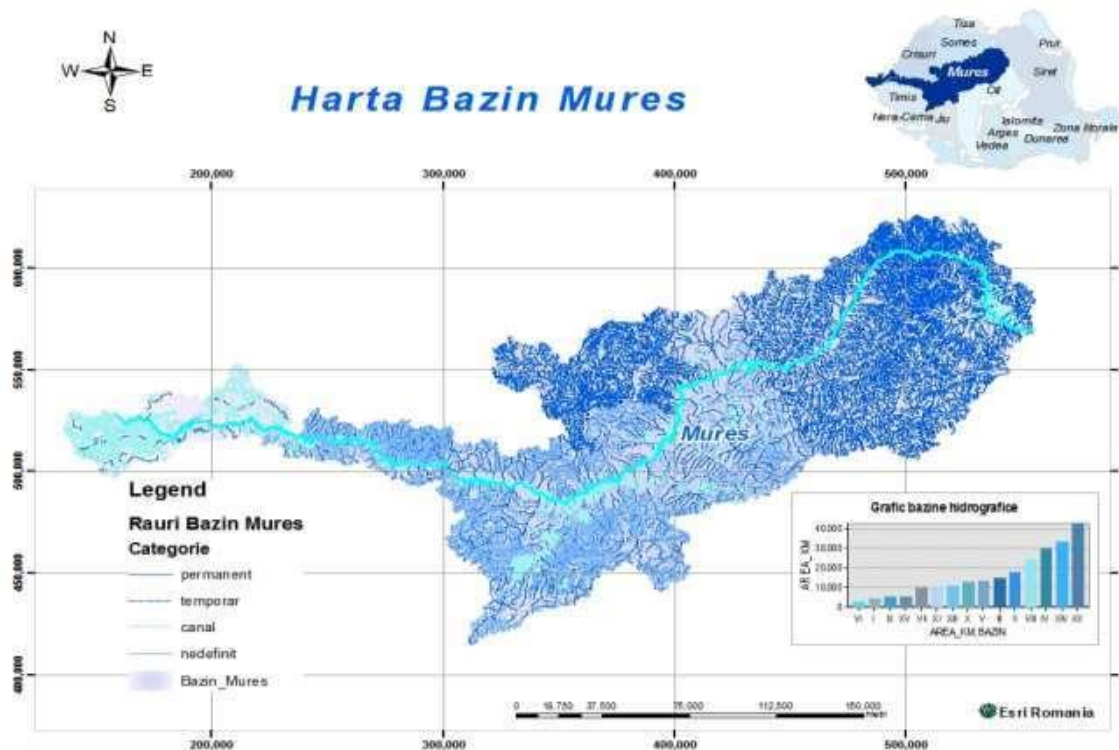


Figura 3.1. Harta bazinului Mureș (sursa ABA Mureș)

Bazinul hidrografic Mureș are o suprafață de 28.540 km², inclusiv Canalul Ier, lungimea cursului principal de apă fiind de 761 km, lungimea totală a rețelei hidrografice codificate (798 cursuri de apă incluse în cadastru, din care 59 au suprafețe mai mici de 10 km²) este de 10.861 km și are o densitate de 0,39 km/ km². Bazinul Mureș (figura 3.1.) reprezintă 11,97 % din teritoriul României și are o varietate de fenomene care sunt monitorizate în sistem informațional [50].

Râul Mureș izvorăște din sudul Depresiunii Giurgeului, lângă comuna Izvorul Mureșului, la o altitudine de 850 m.

Afluenții principali ai râului Mureș sunt:

– râul Gurghiu (S=563 kmp; L=53 km):

– râul Arieș (S=3005 kmp; L=166 km):

– râul Niraj (S=651 kmp; L=82 km):

– râul Târnava (S=6253 kmp; L=246 km, la izvor se numește râul Târnava Mare (S=3666 kmp; L=223 km: la confluență cu râul Târnava Mică S=2071 kmp; L=196 km)

– râul Ampoi (S=576 kmp; L=57 km)

– râul Sebeș (S=1304 kmp; L=96 km)

– râul Strei (S=1983 kmp; L=93 km)

3.2. Monitorizarea calității apelor de suprafață

În bazinul hidrografic al râului Mureș există peste 300 secțiuni de control de ordinul I din care 65 sunt în flux informațional rapid, zilnic, iar 250 în flux internațional lent de ordinul I, analize lunare și alte secțiuni de ordinul II. Toate datele cu privire la ape sunt incluse în „Fondul național de date de gospodărire a apelor”. Compania Națională „Apele Române” urmărește activitatea marilor poluatori și, de asemenea, îi obligă pe aceștia să realizeze automonitorizarea.

Monitorizarea calității apelor de suprafață se realizează în funcție de programul de supraveghere, operațional și de investigare. În bazinul Mureș sunt monitorizate cu program de supraveghere 88 de secțiuni și se ține cont de parametrii biologici, fizico-chimici și substanțele prioritare. În intervalul 2017 – 2019 au fost translatate 32 de secțiuni de monitorizare pe 25 de corpuri de apă de suprafață. Referitor la managementul cantitativ al resursei de apă de suprafață există mai multe principii: recuperarea costurilor, utilizatorul plătește, acces egal la resursele de apă și folosirea rațională a resurselor de apă (tabel 3.1).

Monitoringul operațional este aplicat pentru 35 corpuri de apă de suprafață și se realizează pe 37 de secțiuni de monitorizare. Monitoringul investigativ are în vedere standardele de calitate și identificarea cauzelor depășirii limitelor de gospodărire a apelor, certificarea cauzelor pentru ca un corp de apă să aibe un obiectiv de mediu, impactul poluărilor accidentale etc.

3.2.1. Evaluare stare/potențial ecologic 2015/2020 – bazinul râului Mureș

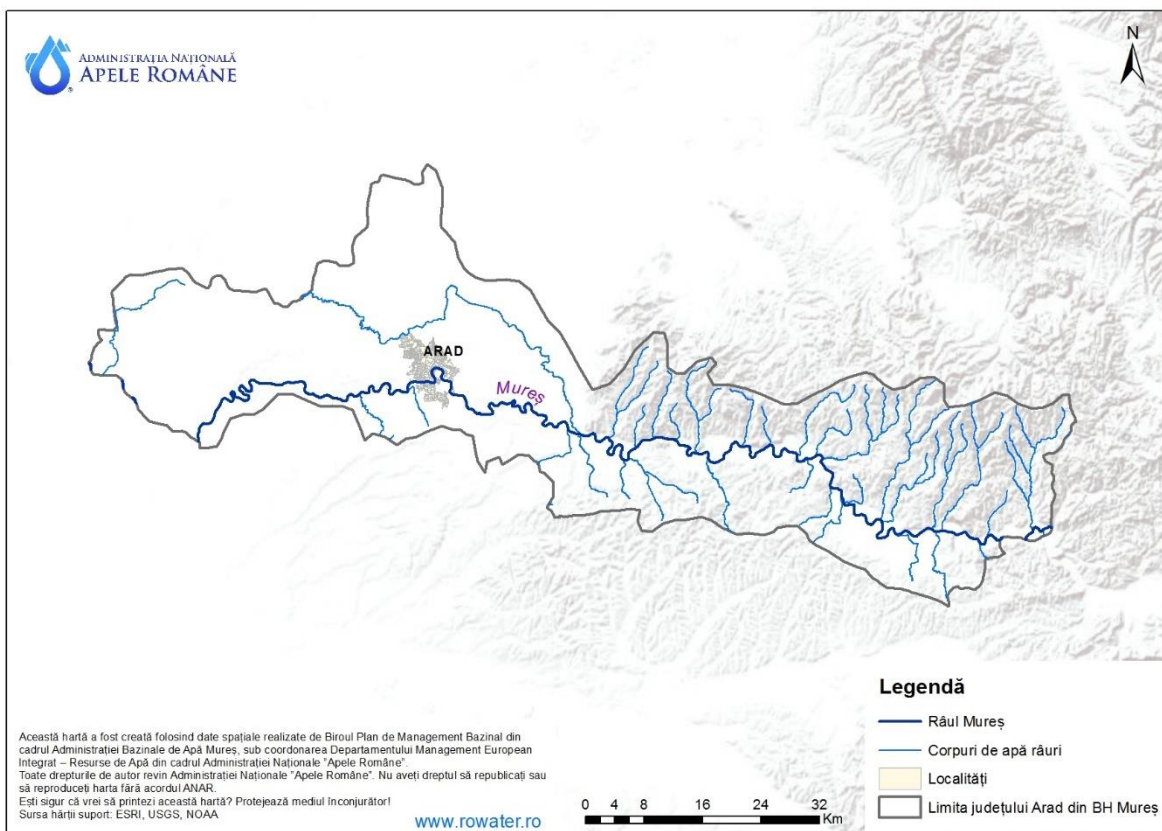


Figura 3.7. Harta corpurilor de apă aferente județului Arad a bazinului hidrografic Mureș

Administrația Bazinală de Apă Mureș (ABA) monitorizează calitatea apei râului Mureș aferent județului Arad și prezintă denumirea secțiunilor și corpurilor de apă care aparțin de județul Arad în trei secțiuni (figura 3.2.).

Prin amabilitatea Administrației Naționale Apele Române (ANAR), Departamentul Managementului resurselor de Apă, Gestiune Calitativă și Protecția Resurselor de Apă, au fost furnizate datele de monitorizare a calității bazinului hidrografic Mureș pentru perioada 2015-2020. Astfel că vor fi analizați indicatorii de monitorizare ai calității apelor de suprafață, cum sunt cei biologici, fizico-chimici, condițiile de oxigenare și salinitate, starea acidifierii apei, nutrienții, poluanții specifici și alte elemente specifice. În această parte a lucrării va fi evaluată starea/potențialul ecologic pentru perioada 2015-2020.

3.2.2. Surse de poluare (2019) în bazinul hidrografic Mureș

Tabel 3.2. Evacuări de substanțe organice, nutrienți și poluanți specifici în resursele de apă din surse punctiforme (2019) din bazinul hidrografic Mureș

Categoriile surse de poluare / poluanți evacuați t/an	Substanțe organice (CCO-Cr) t/an	Substanțe organice (CBO5) t/an	Azot total (Nt) t/an	Fosfor total (P) kg/an	Cupru și compuși (Cu) kg/an	Zinc și compuși (Zn) kg/an	Cianuri kg/an
Aglomerări umane	3388,54	822,68	570,04	75,36	60,13	658,45	0
Activități industriale	385,94	89,91	39,94	2,82	0	96,95	0
Alte surse punctiforme (inclusiv activități agricole non-IED/IED)	56,40	10,34	0	0,18	35092,79	50296,55	4,74
Total	3830,88	922,83	609,98	78,36	35152,92	51051,95	4,74

În tabelul 3.2. sunt prezentate principalele surse de poluare și aferente anului 2019 din bazinul hidrografic Mureș și evacuările de substanțe organice și poluanții specifici în resursele de apă de suprafață. Astfel că, la categoria de surse de poluare monitorizate în domeniul activității umane, s-au înregistrat 3388,54 t/an de substanțe organice (CCO-Cr), în domeniul activității industriale au existat 385,94 t/an, iar în categoria alte surse 56,40 t/an, ceea ce reprezintă un total de 3830,88 t/an. În ceea ce privește cianurile, pentru categoriile de aglomerări umane și activități industriale, acestea nu au existat deloc, în schimb, în categoria alte surse punctiforme inclusiv a activității agricole non-IED/IED au existat 4,74 kg/an pentru anul 2019. Aceste date sunt menționate în inventarul național ca valori medii anuale pentru anul 2019 [50].

3.3. CERCETARE: starea ecologică în Bazinul hidrografic Mureș (2015/2020)

La nivel internațional există programele *Monitoringul de fond global integrat al poluării mediului* IGBM, care se ocupă cu monitorizarea de fond înainte de poluare și *Sistemul global de monitoring al mediului* GEMS, care monitorizează impactul poluării.

3.3.1. Instrumente și metode

Selectarea parametrilor de testare a apei depinde exclusiv de scopul utilizării apei: valoarea pH-ului, culoarea, turbiditatea, conductivitatea electrică, conținutul de fier, mangan, sulfat, fluor, alcalinitate, duritate totală și cloruri.

Tabel 3.6. Principalele metode de măsurare

Nr.	Parametru	Unitate de măsură	Metodă
1.	pH	unitate pH	Metoda electrometrică
2.	Turbiditate	NTU	Contor de turbiditate
3.	Culoare	Pt-Co Unit	Metoda comparației vizuale
4.	Conductivitate electrică	$\mu\text{S}/\text{cm}$	Metoda conductivității electrice
5.	Fier	mg/l	Metoda FerroVer
6.	Mangan	mg/l	Metoda PAN
7.	Sulfat	mg/l	SufalVar Turbidimetric
8.	Fluor	mg/l	Metoda SPADNS
9.	Alcalinitate	mg/l	Metoda titrării
10.	Duritate totală	mg/l	Metoda EDTA titrimetrică
11.	Cloruri	mg/l	Metoda argentometrică

3.3.2. Evaluarea stării ecologice pe 3 secțiuni de apă (județul Arad)

Pentru realizarea cercetării, datele de monitorizare a calității apelor, pentru perioada 2015 – 2020, au fost furnizate prin amabilitatea societății Administrația Națională Apele Române (ANAR), prin Departamentul Managementului resurselor de Apă, Gestiune Calitativă și Protecția Resurselor de Apă (Anexa 1). Astfel, vom analiza indicatorii de monitorizare ai calității apelor de suprafață, cum ar fi cei biologici, fizico-chimici, condițiile de oxigenare și salinitate, starea acidifierii apei, nutrienții, poluanții specifici și alte elemente specifice.

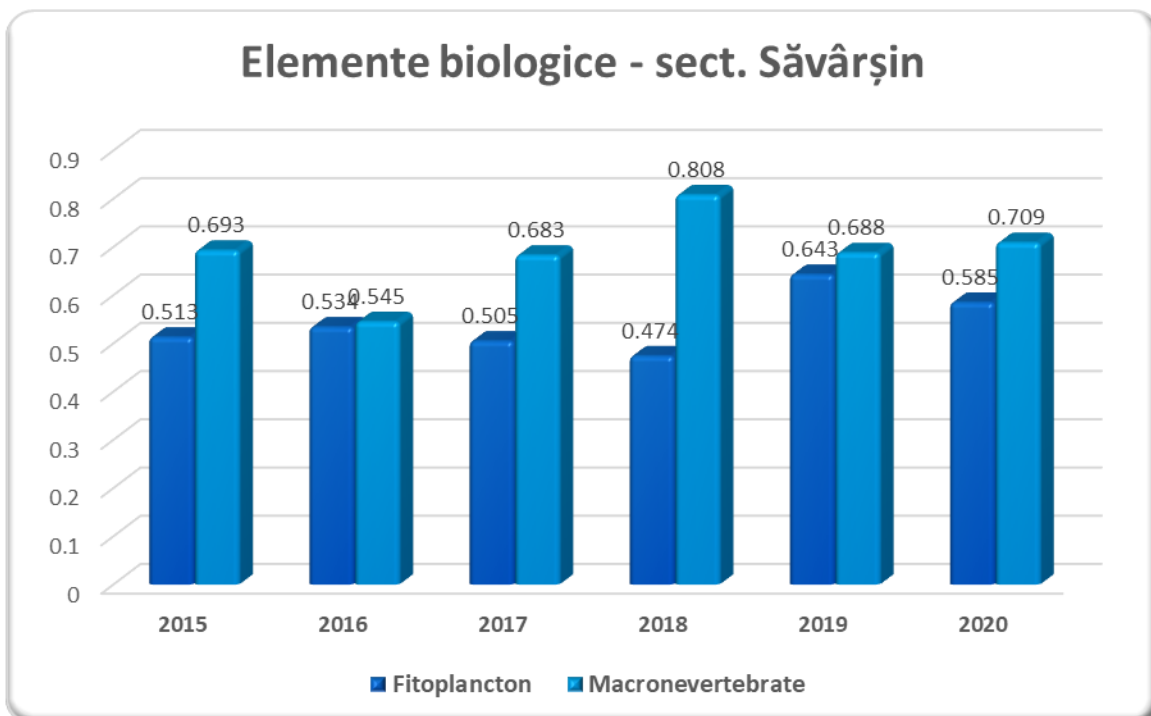


Figura 3.3. Distribuția elementelor biologice – secțiunea Săvârșin

Tabel 3.4. Elemente biologice

Elemente biologice	2015	2016	2017	2018	2019	2020
Secțiunea Săvârșin						
Fitoplancton (IM) (FP)	0,513	0,534	0,505	0,474	0,643	0,585
Macronevertebrate (IM) (MZB)	0,693	0,545	0,683	0,808	0,688	0,709
Secțiunea Arad						
Fitoplancton (IM) (FP)	0,751	0,717	0,786	0,788	0,928	0,879
Macronevertebrate (IM) (MZB)	0,829	0,854	0,808	0,853	0,858	0,645
Secțiunea Nădlac						
Fitoplancton (IM) (FP)			0,706	0,871	0,778	0,759
Macronevertebrate (IM) (MZB)			0,713	0,762	0,602	0,769

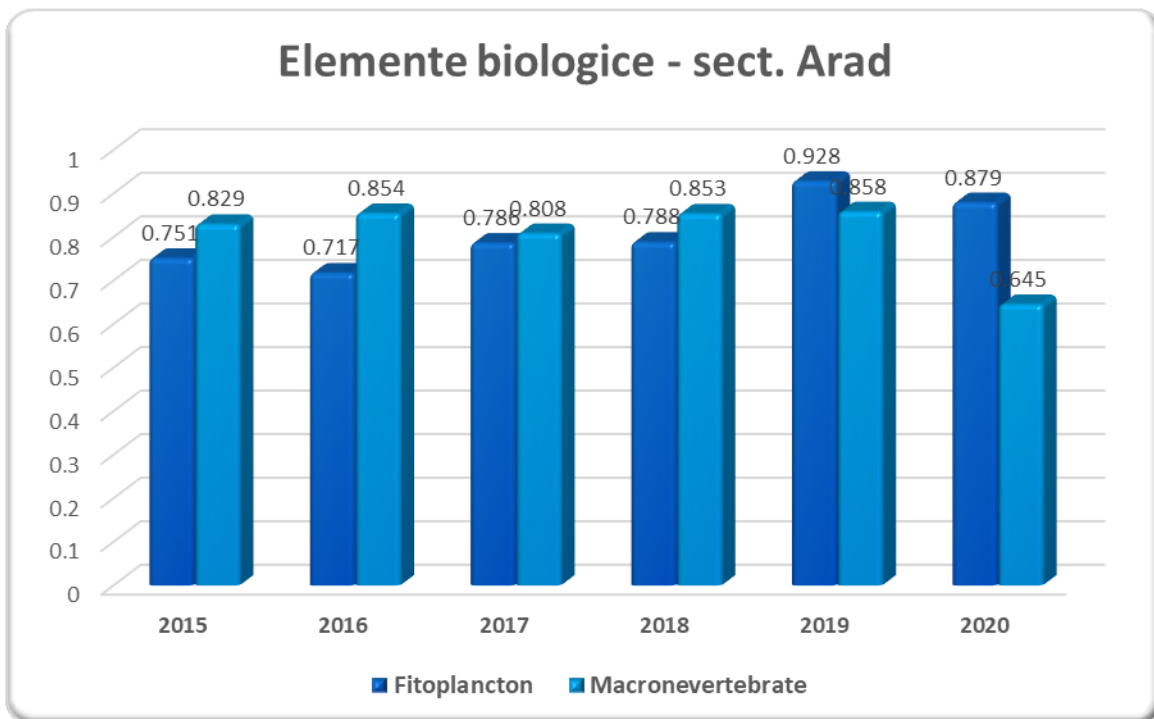


Figura 3.4. Distribuția elementelor biologice – secțiunea Arad

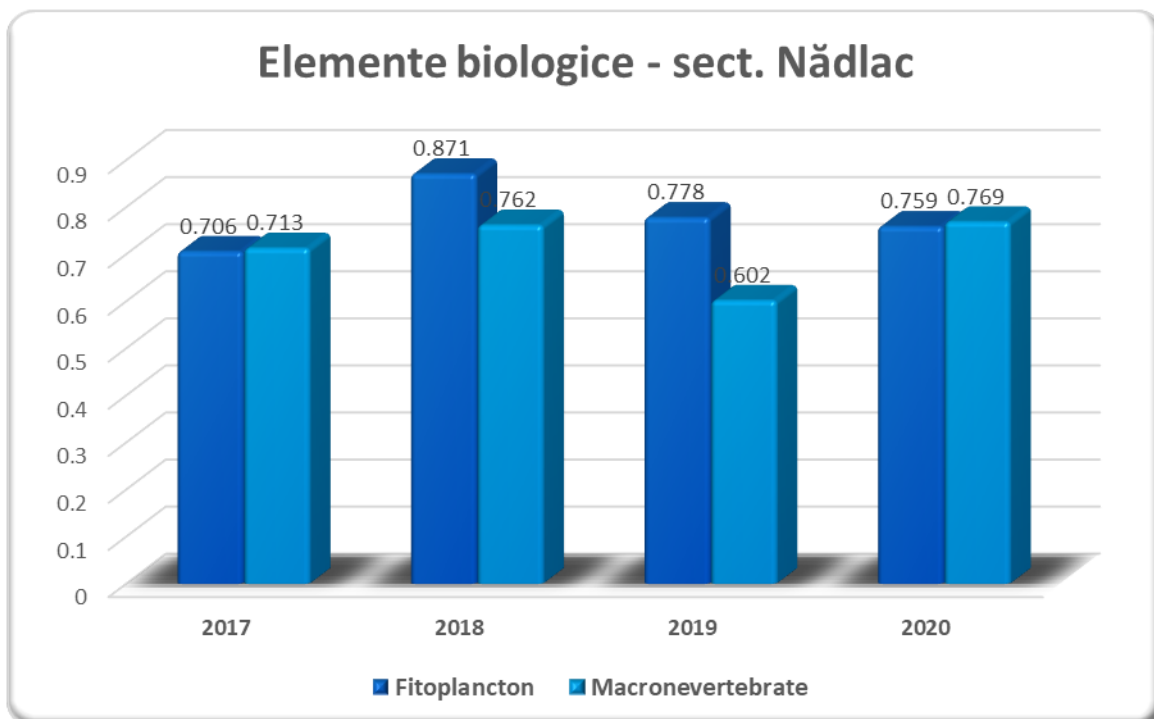


Figura 3.5. Distribuția elementelor biologice – secțiunea Nădlac

Analizele biologice ne oferă informații despre calitatea apei, respectiv o imagine a stării ecologice anterioară prelevării, deoarece unele comunități biologice reacționează mai lent la

factorii de mediu. Aceste organisme se adaptează la mediul acvatic și se găsesc pe plante sau pietre, iar deplasarea lor se face pe distanțe mici. Sunt organisme abundente, reprezentate de larve de insecte, moluște și acarieni acvatici, influențate de habitat și de calitatea apei. Macronevertebratele au un grad de toleranță diferit la poluare și o mobilitate mai scăzută. În râul Mureș au fost identificați 35 de taxoni din următoarele grupe sistematice: Cyanobacteria, Bacillariophyta, Dinophyta, Euglenophyta, Chlorophyta. Formele dominante sunt diatomeele cu 19 taxoni și algele verzi cu 10 taxoni. S-au identificat mai mulți taxoni din genurile Cyclotella, Cymbella, Synedra [64]. O influență deosebită asupra comunităților de macronevertebrate acvatice o au parametrii chimici ai apei, în special regimul de oxigen și regimul de nutrienți.

În acest context, bio-monitorizarea acvatică este justificată într-o evaluare holistică a calității apei și a nivelului de poluare. Probele prelevate pentru cele trei corpuri de apă ale râului Mureș, aferente județului Arad, recoltate atât în zonele cu influență antropică cât și în cele fără impact antropic, au arătat că diversitatea macronevertebratelor se încadrează în clasa I de calitate (valori > 9 mg/l) sau în clasa a II-a de calitate (valori în domeniul 7-9 mg/l).

În perioada de timp luată în analiză, s-a observat distribuția fitoplanctonului și a populațiilor de macronevertebrate din râul Mureș (tabel 3.4., figura 3.3. – 3.5.). Astfel, pe secțiunea Săvârșin, fitoplanctonul a înregistrat cele mai mari valori în anul 2019, și cele mai mici valori în anul 2018. În același an, macronevertebratele au atins cea mai mare valoare, fiind evidentă proliferarea populațiilor de macronevertebrate odată cu scăderea fitoplanctonului – cauză a eutrofizării apei.

În secțiunea Arad, atât fitoplanctonul cât și macronevertebratele au înregistrat valori bune, cuprinse între 0,717 și 0,928 pentru fitoplancton, respectiv, între 0,808 și 0,858, pentru macronevertebrate. Pentru perioada analizată, se observă un trend ascendent pentru macronevertebrate în paralel cu o scădere a fitoplanctonului, excepție făcând anul 2020, o explicație probabilă fiind creșterea nivelului de fitoplancton din anul 2019, cu consecințe asupra populațiilor de macronevertebrate în anul 2020. Deși datele pentru secțiunea Nădlac sunt mai puține, situația se prezintă similar, pentru macronevertebrate s-au înregistrat valori de 0,871 în anul 2018, și valori mai mici pentru anii 2019 și 2020, acestea scăzând la 0,778, respectiv 0,759. Distribuția fitoplanctonului a avut valori de 0,706 în anul 2017 și de 0,871 în anul 2018, iar în anul 2020 valoarea acestuia a scăzut la 0,759.

Tabel 3.5. Condiții de oxigenare

Condiții de oxigenare	2015	2016	2017	2018	2019	2020
-----------------------	------	------	------	------	------	------

Secțiunea Săvârșin						
CBO5 (mgO ₂ /l)	4,25	5,199	5,932	4,633	4,464	4,402
CCO-Cr (mgO ₂ /l)	14,76	36,18	36,41	44,69	24,71	25,68
Oxigen dizolvat (mgO ₂ /l)	8,335	8,267	7,901	7,567	8,411	7,81
Secțiunea Arad						
CBO5 (mgO ₂ /l)	4,94	5,132	5,149	4,831	3,245	4,993
CCO-Cr (mgO ₂ /l)	16,8	40,42	36,95	21,85	15,4	19,74
Oxigen dizolvat (mgO ₂ /l)	8,245	8,32	7,458	7,554	9,5875	7,295
Secțiunea Nădlac						
CBO5 (mgO ₂ /l)			5,449	3,11	3,89	3,73
CCO-Cr (mgO ₂ /l)			31,38	12,7	21,3	24,1
Oxigen dizolvat (mgO ₂ /l)			7,776	9,25	7,628	7,764

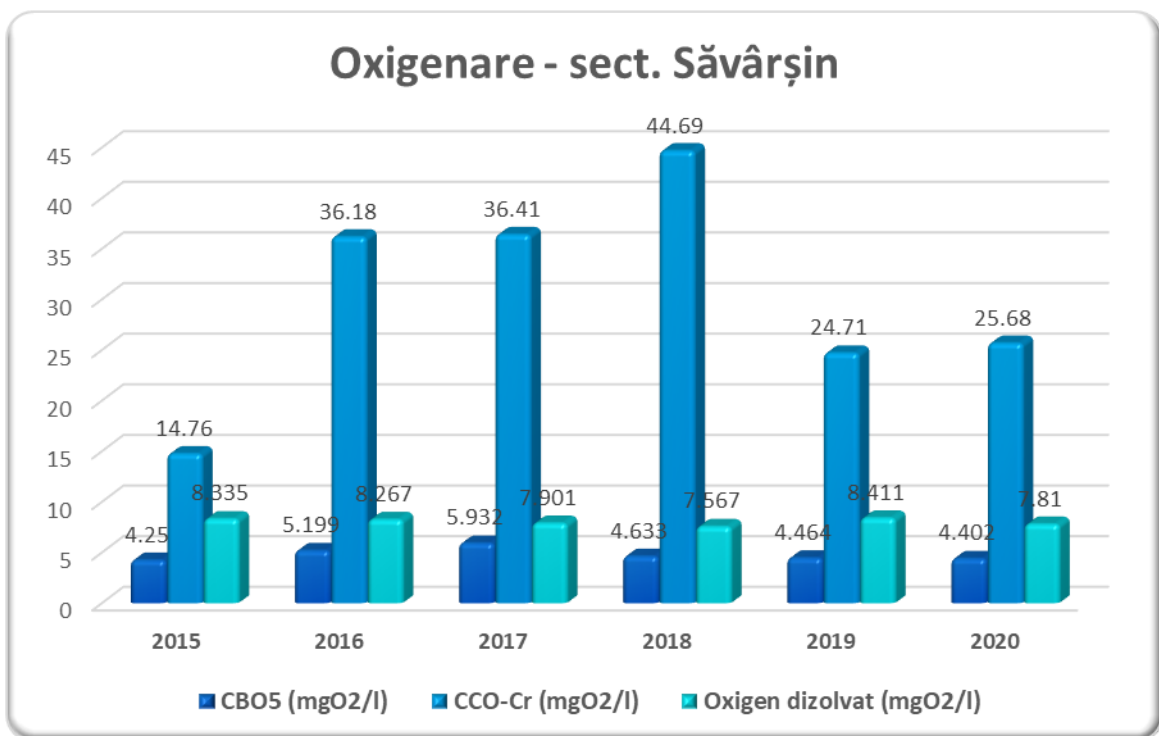


Figura 3.6. Distribuția substanțelor gazoase – secțiunea Săvârșin

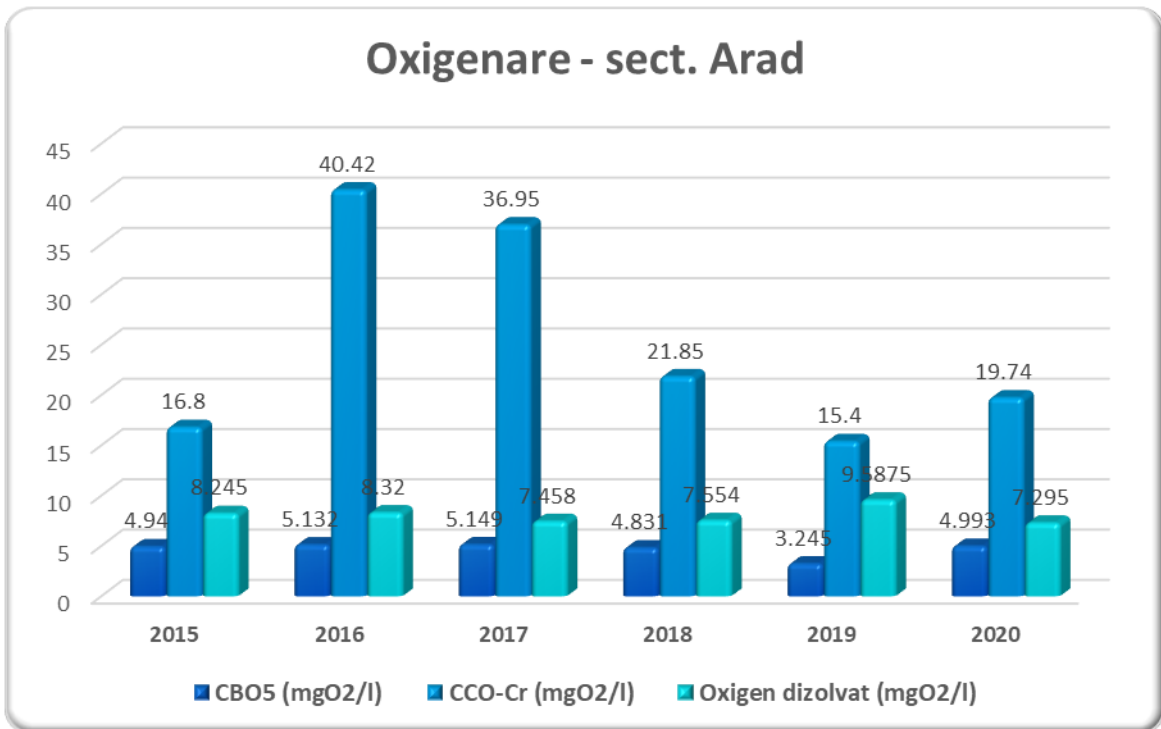


Figura 3.7. Distribuția substanțelor gazoase – secțiunea Arad

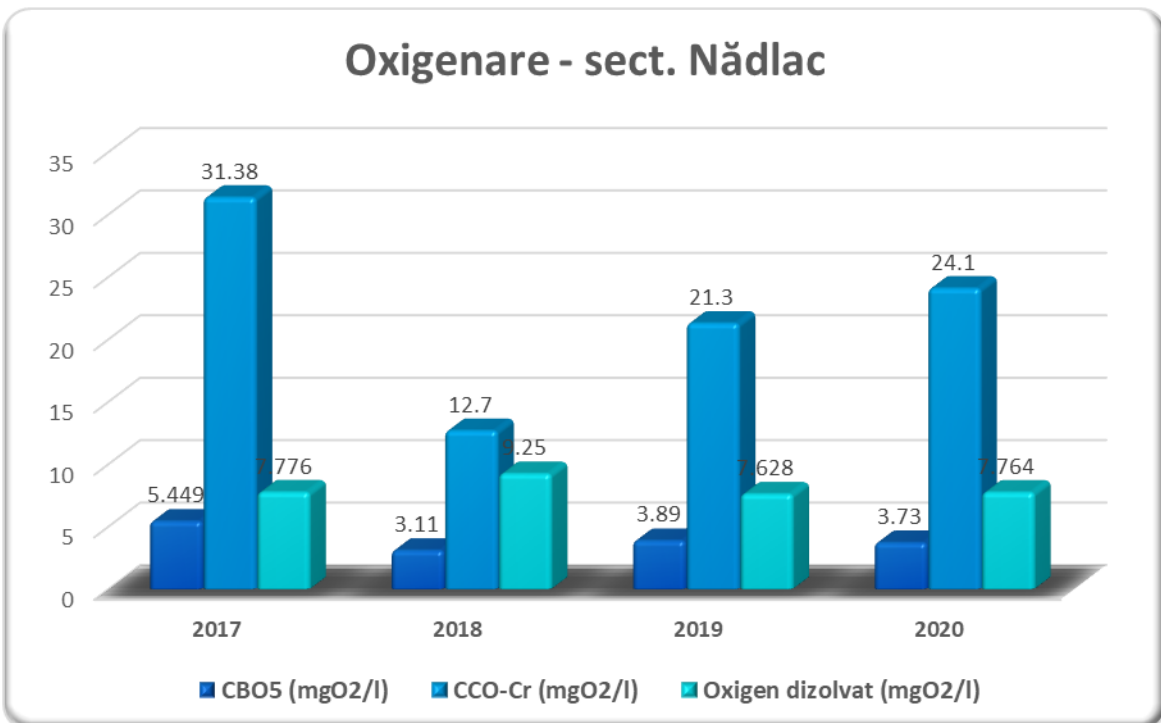


Figura 3.8. Distribuția substanțelor gazoase – secțiunea Nădlac

Oxigenul are un rol important pentru fauna acvatică, concentrația maximă admisibilă a parametrilor în perioada de iarnă trebuie să aibe valori de 4,0 mg O₂/l și în perioada de vară să nu fie mai mic de 6,0 mg O₂/l. Dacă valorile oxigenului dizolvat sunt reduse la 2 mg O₂/l sau mai puțin de această valoare, fauna acvatică moare.

În apele naturale, fără influențe antropice, concentrația oxigenului este ridicată, fiind favorabilă dezvoltării comunităților de nevertebrate sensibile la concentrația de oxigen (efemeroptere, plecoptere, trioptere). Parametrii utilizați în determinarea regimului de oxigen sunt: oxigenul dizolvat, consumul chimic și biochimic de oxigen.

Situația râului Mureș, în cele trei secțiuni analizate, se prezintă bine, cu mici excepții (tabel 3.5., figura 3.6. – 3.8.). În secțiunea Săvârșin, din anul 2015 până în anul 2017 concentrația de oxigen dizolvat a înregistrat o scădere a nivelului, constatându-se apoi o creștere a valorilor în anul 2019, cu cea mai mare concentrație de oxigen (8,441 mg O₂/l) în 2019 și cea mai mică (7,81 mg O₂/l) în anul 2020. În secțiunea Arad, oxigenul dizolvat se încadrează între valori cuprinse între 8,32 mg O₂/l în anul 2016 și 9,587 mg O₂/l în anul 2019, cu o descreștere în anul 2020 la 7,295 mg O₂/l. În secțiunea Nădlac concentrația oxigenului dizolvat crește de la 7,776 mg O₂/l în 2017 la 9,25 mg O₂/l în anul 2018, și scade la 7,764 mg O₂/l în anul 2020. Din datele analizate se observă interesul pentru protejarea viețuitoarelor acvatice, valorile indicând o stare bună a râului Mureș în ceea ce privește nivelul de oxigen dizolvat în apă. Valorile medii anuale înregistrate, cuprinse în intervalul 7,81 mg/l și 9,25 mg/l, asigură necesarul de oxigen al faunei acvatice și indică un grad mic de poluare cu substanțe organice. Analizând toate datele privind cantitatea de oxigen din fiecare stație de prelevare putem spune că valorile indică o stare bună a apei râului Mureș din punctul de vedere al acestui indicator, încadrându-se în clasa I (valori > 9 mg/l) sau clasa a II-a de calitate (valori în domeniul 7-9 mg/l).

Cunoașterea valorii consumului chimic de oxigen CCO-Cr și CBO₅ este extrem de importantă în evaluarea gradului de poluare a apei exprimând cantitatea de substanțe organice chimice conținute în apa respectivă. Consumul biochimic de oxigen la 5 zile (CBO₅) are concentrația maximă admisibilă a parametrilor de 3,0 mg O₂/l. Valori mari a parametrului CBO₅ indică prezența substanțelor organice biodegradabile și reducerea concentrației de oxigen dizolvat în apă, cu efecte negative asupra faunei acvatice. În secțiunea Săvârșin valorile cresc semnificativ între anii 2015 și 2016, iar în 2017 se înregistrează o medie anuală foarte mare, de 5,932 mg O₂/l, urmând apoi un trend descendent, până la 4,402 mg O₂/l în anul 2020. În secțiunea Arad, cea mai mică valoare este de 3,245 mg O₂/l în 2019, cu un trend ascendent până în anul 2017 (5,149 mg

O₂/l) și o scădere în ultimii ani (4,993 mg O₂/l). În secțiunea Nădlac, pentru anii 2017 și 2020 aceste valori au fost cuprinse între 3,11 mg O₂/l în anul 2018, și 5,449 mg O₂/l în anul 2017.

Consumul biochimic de oxigen, CCO-Cr, are concentrația maximă admisibilă de 15,0 mgO₂/l. În secțiunea Săvârșin, valorile înregistrate cresc de 14,76 mgO₂/l în anul 2015 la 44,69 mgO₂/l în 2018, observându-se o scădere semnificativă în anul 2020, la 25,68 mgO₂/l.

În secțiunea Arad, valoarea medie a CCO-Cr în anul 2015 a fost de 16,8 mgO₂/l, crescând aproape dublu în anul 2016, la 40,42 mgO₂/l, iar în anul 2020 ajungând la 19,74 mgO₂/l. Pentru secțiunea Nădlac datele nu au fost trimise de ABA Târgu Mureș pentru perioada 2015 – 2016, iar pentru anii 2017 și 2020 valorile au fost de 31,38 mgO₂/l și 24,1 mgO₂/l.

În general, valorile se încadrează în clasele I și a II -a de calitate (clasa I – valori < 5 mgO₂/l, clasa a II a – valori în domeniul 5-10 mgO₂/l). Pentru anul 2018 valorile se încadrează în clasa a IV a de calitate (valori în domeniul 20-50 mgO₂/l).

Condițiile de salinitate a râului reflectă interacțiunea apei cu roca, în cazul celor trei secțiuni fiind observate puține oscilații ale valorilor medii anuale (tabel 3.9., figura 3.18. – 3.20.). Pentru secțiunea Săvârșin și Arad, anul 2016 înregistrează o concentrație mai scăzută a sărurilor minerale, iar anul 2017 prezintă o concentrație mai ridicată, o explicație posibilă fiind nivelul de precipitații din anii respectivi, cu impact asupra nivelului salinității. Pentru secțiunea Nădlac, anul 2018 înregistrează cea mai scăzută valoare (401,5 μS/cm).

Tabel 3.6. Condiții de salinitate

Condiții de salinitate	2015	2016	2017	2018	2019	2020
Secțiunea Săvârșin						
Conductivitate (μS/cm)	551	459,8	614,2	508,3	562,4	476
Secțiunea Arad						
Conductivitate (μS/cm)	564	353,7	593,6	494,5	439	512,9
Secțiunea Nădlac						
Conductivitate (μS/cm)			520,9	401,5	550,1	458,6

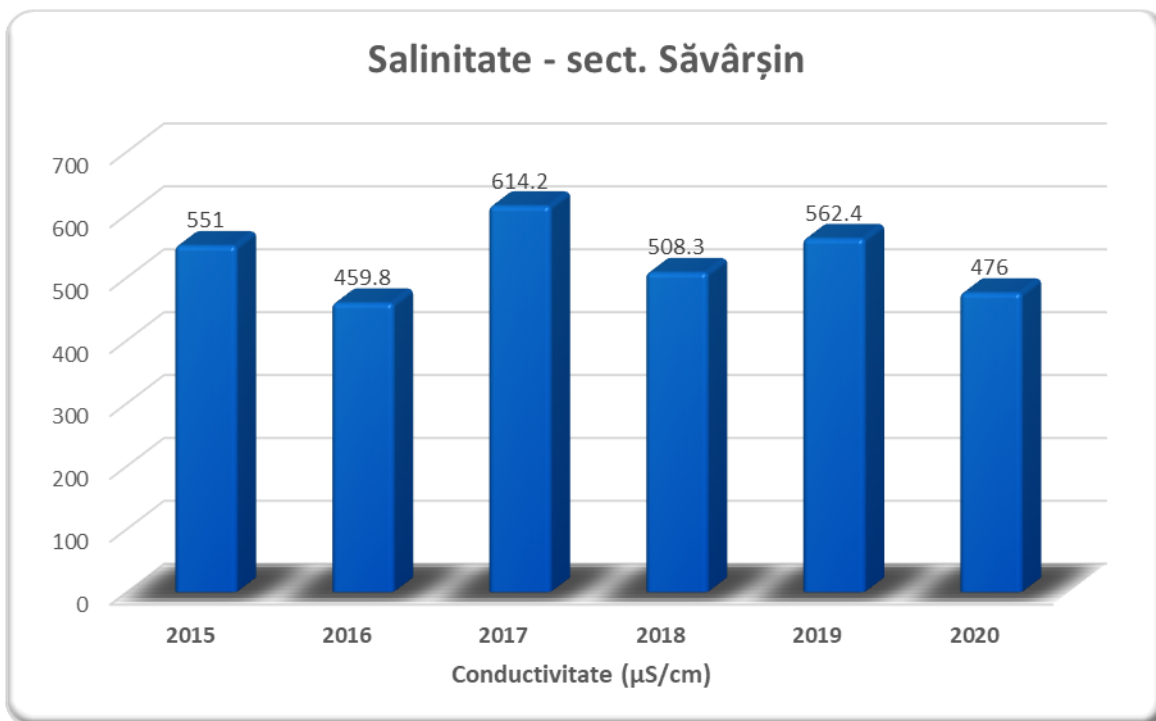


Figura 3.9. Distribuția sărurilor minerale – secțiunea Săvârșin

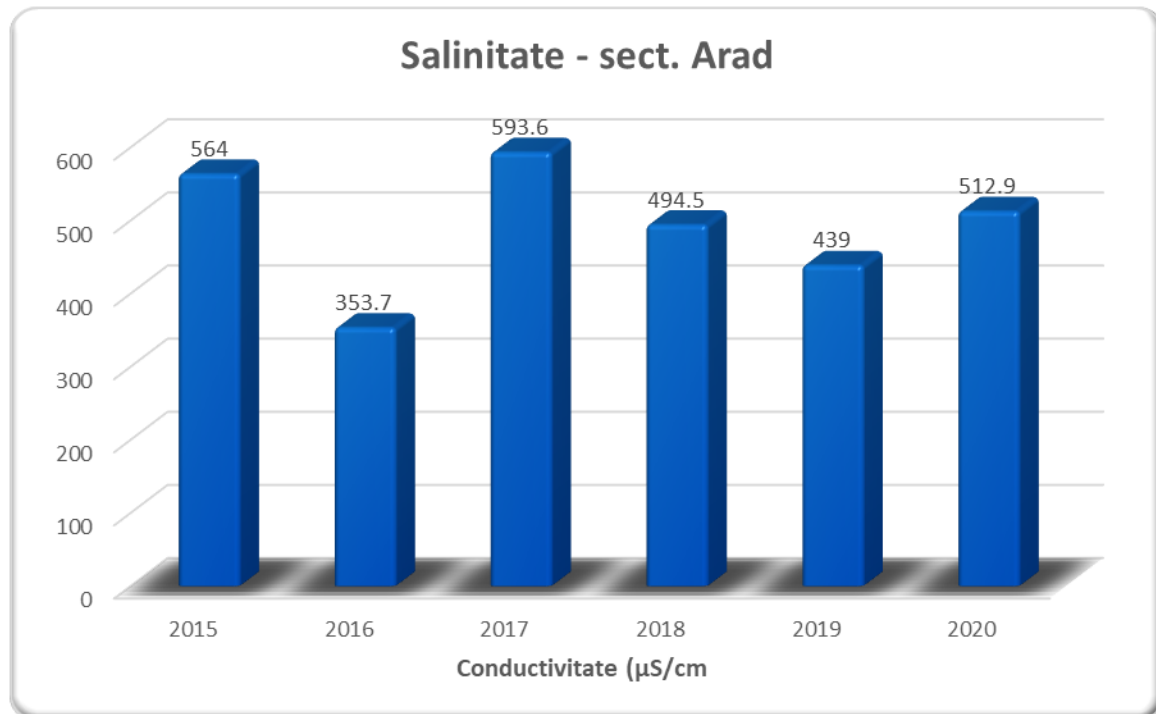


Figura 3.10. Distribuția sărurilor minerale – secțiunea Arad

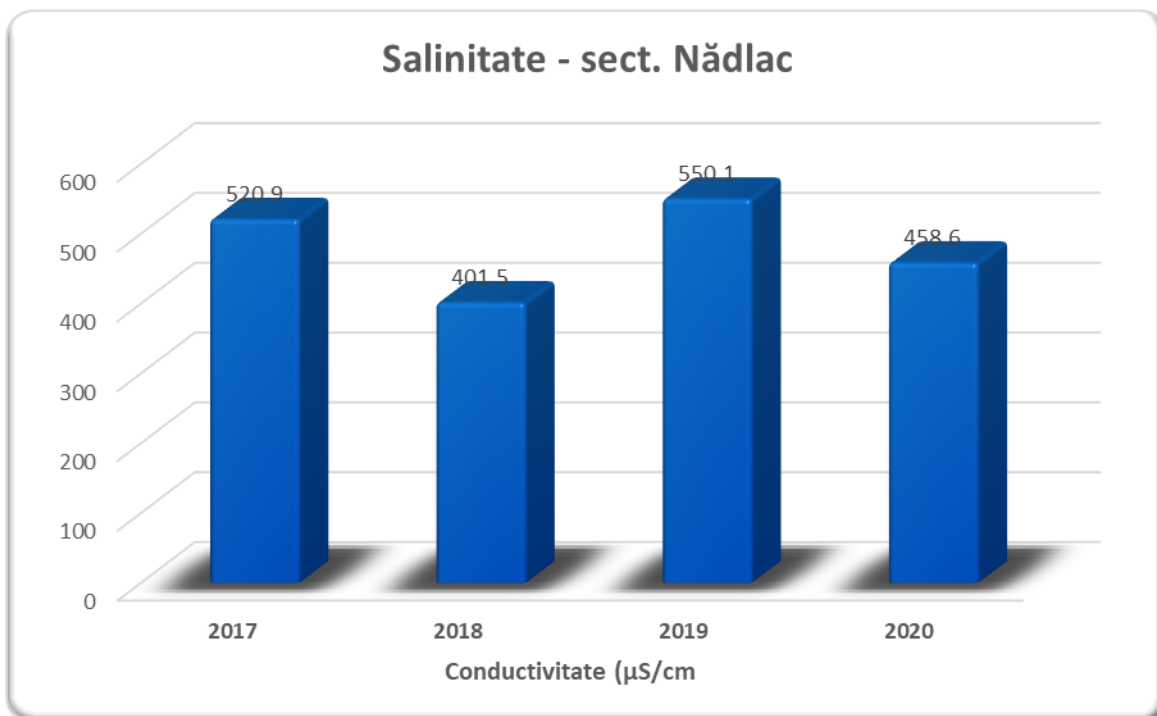


Figura 3.11. Distribuția sărurilor minerale – secțiunea Nădlac

Aciditatea sau alcalinitatea apei sau valoarea pH-ului apei, reprezintă reacția activă a concentrației ionilor de hidrogen, care poate influența capacitatea de adsorbție a algelor. Pe cele trei secțiuni de apă ale râului Mureș aferente județului Arad (tabel 3.7., figura 3.12. – 3.14.), pH-ul se încadrează în valori normale, cuprinse între 7,8 unități pH în 2016 și 8,39 unități pH în anul 2020. Astfel, cele mai neutre valori pentru secțiunile Săvârșin și Arad s-au înregistrat în anul 2016. În concluzie, râul Mureș are un pH bun al apei pe toate cele trei secțiuni monitorizate, cu un caracter neutru cu ușoare tendințe alcaline în amonte, și un caracter slab bazic în aval.

Tabel 3.7. Starea pH-ului

Starea pH-ului	2015	2016	2017	2018	2019	2020
Secțiunea Săvârșin						
pH (unit pH)	8.16	7.8	8.16	8.28	8.19	7.99
Secțiunea Arad						
pH (unit pH)	8.18	7.93	8.16	8.38	8.29	8.18
Secțiunea Nădlac						
pH (unit pH)			8.1	8.19	8.2	8.39

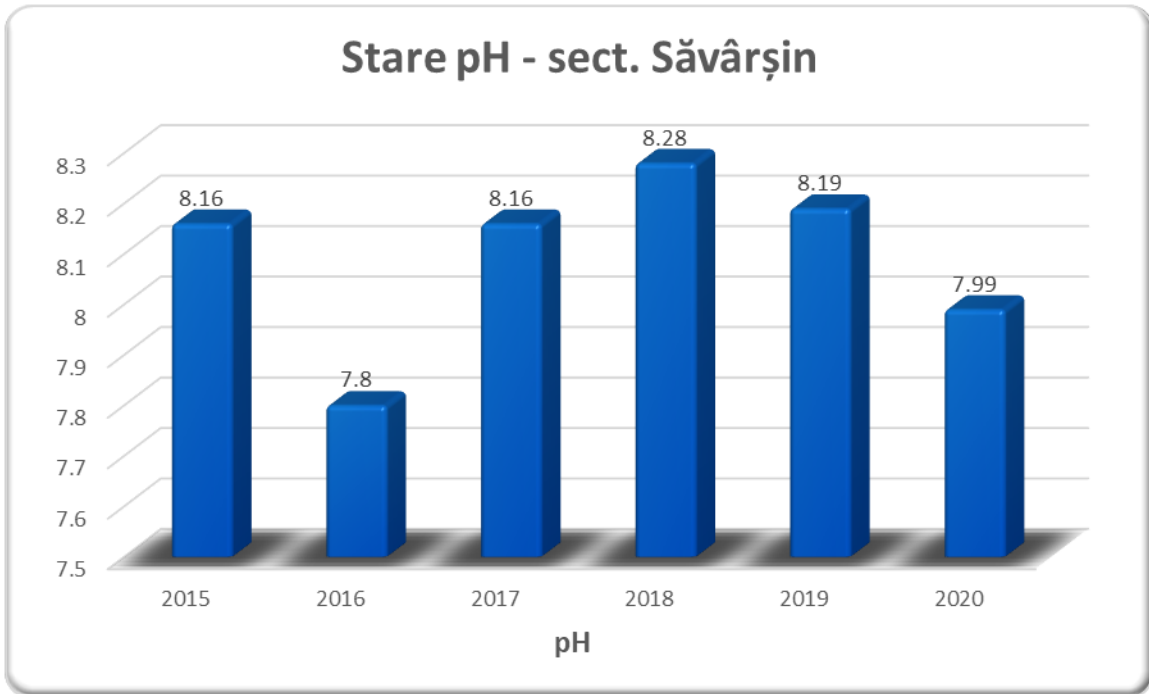


Figura 3.12. Distribuția valorilor pH – secțiunea Săvârșin

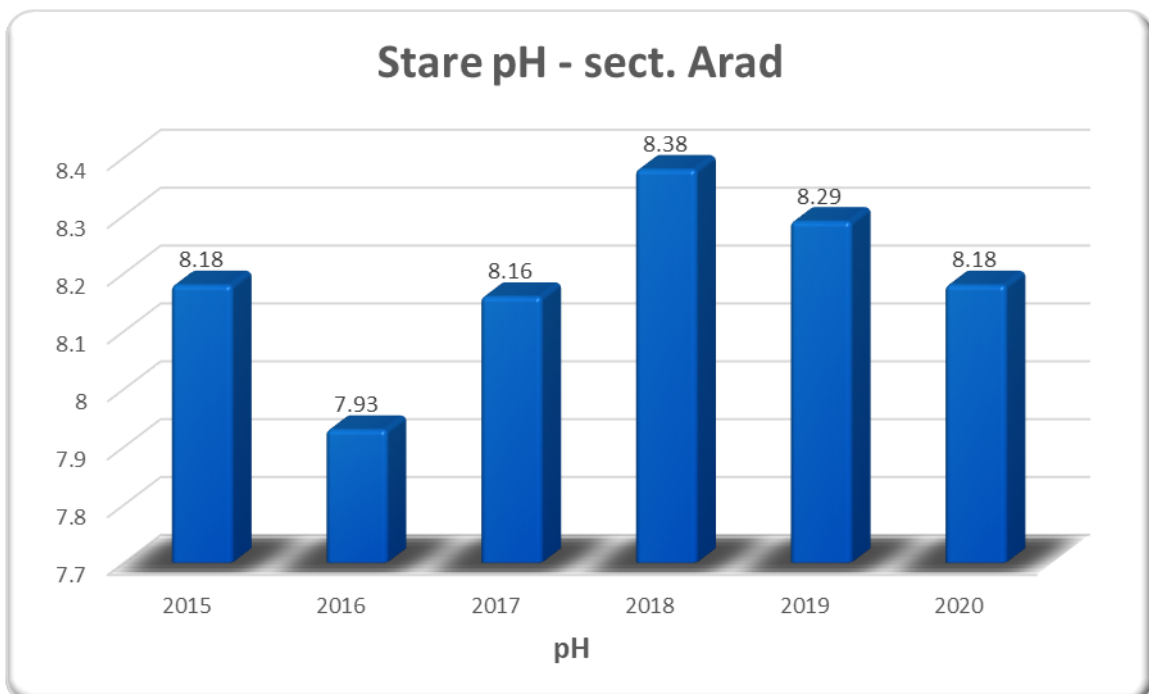


Figura 3.13. Distribuția valorilor pH – secțiunea Arad

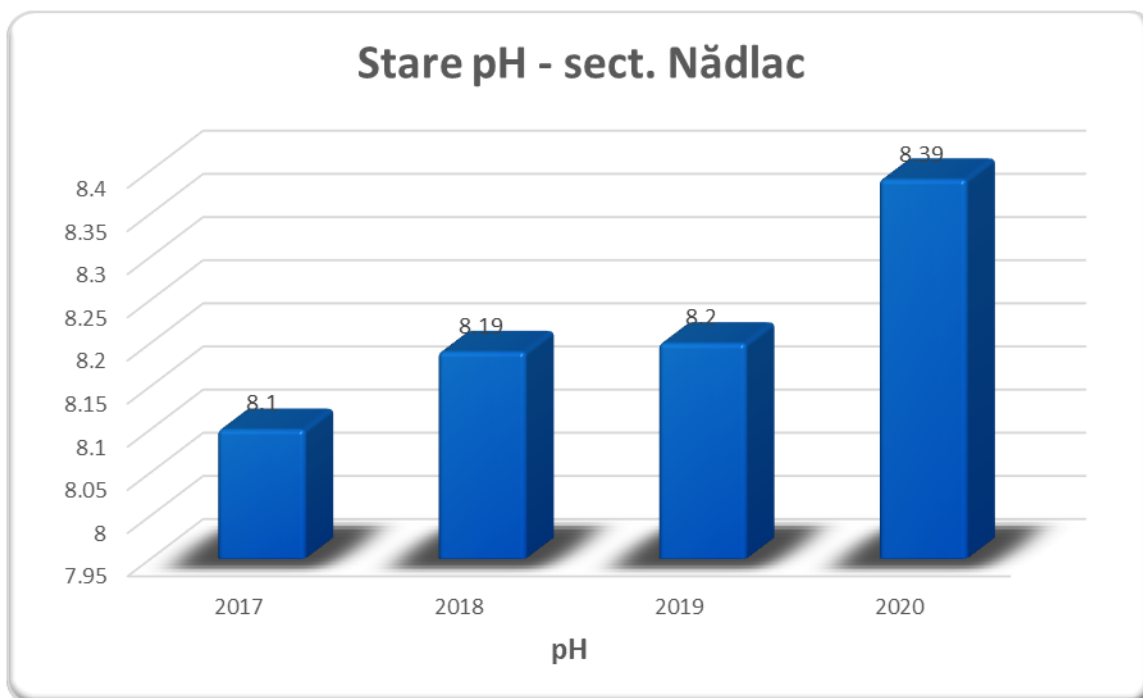


Figura 3.14. Distribuția valorilor pH – secțiunea Nădlac

Tabel 3.8. Nutrienți

Nutrienți	2015	2016	2017	2018	2019	2020
Secțiunea Săvârșin						
N total (mg/l N)	2.43	3.115	2.228	2.87	2.02	2.393
N-NH ₄ (mg/l N)	0.197	0.126	0.083	0.069	0.099	0.22
N-NO ₂ (mg/l N)	0.017	0.033	0.018	0.019	0.028	0.031
N-NO ₃ (mg/l N)	1.703	0.935	1.154	1.047	0.958	1.002
P total (mg/l P)	0.173	0.169	0.111	0.271	0.242	0.319
P-PO ₄ (mg/l P)	0.072	0.063	0.044	0.069	0.072	0.069
Secțiunea Arad						
N total (mg/l N)	2.455	3.127	2.416	2.758	2.34	2.185
N-NH ₄ (mg/l N)	0.187	0.11	0.107	0.051	0.121	0.075
N-NO ₂ (mg/l N)	0.017	0.028	0.02	0.016	0.028	0.029
N-NO ₃ (mg/l N)	1.354	1.109	1.247	0.99	1.125	1.019
P total (mg/l P)	0.143	0.167	0.136	0.2	0.159	0.349
P-PO ₄ (mg/l P)	0.056	0.074	0.053	0.051	0.073	0.081
Secțiunea Nădlac						
N total (mg/l N)			2.338	2.385	2.019	2.13
N-NH ₄ (mg/l N)			0.114	0.085	0.145	0.108
N-NO ₂ (mg/l N)			0.019	0.019	0.033	0.023
N-NO ₃ (mg/l N)			1.114	1.037	1.163	1.315
P total (mg/l P)			0.121	0.146	0.239	0.268
P-PO ₄ (mg/l P)			0.042	0.059	0.077	0.079

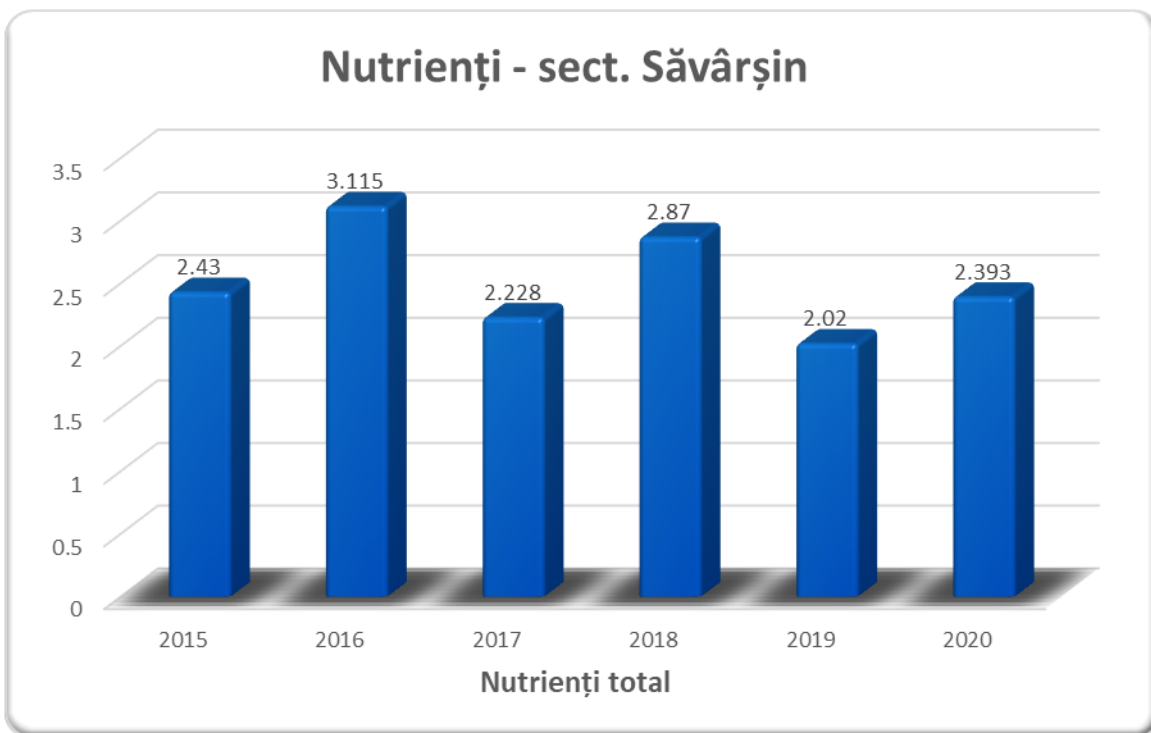


Figura 3.15. Distribuția nutrienților – secțiunea Săvârșin

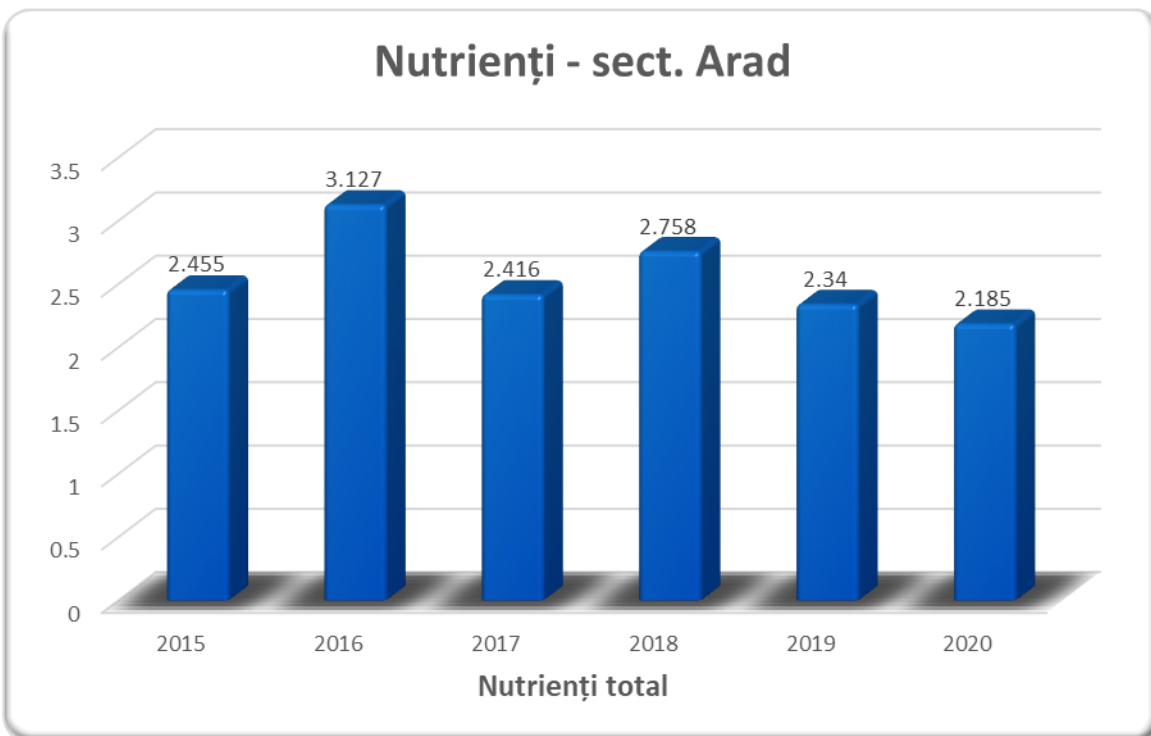


Figura 3.16. Distribuția nutrienților – secțiunea Arad

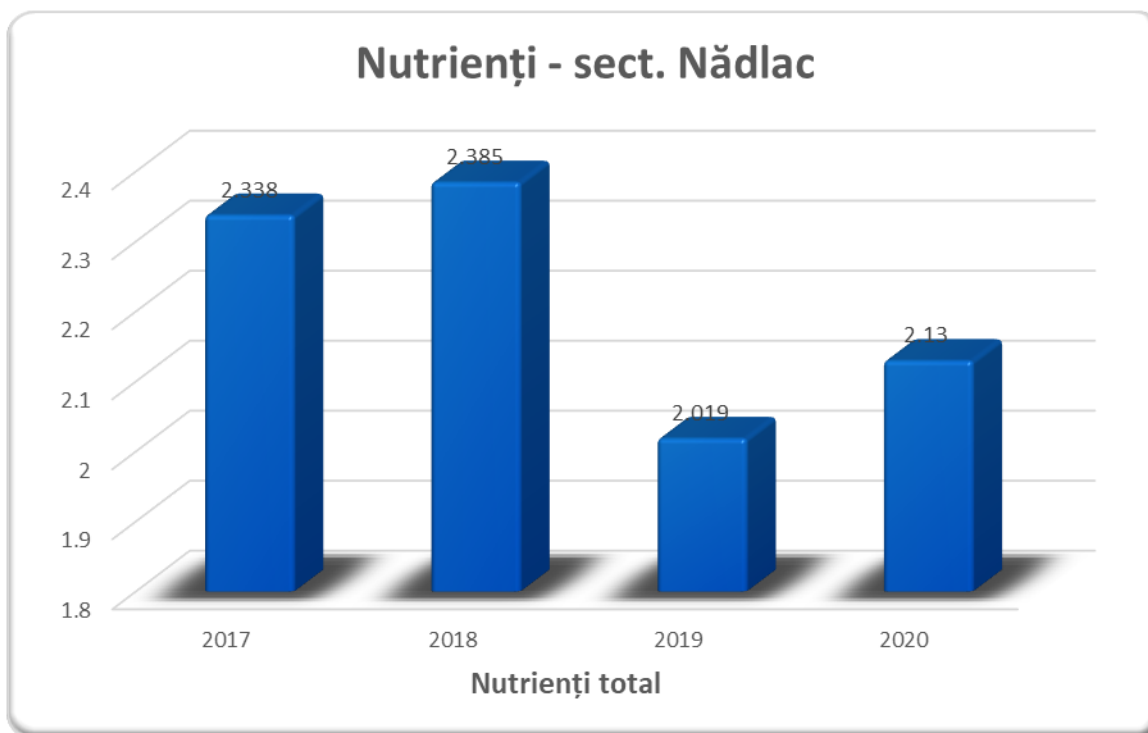


Figura 3.17. Distribuția nutrienților – secțiunea Nădlac

Valorile totale ale nutrienților din cele trei corpuri de apă ale Mureșului (tabel 3.8., figura 3.15. – 3.20.) se încadrează în limitele normale, observându-se valori mai scăzute pentru anii 2017 și 2019 în secțiunea Săvârșin, și pentru anii 2017, 2019 și 2020 în secțiunea Arad. De asemenea, în secțiunea Nădlac, se înregistrează cea mai mică valoare, de 2,13 mg/l, în anul 2019.

În ceea ce privește azotul din amoniu, $N-NH_4$, existența ionilor de amoniu în apă este consecința unei contaminări recente cu reziduri din descompunerea plantelor și animalelor, a deversărilor apelor uzate provenite de la stațiile de epurare prezente în aglomerările urbane, de la fermele de creștere a animalelor sau fermele agricole care folosesc fertilizanți pe bază de azot, prin șiroirea acestora în timpul sezonului ploios.

Pentru secțiunea Săvârșin, cea mai mare valoare a azotului din amoniu este de 0,22 mg/l în anul 2020, urmate de anul 2015, cu o valoare a concentrației de 0,197 mg/l, și de anul 2016, cu o valoare de 0,126 mg/l. Pentru secțiunea Arad, cele mai mari valori au fost înregistrate în anul 2015 (0,187 mg/l), urmând apoi un trend descendent până în anul 2018 (0,051 mg/l) și o ușoară creștere în 2019 (0,121 mg/l). În secțiunea Nădlac, de asemenea, există un vârf în anul 2019, reprezentat de valoarea concentrației de 0,145 mg/l. Pentru toate cele trei secțiuni de apă, valorile concentrațiilor azotului din amoniu se înscriu în clasa I de calitate, mai mici de 1mgN/l.

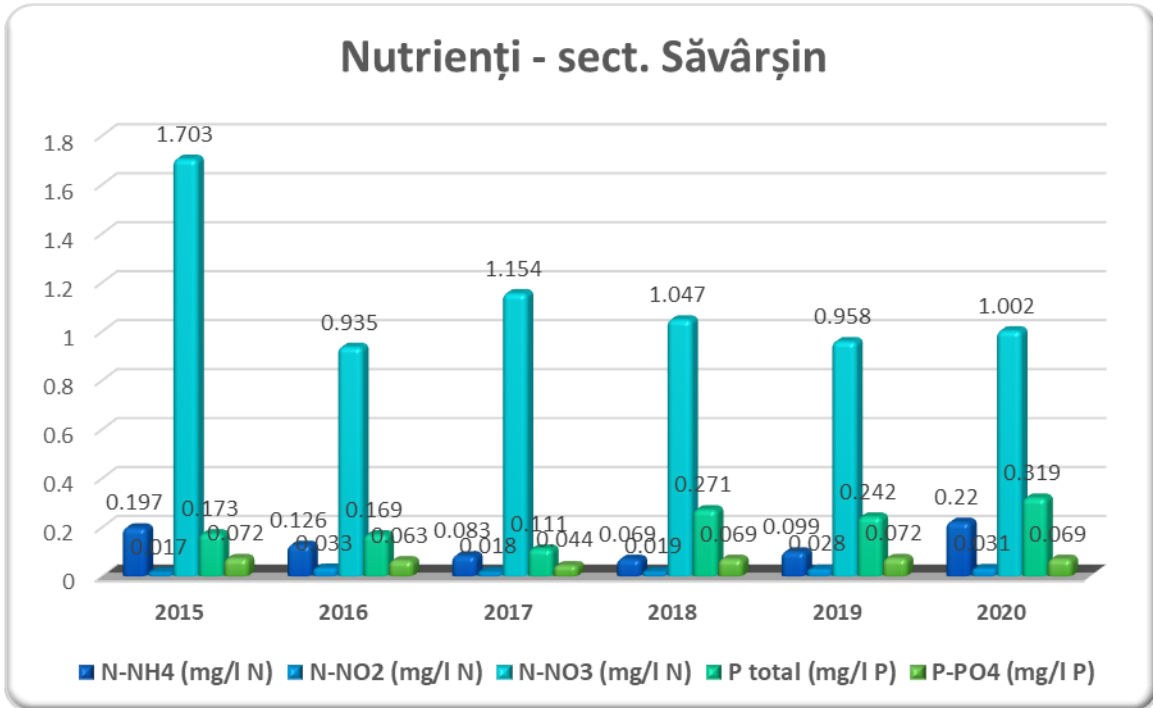


Figura 3.18. Distribuția nutrienților pe categorii – secțiunea Săvârșin

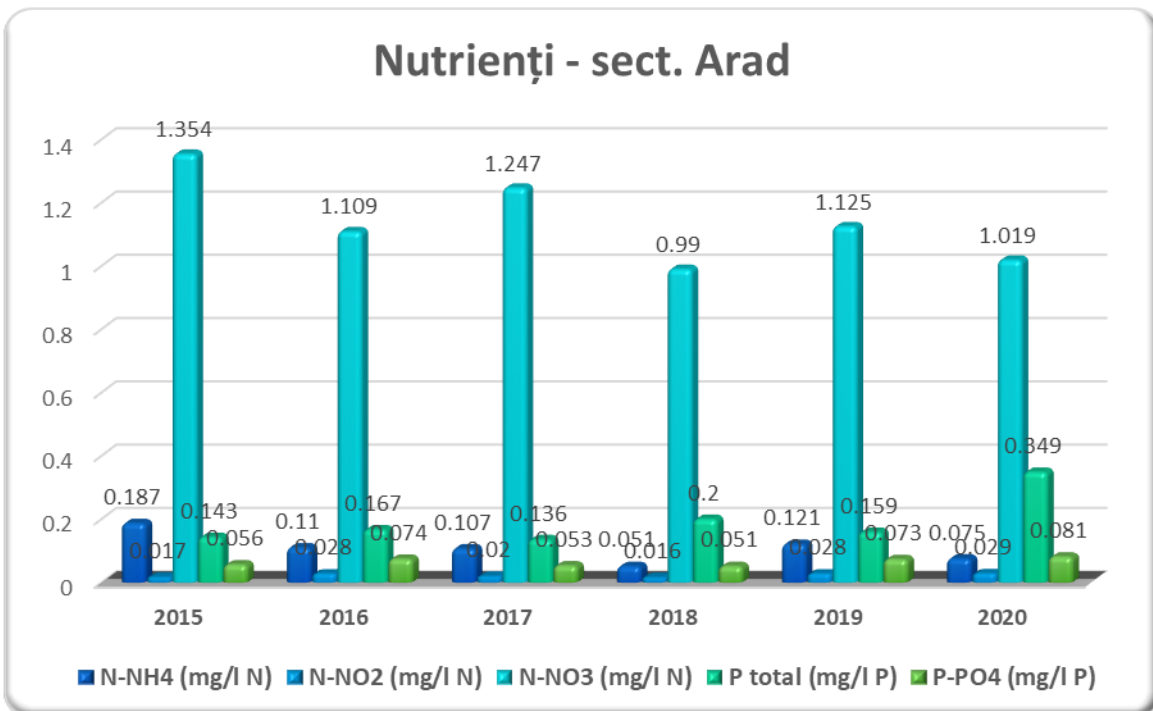


Figura 3.19. Distribuția nutrienților pe categorii – secțiunea Arad

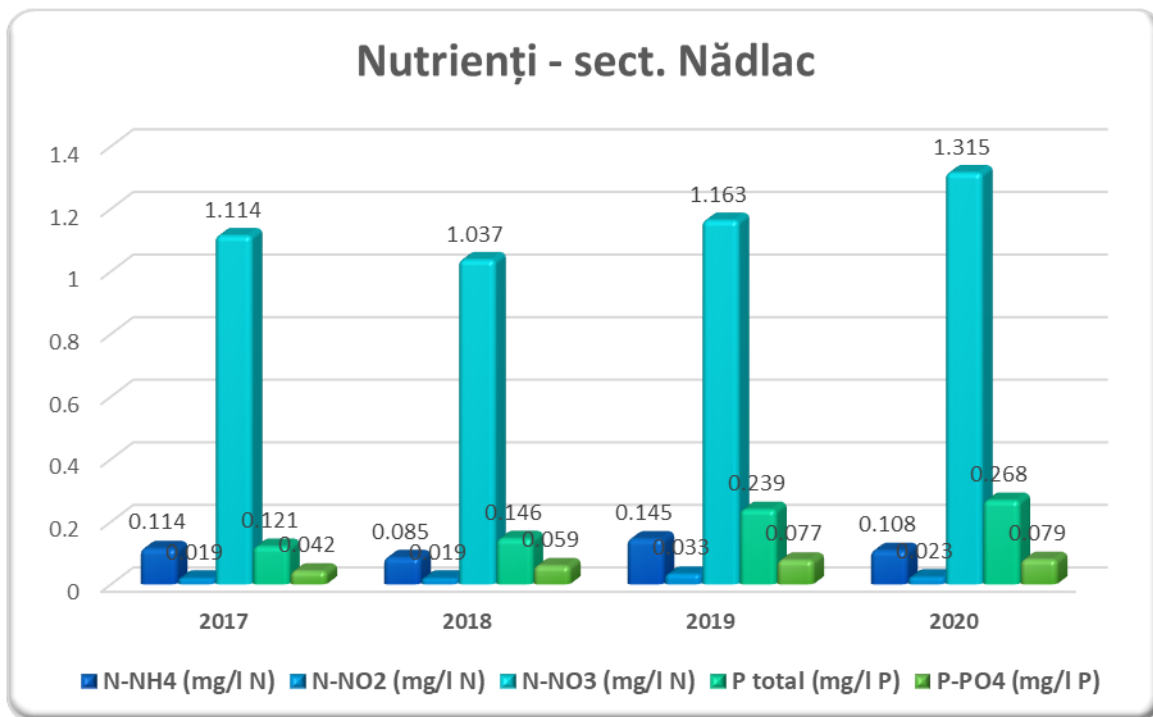


Figura 3.20. Distribuția nutrienților pe categorii – secțiunea Nădlac

Azotul din nitriți, N-NO₂, reflectă metabolismul compușilor de azot, fiind o fază intermediară în ciclul acestuia de degradare. De asemenea, prezența acestuia în apă este un indicator al poluării recente cu substanțe care conțin azot, substanțe periculoase pentru organismele acvatice.

Pentru secțiunea Săvârșin cea mai mare valoare a azotului din nitriți este de 0,033 mg/l în anul 2016, urmate de anul 2020, cu o valoare a concentrației de 0,031 mg/l, și de anul 2019, cu o valoare de 0,028 mg/l. Pentru secțiunea Arad, cele mai mari valori au fost înregistrate în anul 2020 (0,029 mg/l) și în anul 2019 (0,028 mg/l), cu valori oscilante de la an la an, cea mai mică concentrație fiind înregistrată în anul 2018 (0,016 mg/l). În secțiunea Nădlac, vârful este reprezentat de anul 2019, cu o valoare a concentrației de 0,033 mg/l.

Azotul din nitrați, N-NO₃, reprezintă o etapă avansată de oxidare a amoniului, reflectând o poluare mai veche a apei, fluctuațiile acestuia datorându-se, în general, contaminării din timpul sezonului ploios (creșterea concentrației) și sedimentării (scăderea concentrației).

Pentru secțiunea Săvârșin cea mai mare valoare a azotului din nitrați este de 1,703 mg/l în anul 2015, valoare care depășește nivelul clasei I de calitate, de asemenea, valori ridicate se înregistrează și în anul 2017 și 2020, valori care depășesc pragul de 1 mgN/l. Pentru secțiunea Arad, cele mai mari valori au fost înregistrate tot în anul 2015 (1,354 mg/l), urmate de anii 2017 și

2016, cu valori care depășesc clasa I de calitate. În secțiunea Nădlac, valorile indicatorilor prezintă, de asemenea, oscilații, cu valoarea cea mai ridicată în anul 2020 (1,315 mg/l), valori care se înscriu în clasa a II-a de calitate din punct de vedere al clasificării ecologice.

Cu mici fluctuații, valorile concentrațiilor de fosfor și compuși ortofosfați se încadrează în clasele de calitate I și a II-a pentru toate cele trei secțiuni de apă ale râului Mureș aferente județului Arad.

În ceea ce privește poluanții specifici (tabel 3.9., figura 3.21. – 3.23.), se remarcă lipsa unor compuși în datele de monitorizare: arsenul, cromul, cuprul, zincul și toluenul dizolvat fiind măsurate doar din anul 2017, iar cianurile, doar din anul 2018.

Tabel 3.9. Poluanți specifici

Poluanți specifici	2015	2016	2017	2018	2019	2020
Secțiunea Săvârșin						
Detergenți anion-activi (μg/l)	50	50	50	50	50	50
Fenoli totali (μg/l)	3.25	3.75	1.5	3.65	4.7	6.45
Arsen dizolvat (μg/l)			0.5	0.5	0.5	0.5
Crom dizolvat (μg/l)			11.07	9.91	7.38	7.08
Cupru dizolvat (μg/l)			5.73	7.05	3.3	12.99
Zinc dizolvat (μg/l)			19	12.5	12.5	12.5
Secțiunea Arad						
Detergenți anion-activi (μg/l)	50	50	50	50	50	50
Fenoli totali (indice fenolic) (μg/l)	3.25	5.45	1.5	3.75	1.5	1.5
Arsen dizolvat (μg/l)			0.5	0.5	0.5	0.5
Crom dizolvat (Cr ³⁺ + Cr ⁶⁺) (μg/l)			9.04	8.06	9.43	6.44
Cupru dizolvat (μg/l)			9.97	5.75	3.43	13.38
Zinc dizolvat (μg/l)			5	12.5	12.5	12.5
Secțiunea Nădlac						
Detergenți anion-activi (μg/l)			50	50	50	50
Fenoli totali (indice fenolic) (μg/l)			1.5	3.55	2.4	1.5
Arsen dizolvat (μg/l)			0.5	0.5	0.5	0.5
Crom dizolvat (Cr ³⁺ + Cr ⁶⁺) (μg/l)			3.96	8.61	8.29	6.52
Cupru dizolvat (μg/l)			4.49	4.13	4.48	12.65
Zinc dizolvat (μg/l)			5	12.5	12.5	12.5
Toluen (μg/l)			1.5	1.5		
Cianuri (μg/l)				7.5	7.5	10

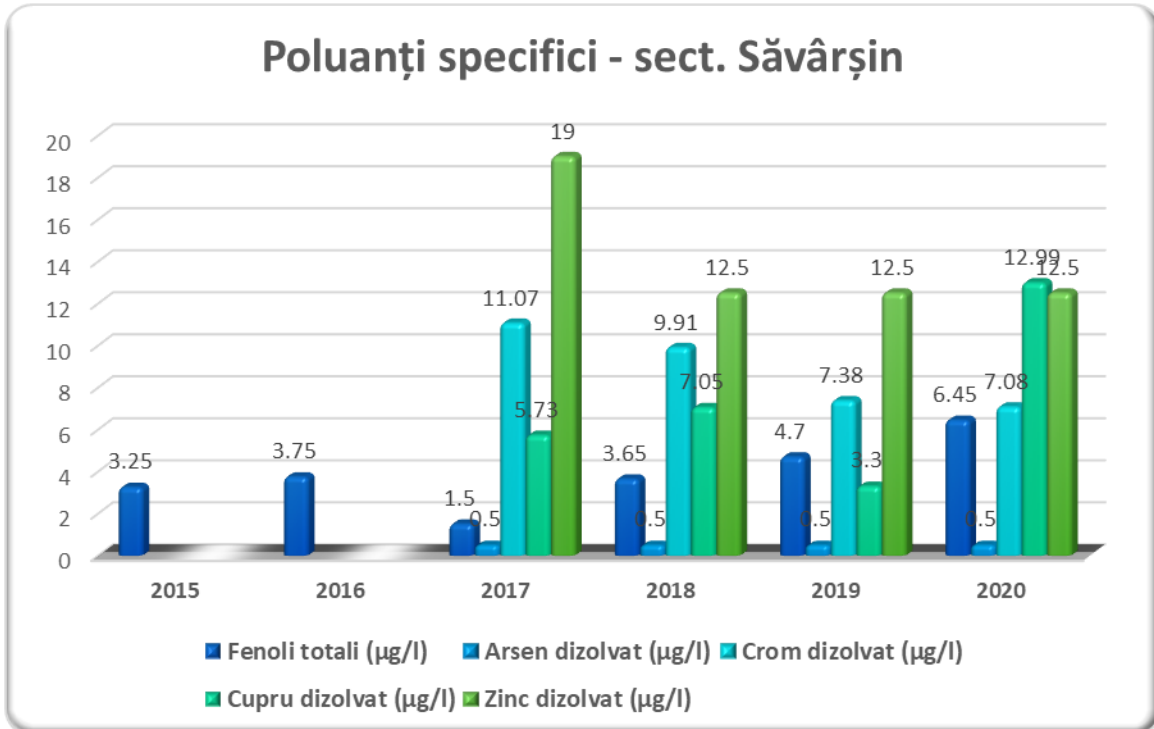


Figura 3.21. Distribuția poluanților specifici – secțiunea Săvârșin

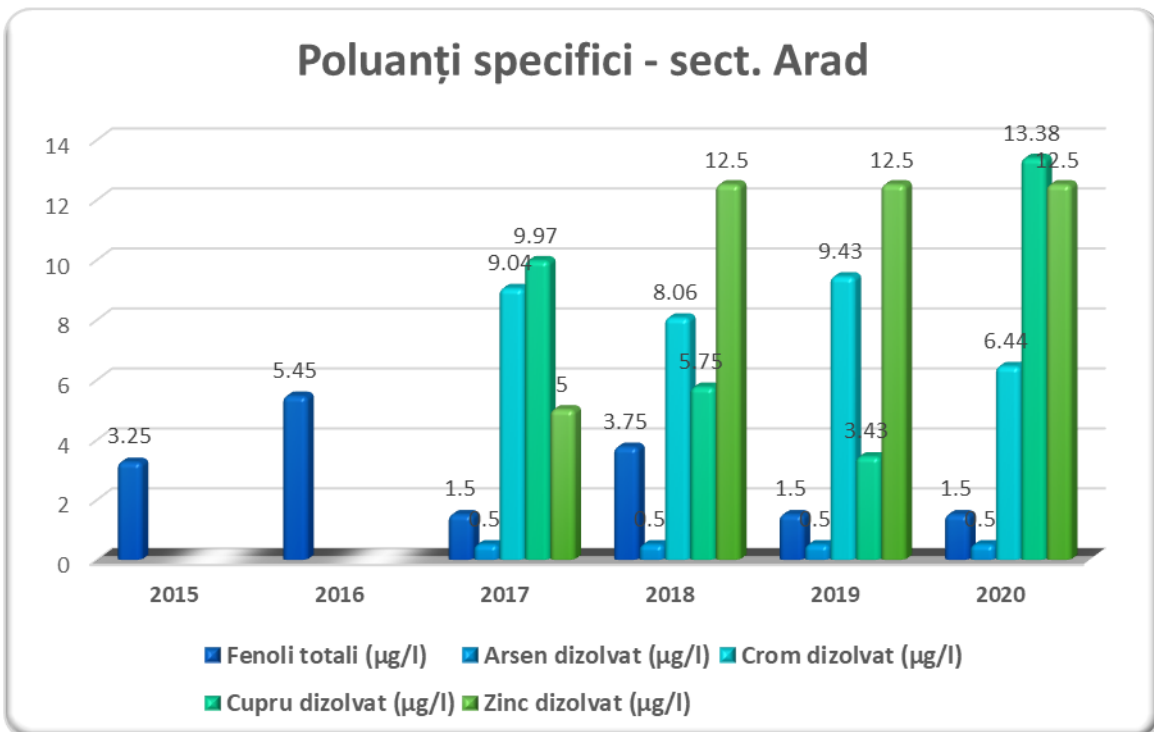


Figura 3.22. Distribuția poluanților specifici – secțiunea Arad

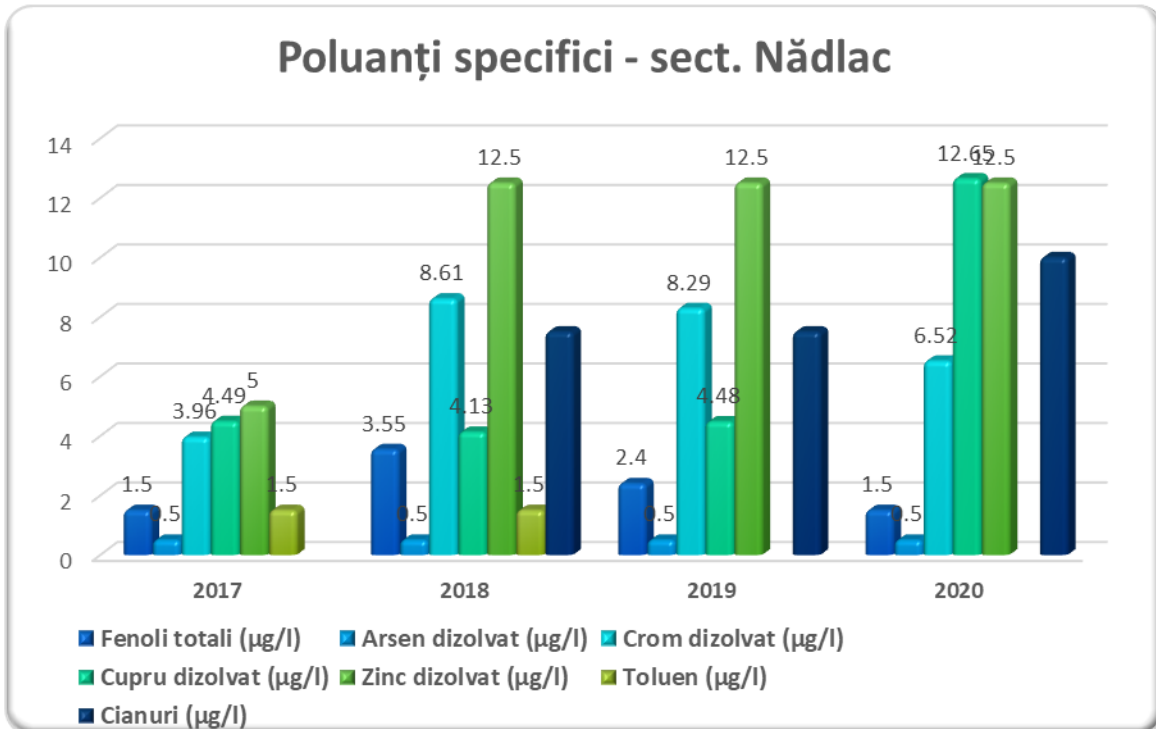


Figura 3.23. Distribuția poluanților specifici – secțiunea Nădlac

Detergenții anion-activi sunt considerați poluanți de bază ai apelor naturale, fiind responsabili de producerea spumei acumulate la suprafața apei care îngreunează schimbul de gaze dintre apă și atmosferă. În acest fel, poluarea cu detergenți are un impact negativ asupra bacteriilor aerobe ce descompun deșeurile organice, împiedicând autoepurarea apei. Concentrațiile de detergenți anion-activi se mențin constante pe toată perioada analizată și în toate cele trei corpuri de apă ale râului Mureș aferente județului Arad (50 μg/l).

Fenolul, substanță folosită anterior ca dezinfectant în medicină, este un toxic nervos pentru populația piscicolă, imprimând un gust neplăcut cărnii de pește. Prezența acestuia în apă se datorează, în principal, industriei textile și de medicamente. Pe râul Mureș, cel mai mare indice fenolic s-a înregistrat în anul 2020, cu valoarea 6,45 μg/l, în secțiunea Săvârșin, în anul 2016, cu valoarea 5,45 μg/l, în secțiunea Arad, și în anul 2018, cu valoarea 3,55 μg/l, în secțiunea Nădlac.

Metalele grele se numără printre cei mai toxici poluanți ai apelor, datorită persistenței lor îndelungate în soluții și a dificultății de a fi transformate în compuși insolubili în apele de suprafață. Concentrațiile de arsen dizolvat se mențin constante pe toate cele trei secțiuni de apă (0,5 μg/l), sub concentrația maxim admisă. În anul 2017, valorile medii anuale a concentrațiilor de crom dizolvat au fost cele mai ridicate pentru secțiunea Săvârșin, de 11,07 μg/l, urmând apoi un trend

descendent până în anul 2020. În secțiunea Arad, cea mai mare concentrație de crom dizolvat s-a înregistrat în anul 2019, de 9,43 $\mu\text{g/l}$, iar pentru secțiunea Nădlac, valoarea de vârf s-a înregistrat în anul 2018, de 8,61 $\mu\text{g/l}$.

În ceea ce privește cuprul dizolvat, în perioada 2017 – 2020 s-a constatat o creștere a concentrației, cu excepția anului 2019, când s-a înregistrat o valoare minimă de 3,3 $\mu\text{g/l}$ pe secțiunea Săvârșin. În secțiunea Arad s-a constatat o scădere a concentrației de cupru dizolvat în anii 2018 și 2019, cu valori 5,75 $\mu\text{g/l}$ și 3,43 $\mu\text{g/l}$, față de anul 2017, cu o valoare de 9,97 $\mu\text{g/l}$. În anul 2020 s-a înregistrat cea mai mare valoare de cupru dizolvat, de 13,38 $\mu\text{g/l}$. În secțiunea Nădlac concentrația de cupru dizolvat a avut valori relativ constante în intervalul 2017 – 2019, în jurul valorii de 4 $\mu\text{g/l}$, și o creștere bruscă la 12,65 $\mu\text{g/l}$ în anul 2020.

Concentrația de zinc dizolvat s-a menținut constantă în perioada 2018 – 2020 în toate cele trei secțiuni aferente județului Arad. Vârful concentrației de zinc dizolvat s-a înregistrat în anul 2017, în secțiunea Săvârșin, de 19 $\mu\text{g/l}$. În anii 2017 și 2018 s-a observat prezența toluenului în apă în mostrele prelevate din secțiunea Nădlac, cu valori constante de 1,5 $\mu\text{g/l}$, iar în anii 2018 – 2020, prezența cianurilor pe aceeași secțiune, cu un puternic caracter ascendent.

3.3.3. Comparații privind starea ecologică pe 3 secțiuni de apă (județul Arad)

În baza datelor primite de la Administrația bazinală Târgu Mureș, am efectuat o analiză comparativă a celor trei secțiuni pentru anii 2015 – 2020. În cele ce urmează, va fi discutată situația calității apelor râului Mureș, pe cele trei secțiuni analizate, aferente județului Arad.

Din analiza variației fitoplanctonului pe cele trei corpuri de apă ale râului Mureș, (tabel 3.10., figura 3.24.) se constată că cele mai mici valori medii anuale s-au înregistrat în secțiunea Săvârșin, prin urmare râul Mureș intră în județul Arad mai poluat de activitățile antropice din zona Hunedoara. Mergând în aval, secțiunea Arad se prezintă mai bine decât secțiunea Săvârșin, în această zonă existând doar activități preponderent agricole, și, în sfârșit, secțiunea Nădlac, care cuprinde zona protejată ecologic Lunca Mureșului, cu valori bune ale fitoplanctonului, însă nu semnificativ mai ridicate decât secțiunea anterioară, consecințe ale activităților industriale din municipiul Arad.

Tabel 3.10. Elemente biologice

	2015	2016	2017	2018	2019	2020
Fitoplancton						
Secțiunea Săvârșin	0.513	0.534	0.505	0.474	0.643	0.585
Secțiunea Arad	0.751	0.717	0.786	0.788	0.928	0.879
Secțiunea Nădlac			0.706	0.871	0.778	0.759
Macronevertebrate						
Secțiunea Săvârșin	0.693	0.545	0.683	0.808	0.688	0.709
Secțiunea Arad	0.829	0.854	0.808	0.853	0.858	0.645
Secțiunea Nădlac			0.713	0.762	0.602	0.769

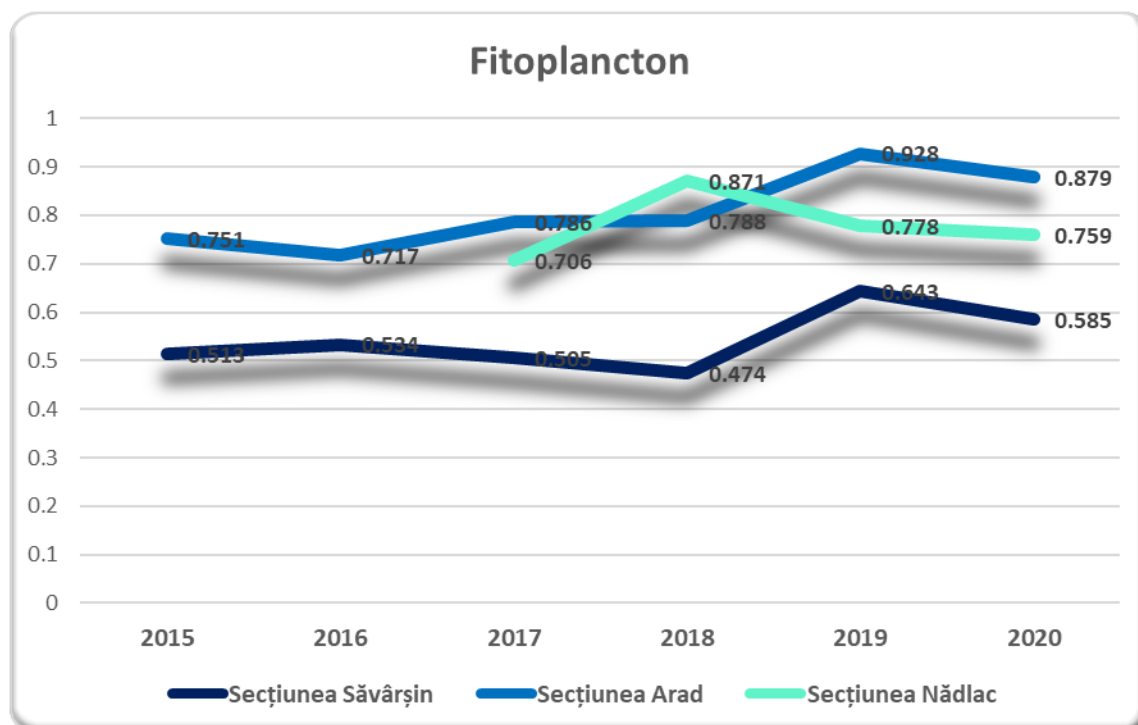


Figura 3.24. Comparații fitoplancton pe 3 secțiuni

Prezența macronevertebratelor (tabel 3.10., figura 3.25.) se menține similară fitoplanctonului în perioada 2015 – 2020, cu valori mai scăzute, în general, în primul corp de apă, cu un vârf înregistrat în anul 2018. În secțiunea Arad, valorile sunt constante în perioada analizată, cu tendințe de scădere începând din anul 2019. Valori inexplicabil mai scăzute se înregistrează în secțiunea Nădlac, care, cum subliniam anterior, cuprinde o vastă zonă protejată ecologic, prin urmare este de așteptat ca fauna și flora să fie mai bine reprezentate decât în secțiunile anterioare.

Cu toate acestea, în ultima perioadă, se constată o îmbunătățire a nivelului de macronevertebrate pe acest corp de apă, începând cu anul 2019.

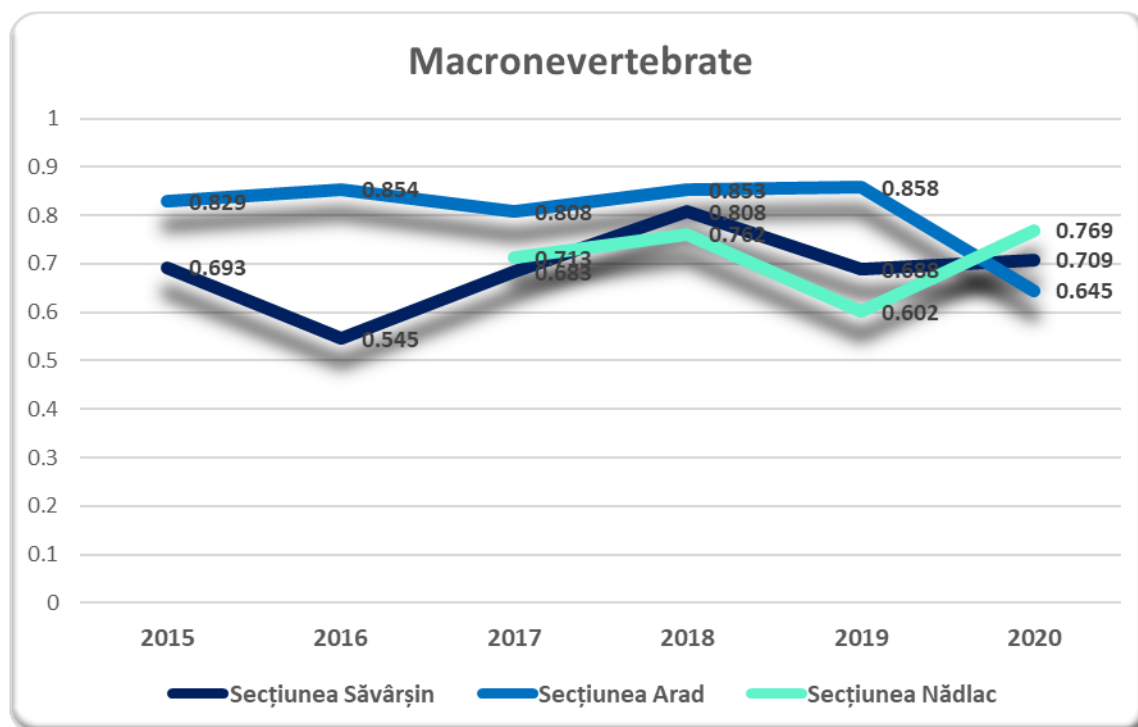


Figura 3.25. Comparații macronevertebrate pe 3 secțiuni

Tabel 3.11. Condiții de oxigenare

	2015	2016	2017	2018	2019	2020
CBO5 (mgO₂/l)						
Secțiunea Săvârșin	4.25	5.199	5.932	4.633	4.464	4.402
Secțiunea Arad	4.94	5.132	5.149	4.831	3.245	4.993
Secțiunea Nădlac			5.449	3.11	3.89	3.73
CCO-Cr (mgO₂/l)						
Secțiunea Săvârșin	14.76	36.18	36.41	44.69	24.71	25.68
Secțiunea Arad	16.8	40.42	36.95	21.85	15.4	19.74
Secțiunea Nădlac			31.38	12.7	21.3	24.1
Oxigen dizolvat (mgO₂/l)						
Secțiunea Săvârșin	8.335	8.267	7.901	7.567	8.411	7.81
Secțiunea Arad	8.245	8.32	7.458	7.554	9.587	7.295
Secțiunea Nădlac			7.776	9.25	7.628	7.764

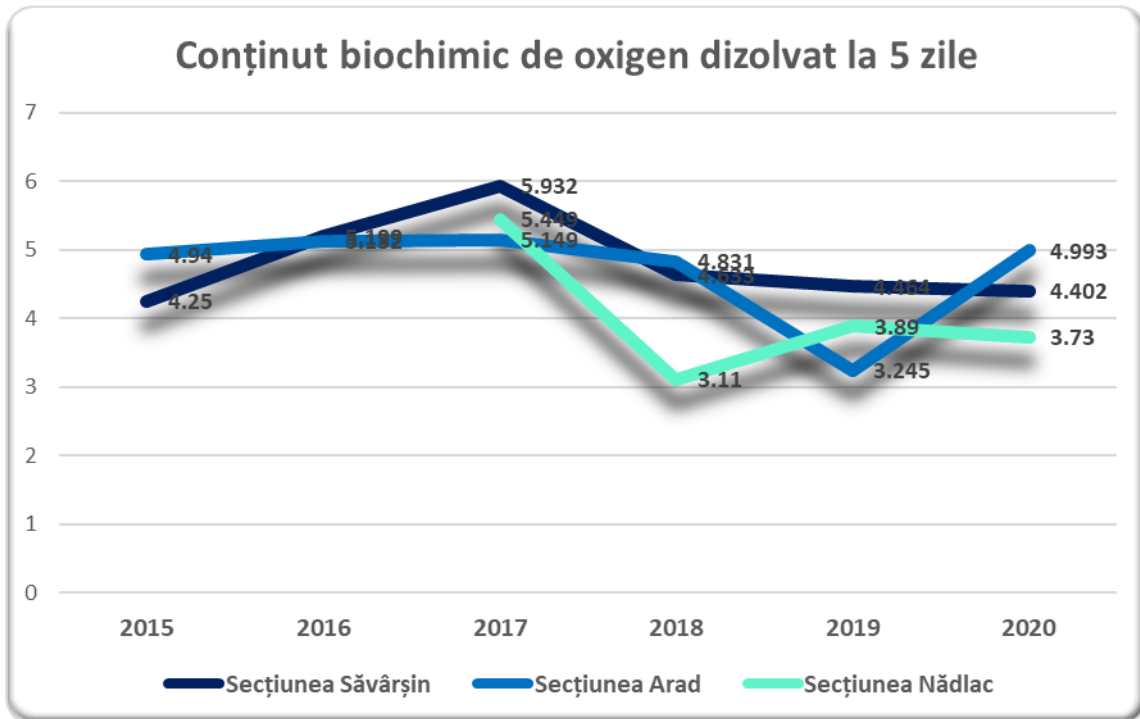


Figura 3.26. Comparații conținut biochimic de oxigen pe 3 secțiuni

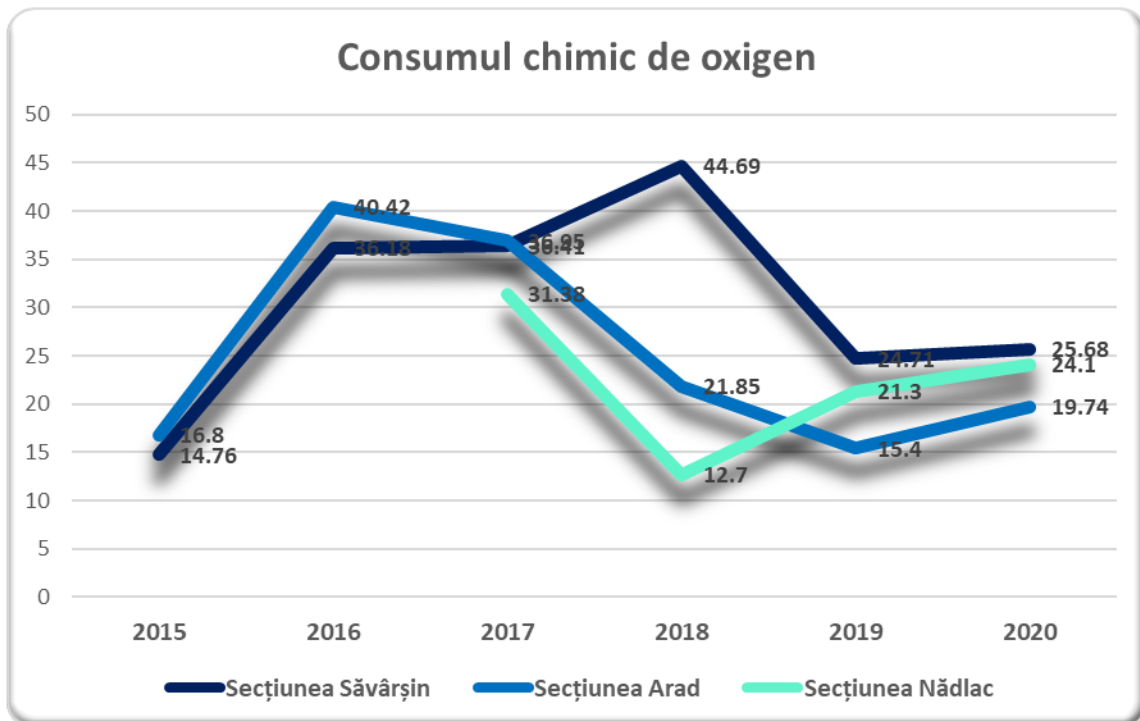


Figura 3.27. Comparații consum chimic de oxigen pe 3 secțiuni

Conținutul biochimic de oxigen dizolvat (tabel 3.11., figura 3.26.), măsurat la 5 zile (CBO₅) prezintă nivele bune ale indicatorilor, cu valori în general mai scăzute ale secțiunii Arad decât ale celorlalte două secțiuni, parte datorită lucrărilor de amenajare a malurilor din această zonă, care ține sub control materiile organice dizolvate în apă. Secțiunile Săvârșin și Nădlac străbat zone mai puțin atinse de activitățile antropice – munți și dealuri, precum și zona protejată ecologic Lunca Mureșului, prin urmare controlul acestor materii este mai puțin sesizabil.

Consumul chimic de oxigen (CCO-Cr) (tabel 3.11., figura 3.27.) prezintă oscilații semnificative, atât pe perioada de timp analizată, cât și pe cele trei secțiuni de apă. Secțiunile Săvârșin și Arad se mențin similar pe perioada dintre anii 2015 – 2017, însă prezintă un consum foarte ridicat pe secțiunea Săvârșin, în anul 2018, în timp ce, în secțiunile Arad și Nădlac, consumul biochimic de oxigen este semnificativ mai redus. Se observă o echilibrare a consumului începând din anul 2019, cu valori bune pe parcursul celor trei secțiuni.

Oxigenul dizolvat în apă (tabel 3.11., figura 3.28.) prezintă valori bune, în limitele clasei I de calitate, pentru toată perioada analizată în cele trei corpuri de apă.

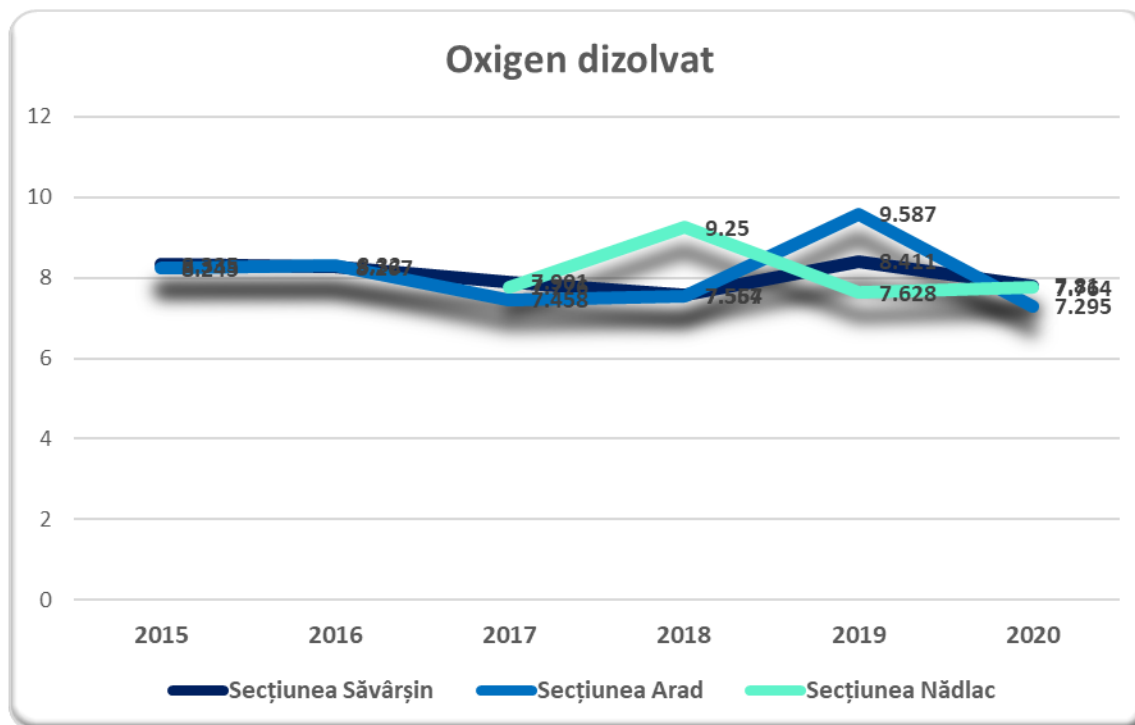


Figura 3.28. Comparații oxigen dizolvat pe 3 secțiuni

Tabel 3.12. Elemente fizico-chimice

	2015	2016	2017	2018	2019	2020
Salinitate/Conductivitate ($\mu\text{S}/\text{cm}$)						
Secțiunea Săvârșin	551	459.8	614.2	508.3	562.4	476
Secțiunea Arad	564	353.7	593.6	494.5	439	512.9
Secțiunea Nădlac			520.9	401.5	550.1	458.6
Acidifiere/pH (unit pH)						
Secțiunea Săvârșin	8.16	7.8	8.16	8.28	8.19	7.99
Secțiunea Arad	8.18	7.93	8.16	8.38	8.29	8.18
Secțiunea Nădlac			8.1	8.19	8.2	8.39
Nutrienți						
Secțiunea Săvârșin	2.43	3.115	2.228	2.87	2.02	2.393
Secțiunea Arad	2.455	3.127	2.416	2.758	2.34	2.185
Secțiunea Nădlac			2.338	2.385	2.019	2.13

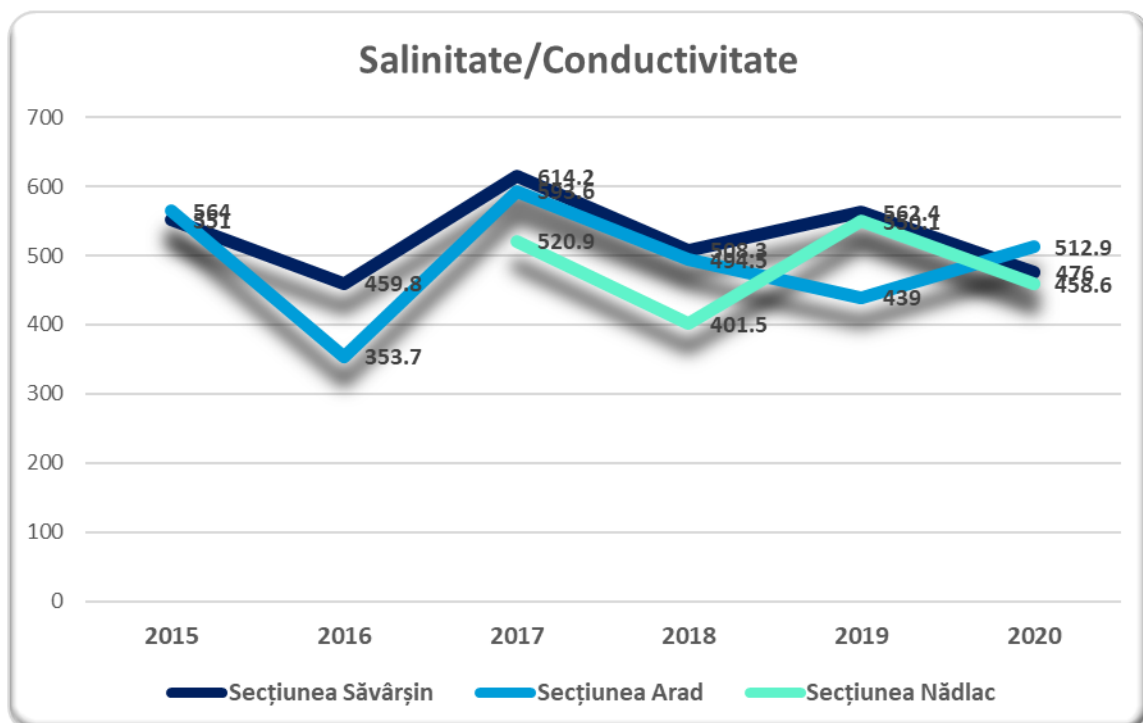


Figura 3.29. Comparații salinitate/conductivitate pe 3 secțiuni

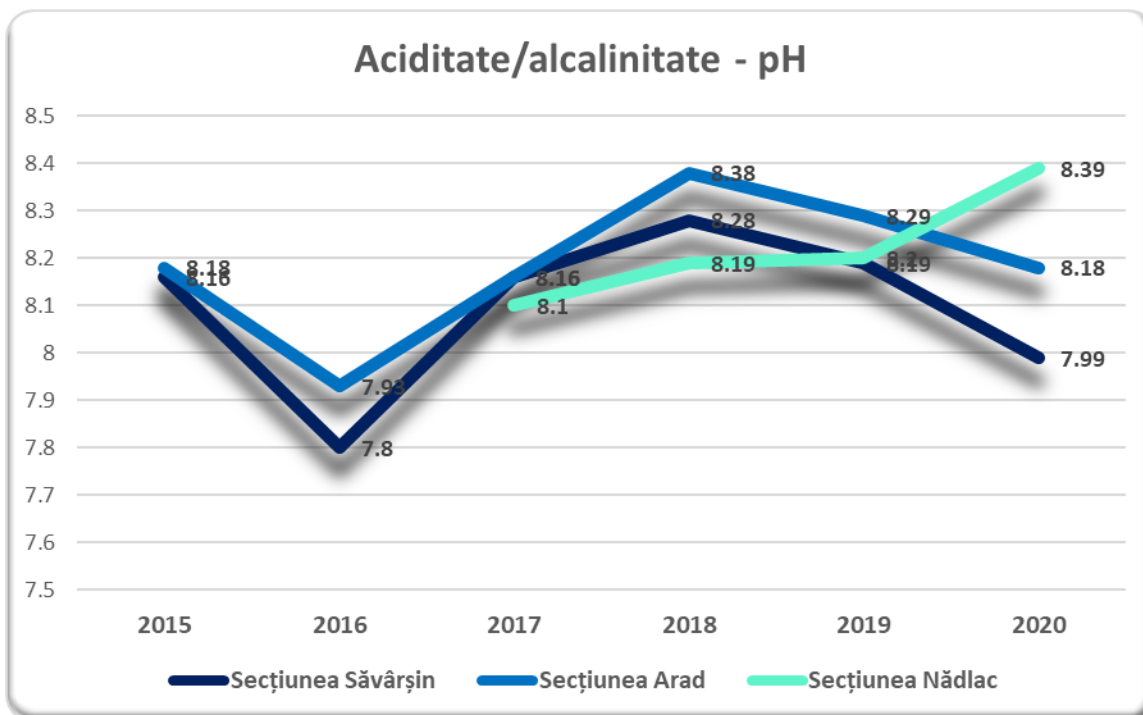


Figura 3.30. Comparații acidifiere/pH pe 3 secțiuni

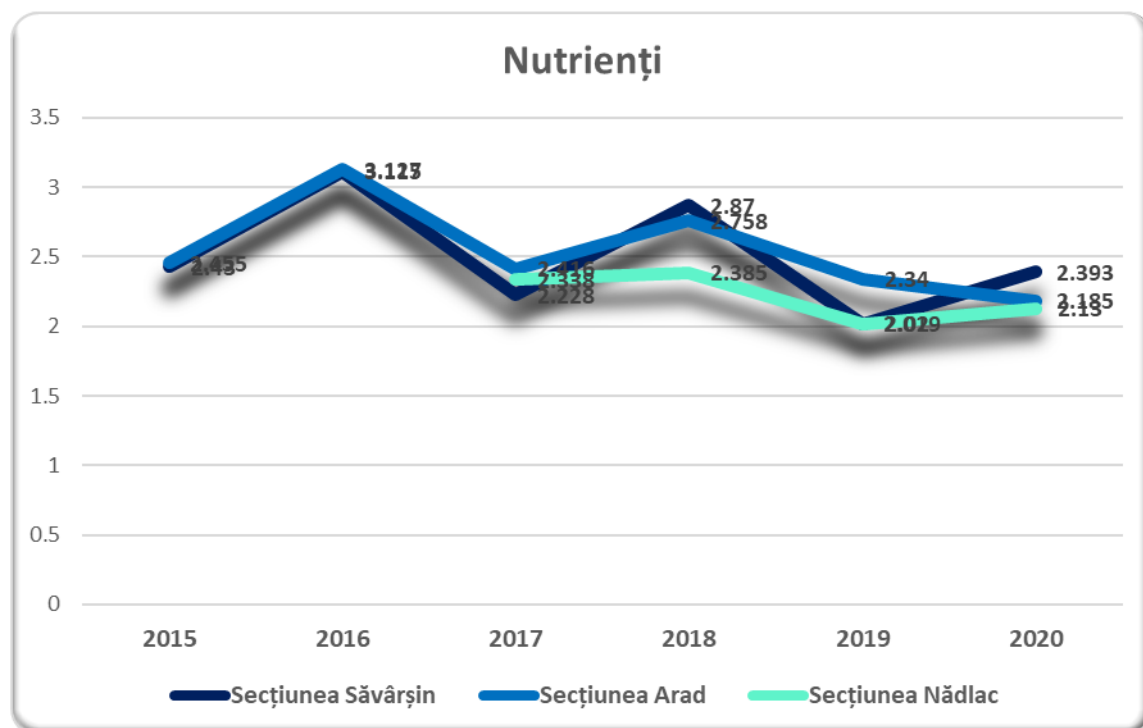


Figura 3.31. Comparații nutrienți total pe 3 secțiuni

Salinitatea celor trei corpuri de apă (tabel 3.12., figura 3.29.) prezintă oscilații ale valorilor, menținute însă în limitele primelor două clase de calitate, cu valori ușor mai ridicate pentru prima secțiune, explicabile prin natura zonei montane aferentă corpului de apă, și valori ușor mai scăzute pentru secțiunile Arad și Nădlac.

Valorile pH-ului (tabel 3.12., figura 3.30.) variază în limite restrânse pe toată perioada analizată și pe cele trei corpuri de apă, înregistrându-se valori cuprinse între 7,8 și 8,39, valori neutre, favorabile viețuitoarelor acvatice. Cea mai mică valoare, apropiată de valoare ideală de 7,5, a fost înregistrată în secțiunea Săvârșin, în anul 2016, urmată de secțiunea Arad, în același an, de 7,9. Față de acest reper anual, se observă tendințe ușor ascendente pentru toate cele trei corpuri de apă în perioadele următoare. Luând în considerare faptul că măsurarea pH-ului se desfășoară logaritm, nu liniar, se poate spune că fluctuațiile pH-ului sunt semnificative, o diferență de un punct însemnând o valoare de 10 ori mai mare a alcalinității sau acidității.

În urma analizei indicelui total de nutrienți (tabel 3.12., figura 3.31.) pe cele trei secțiuni ale râului Mureș se constată fluctuații pe ani, în limita valorilor admise, pentru toate cele trei corpuri de apă. Comparativ, există un tipar al fluctuației nivelului de nutrienți, cu creșteri ale valorilor în anii pari și descreșteri în anii impari, tipar observabil mai ales pentru secțiunile Săvârșin și Arad, unde datele cuprind toată perioada analizată, situație care se poate generaliza și pentru secțiunea Nădlac, în cei patru ani luați în analiză.

În ceea ce privește poluanții specifici dizolvați (tabel 3.13.), în apa celor trei secțiuni ale râului Mureș, anul 2017 se remarcă prin prezența fenolului la limite sub nivelul de măsurare, cu un curs ascendent pentru secțiunea Săvârșin și o valoare îngrijorătoare a indicelui fenolic în anul 2020, explicabilă prin activitatea industrială și minieră din zona Hunedoarei. Pentru secțiunea Arad și Nădlac, situația se prezintă mai pozitiv, cu un caracter descrescător al prezenței fenolului în aceste secțiuni (figura 3.32.). De asemenea, se remarcă o prezență constantă, de 0,5 μg/l, a arseniului dizolvat, pe toate secțiunile analizate (tabel 3.13.).

Prezența metalelor grele în râul Mureș, pe raza județului Arad, prezintă o scădere a valorilor cromului (tabel 3.13., figura 3.33.), cu o diferență remarcabilă de 5 unități în anul 2020, față de anii anteriori. Spre deosebire, cuprul dizolvat (tabel 3.13., figura 3.34.) prezintă trenduri ascendente (aproximativ 12-13 μg/l) în 2020, conferind nivele de calitate de clasa a II-a, însă cu valori bune în anii anteriori, chiar foarte bune în 2019, pentru toate cele trei secțiuni. Prezența zincului (tabel 3.13., figura 3.35.) se menține constantă pe cele trei secțiuni, cu un vârf al concentrației pe secțiunea Săvârșin în anul 2017.

Tabel 3.13. Poluanți specifici

	2015	2016	2017	2018	2019	2020
Fenoli totali (indice fenolic) (µg/l)						
Secțiunea Săvârșin	3.255	3.75	1.5	3.65	4.7	6.45
Secțiunea Arad	3.255	5.45	1.5	3.75	1.5	1.5
Secțiunea Nădlac			1.5	3.55	2.4	1.5
Arsen dizolvat (µg/l)						
Secțiunea Săvârșin			0.5	0.5	0.5	0.5
Secțiunea Arad			0.5	0.5	0.5	0.5
Secțiunea Nădlac			0.5	0.5	0.5	0.5
Crom dizolvat (Cr3+ + Cr6+)						
Secțiunea Săvârșin			11.075	9.915	7.385	7.08
Secțiunea Arad			9.0475	8.065	9.435	6.44
Secțiunea Nădlac			3.96	8.61	8.295	6.52
Cupru dizolvat (µg/l)						
Secțiunea Săvârșin			5.735	7.055	3.3	12.99
Secțiunea Arad			9.975	5.75	3.43	13.38
Secțiunea Nădlac			4.495	4.13	4.48	12.65
Zinc dizolvat (µg/l)						
Secțiunea Săvârșin			19	12.5	12.5	12.5
Secțiunea Arad			5	12.5	12.5	12.5
Secțiunea Nădlac			5	12.5	12.5	12.5

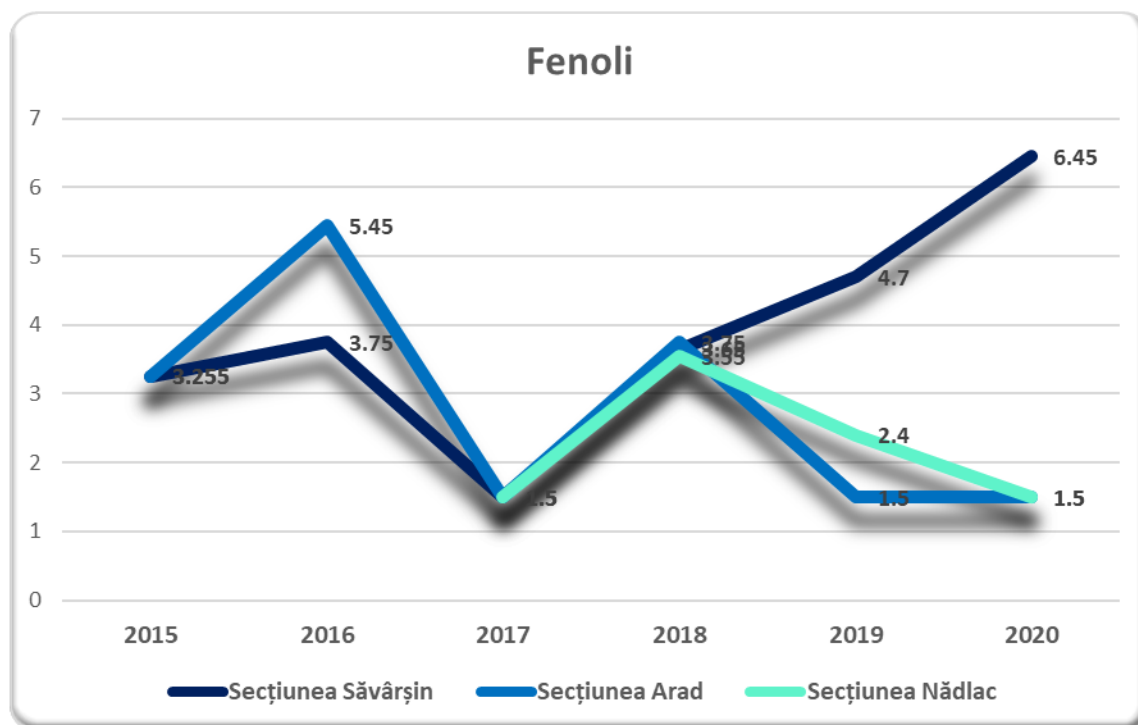


Figura 3.32. Comparații fenoli pe 3 secțiuni

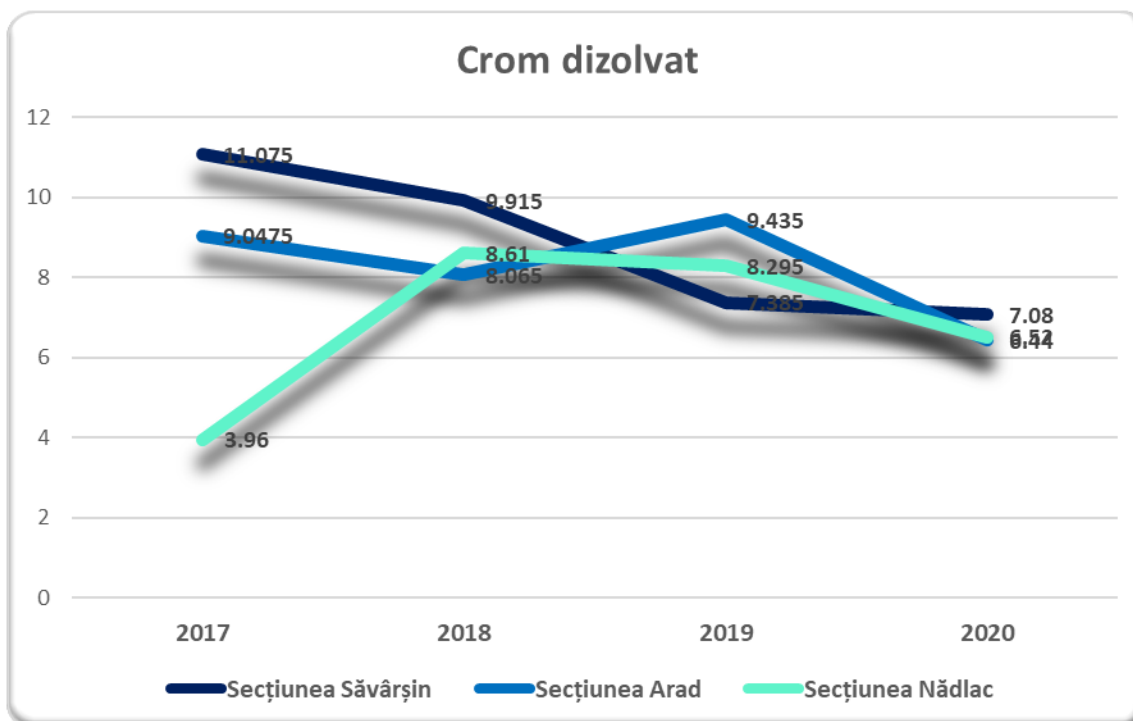


Figura 3.33. Comparații crom dizolvat pe 3 secțiuni

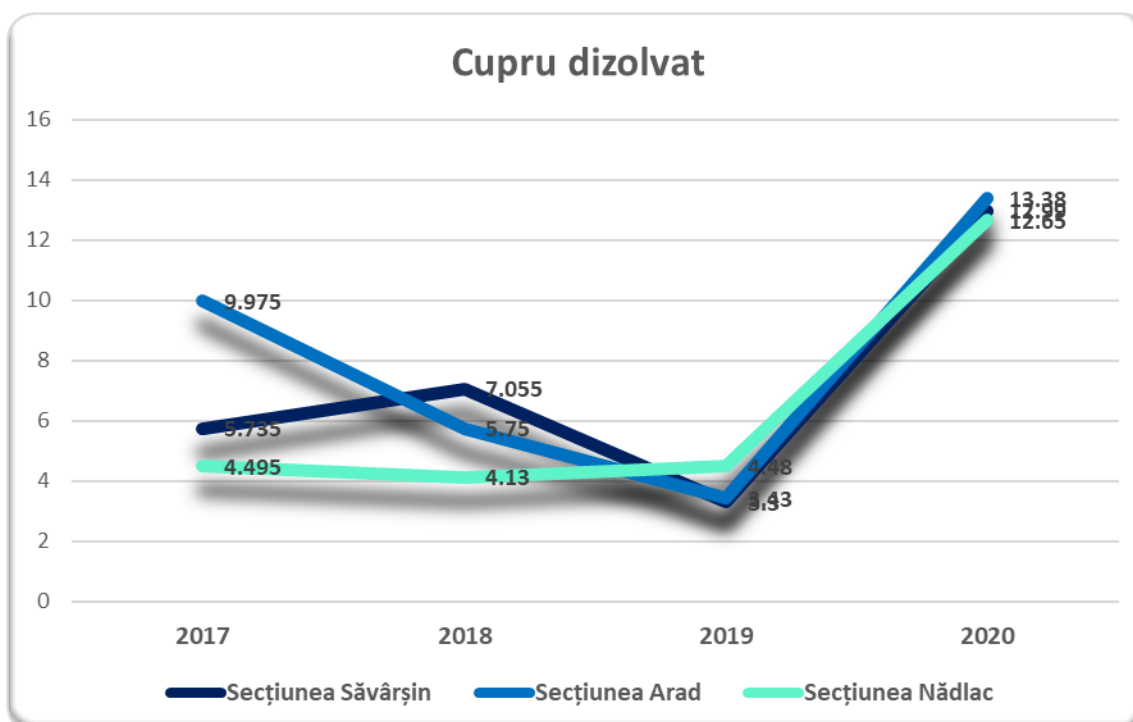


Figura 3.34. Comparații cupru dizolvat pe 3 secțiuni

3.4. Studiu de caz Pecica

PERCEȚIA CETĂȚENILOR DIN ZONA PECICA ASUPRA BENEFICIILOR ADUSE DE REVITALIZAREA SISTEMULUI DE APĂ POTABILĂ ȘI CANALIZARE

Localitatea Pecica [65] este situată în județul Arad, în Câmpia Aradului, pe malul drept al Mureșului. A fost declarat oraș în anul 2004, iar la recensământul din anul 2011 avea o populație de 12.762 de locuitori [66]. Teritoriul administrativ are o suprafață de 23.717 ha și administrează satele Bodrogu Vechi, Turnu și Sederhat. Pecica se găsește în regiunea Crișana și este traversată de Drumul Național (E68) și de Autostrada A1 Timișoara – Arad – Nădlac, care leagă România de Ungaria. Orașul Pecica se află la 20 km față de municipiul Arad, la 30 km de punctul de frontieră Nădlac și la 14 km de punctul de frontieră Turnu. Pecica este atestată documentar din anul 1335 cu denumirea de Petk, iar satele din subordinea administrativă: Turnu, din anul 1333, cu numele de Mok, Bodrogu Vechi, din anul 1422, cu numele de Bodruch și Sederhat, din anul 1913 [65].

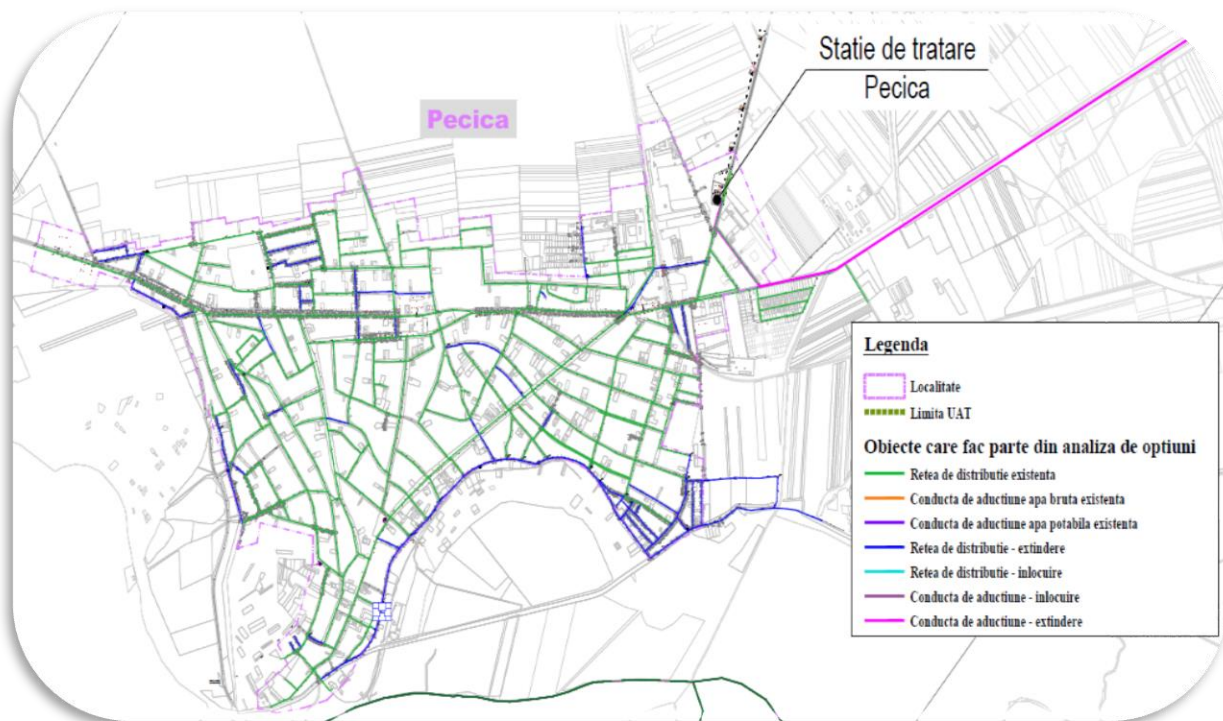


Figura 3.4.1. *Prezentarea lucrărilor propuse – apă potabilă*

3.4.3. Obiectivele investigate: studiul a avut ca scop investigarea percepției cetățenilor din zona Pecica asupra calității apei, a aprovizionării și accesului la apa potabilă, opinia lor privind tratarea și deversarea apelor uzate precum și percepția beneficiilor pe care extinderea și revitalizarea sistemul de distribuție al apei potabile și uzate le-au adus la nivel de individ și la nivelul localităților.

3.4.4. Metodologia privind culegerea datelor și eșantionarea: aplicarea chestionarului (Anexa 5) a avut loc online prin aplicații media și rețele de socializare. Eșantionul participant este format din



Figura 3.4.4. Importanța apei – femei

cercetarea percepției cetățenilor din zona administrativă Pecica asupra importanței apei în viața lor, având în vedere că, de multe ori, uităm impactul lucrurilor simple în viață, despre utilizarea apei în gospodărie și cantitatea de apă consumată zilnic. Este binecunoscut rolul pe care îl are apa în organismul uman, de la transportarea nutrienților și oxigenului către celule, fluidizarea circulației sanguine, la rolul digestiv, detoxifiant și de prevenție a bolilor de rinichi, etc. În acest sens, la întrebarea cât de importantă este apa în viața lor, pentru

15 persoane, adică 7,8%, apa este importantă, iar majoritatea covârșitoare de 92,2%, reprezentând 177 de persoane, consideră că apa este foarte importantă în viața lor (figura 3.4.3). Proportia despre

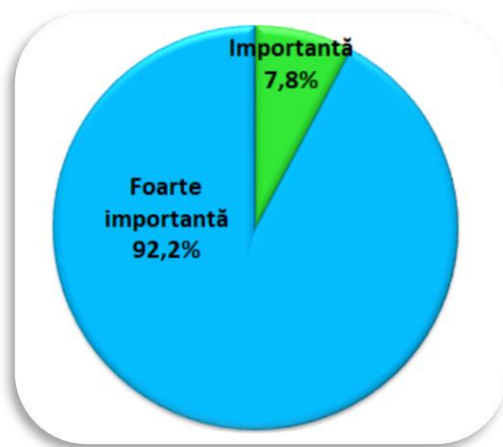


Figura 3.4.3. Importanța apei

192 de participanți din zona studiată (Pecica – 117 persoane, reprezentând 60,9% din eșantion, Turnu – 72 de persoane, reprezentând 37,5% din eșantion, și Sederhat – 3 persoane, adică 1,6% din eșantion), 90 de bărbați (46,9%) și 102 femei (53,1%), cu vârsta cuprinsă între 18 și 65 de ani, media de vârstă fiind de 37,27 de ani.

Prima direcție a studiului este îndreptată spre

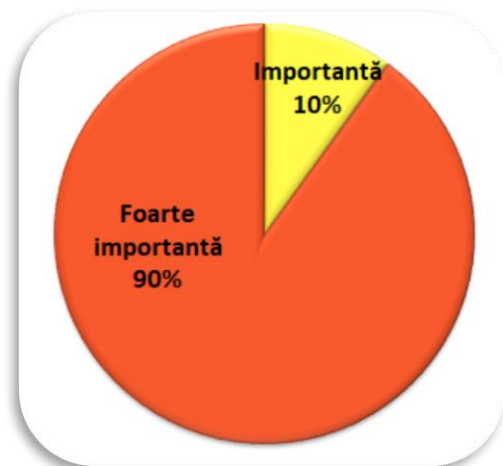


Figura 3.4.5. Importanța apei – bărbați

importanța apei se menține și pe sexe, astfel, 90% dintre bărbații chestionați și 96% dintre femei consideră că apa este foarte importantă în viața lor (figura 4. – 5.), și pe localități: 92,3%, adică 108 dintre locuitorii orașului Pecica și 91,7%, adică 66 dintre locuitorii din Turnu realizează importanța apei în viața lor. Grupul de respondenți din Sederhat fiind foarte mic nu a fost luat în analiză.

În ceea ce privește utilizarea apei în gospodărie, apa este folosită cel mai mult pentru spălatul în interior – haine, vase ($m = 5,30$), gătit ($m = 4,89$), spălat exterior – mașina, curtea ($m = 4,13$), udatul grădinilor ($m = 3,92$), alte întrebuințări ($m = 3,84$) și, în cele din urmă, pentru băut ($m = 3,47$) (figura 3.4.6). Diferențele dintre frecvența utilizărilor s-au dovedit a fi semnificative statistic, coeficientul Chi square având valori de la 13,87 la 212,53, la praguri mai mici de 0,05, prin urmare se poate afirma că rezultatele sunt semnificative pentru populația din raza orașului Pecica în general.

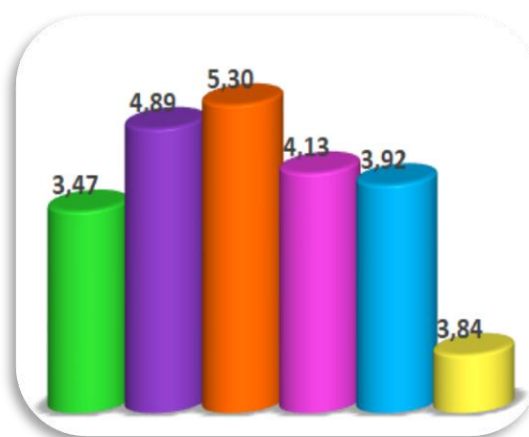


Figura 3.4.6. Utilizarea apei

3.4.5. Concluziile sondajului de opinie: studiul a avut ca obiective investigarea percepției locuitorilor din zona Pecica privind apa potabilă și uzată, accesul și calitatea apei și opinia lor cu privire la distribuția apei și la investițiile făcute în aprovizionarea populației cu apă. Fără excepție, locuitorii consideră de o importanță crucială apa în viața lor, sunt în general mulțumiți de serviciile de furnizare a apei potabile și de rețeaua de distribuție, cu toate acestea, preferă să bea apa îmbuteliată și să folosească apa de la rețea pentru activități gospodărești și pentru gătit în principal. Se observă că locuitorii sunt foarte bine informați despre importanța apei pentru sănătate și cantitatea recomandată de consum și mai puțin informați despre standardele de calitate ale apei potabile și parametrii de măsurare a acestora, existând totuși nemulțumiri legate de calitatea apei și de raportul calitate/preț.

Majoritatea respondenților sunt racordați la sistemul de distribuție de aproximativ 2 ani și consideră că în prezent condițiile de aprovizionare și acces la apă s-au îmbunătățit față de anii anteriori. Respondenții care nu sunt racordați la rețea își doresc racordarea localităților lor (Turnu), dar numai un sfert dintre aceștia au cunoștință de planurile de extindere a rețelei de distribuție a apei și o treime cunosc existența unor planuri de extindere a rețelei de canalizare.

Sursele de informație asupra investițiilor și a provenienței fondurilor au o distribuție neuniformă, majoritatea având informații din mass media și mai puțin din afișajul stradal, și

consideră că banii provin în principal din facturile plătite de clienți și proporțional din fondurile primăriei și fondurile Uniunii Europene.

Majoritatea respondenților cunosc faptul că mediul este protejat în cazul tratării apelor uzate, cu toate acestea nu știu dacă standardele de calitate sunt îndeplinite și, mai mult, sunt de acord cu principiul ca poluatorul să plătească, evidențiindu-se în tabloul general conștientizarea populației față de protecția mediului și de eforturile care se fac în acest sens la nivel administrativ local. În final, locuitorii din zona Pecica apreciază pozitiv schimbările aduse în viața lor de revitalizarea sistemului de distribuție a apei și tratarea apelor uzate pentru sănătate, igienă, timp și în general pentru creșterea standardului de viață.

3.5. Impactul ecologic

Ultima etapă a cercetării a constat în evaluarea impactului ecologic a activităților antropice asupra celor trei secțiuni ale râului Mureș, astfel, a fost calculat un indice de poluare, conform metodologiei avansate de Zaharia [70], aplicând formula:

$$EQ_i = \frac{C_i, \text{measured}}{MAC_i}$$

unde EQ_i reprezintă indicele de poluare, C_i este valoarea măsurată a parametrului luat în calcul, iar MAC_i reprezintă limita maximă admisă pentru parametrul măsurat. În urma calculării indicilor pentru toți parametrii studiați, fiecărui parametru i s-a alocat un scor de poluare în concordanță cu scala corelativă [70] prezentată în Anexa 6. Datele pe ani și secțiuni au fost sintetizate în tabelul 3.17.

Din analiza datelor obținute se poate face o sinteză impactului ecologic pentru cele trei secțiuni de apă pe parametrii luați în cercetare. Astfel, nivelul salinității (pH) este constant pe perioada 2015 – 2020, corpurile de apă sunt afectate de activitățile antropice însă se situează între limitele admisibile, cu efecte potențiale asupra calității apei.

Aceași situație se întâlnește la oxigenul dizolvat, indicii de poluare (scor 7) se situează între limite admisibile, cu excepția secțiunii 3 (Nădlac), în anul 2018, și a secțiunii 2 (Arad), în anul 2019, ambele având un indice de poluare de 6, ceea ce înseamnă că sunt afectate peste limita admisibilă, și prezintă un efect pronunțat al poluării. Un efect pronunțat similar al poluării este relevat de consumul biochimic de oxigen la 5 zile (CBO5) pe întreaga perioadă 2015 -2020, iar consumul total de oxigen prezintă oscilații pe întreaga perioadă și pentru toate secțiunile, situându-

se chiar la nivele critice (indice de poluare 4), cu efecte de poluare pronunțate, dăunătoare – microorganisme cu risc pentru sănătate.

Tabel 3.14. Scoruri poluare

		ES pH	ES O2D	ES BOD5	ES COD	ES N- NH4	ES N- NO2	ES N- NO3	ES P total	ES Cu	ES Zn	ES Cr	ES fenol	ES arsen
Săvârșin	2015	7.00	7.00	6.00	6.00	8.00	6.00	6.00	3.00				4.00	
Arad	2015	7.00	7.00	6.00	6.00	8.00	6.00	6.00	3.00				4.00	
Săv	2016	7.00	7.00	6.00	5.00	8.00	5.00	7.00	3.00				4.00	
Arad	2016	7.00	7.00	6.00	4.00	8.00	5.00	6.00	3.00				3.00	
Săv	2017	7.00	7.00	6.00	5.00	8.00	6.00	6.00	4.00	8.00	9.00	8.00	5.00	8.00
Arad	2017	7.00	7.00	6.00	5.00	8.00	5.00	6.00	3.00	8.00	9.00	8.00	5.00	8.00
Nădlac	2017	7.00	7.00	6.00	5.00	8.00	6.00	6.00	3.00	8.00	9.00	9.00	5.00	8.00
Săv	2018	7.00	7.00	6.00	4.00	9.00	6.00	6.00	2.00	8.00	9.00	8.00	4.00	8.00
Arad	2018	7.00	7.00	6.00	5.00	9.00	6.00	7.00	2.00	8.00	9.00	8.00	4.00	8.00
Nădlac	2018	7.00	6.00	6.00	6.00	8.00	6.00	6.00	3.00	8.00	9.00	8.00	4.00	8.00
Săv	2019	7.00	7.00	6.00	5.00	8.00	5.00	7.00	2.00	9.00	9.00	8.00	3.00	8.00
Arad	2019	7.00	6.00	6.00	5.00	8.00	5.00	6.00	3.00	9.00	9.00	8.00	5.00	8.00
Nădlac	2019	7.00	7.00	6.00	5.00	8.00	5.00	6.00	2.00	8.00	9.00	8.00	4.00	8.00
Săv	2020	7.00	7.00	6.00	5.00	8.00	5.00	6.00	1.00	7.00	9.00	8.00	2.00	8.00
Arad	2020	7.00	7.00	6.00	6.00	9.00	5.00	6.00	1.00	7.00	9.00	8.00	5.00	8.00
Nădlac	2020	7.00	7.00	6.00	5.00	8.00	5.00	6.00	2.00	7.00	9.00	8.00	5.00	8.00

Situația poluării se prezintă la fel de precară în ceea ce privește amoniacul: deși niveluri de amoniac se prezintă la cote bune pe toată perioada studiată, știut fiind faptul că acesta se descompune rapid în nitrați și nitriți, situația reală se poate evalua analizând scorurile pentru N-NO₂ și N-NO₃, indicele de poluare pentru acestea având valori între 5 și 7, deci corpurile de apă sunt afectate de poluare la nivele critice, peste limitele admisibile. În sprijinul acestei constatări vine parametrul care evaluează nivelul total de nutrienți, indicii de poluare pentru acest parametru indică un trend descendent, de la un prim nivel de degradare cu efecte letale la o expunere medie, la cel mai scăzut nivel de degradare, impropriu pentru existența comunităților biotice sau consumul uman.

CAPITOLUL IV.

Concluzii generale, perspective și recomandări

Prezenta lucrare și-a propus să analizeze indicatorii de calitate ai apelor de suprafață, din bazinul hidrografic Mureș, pentru perioada 2015-2020. Au fost utilizate datele ce se referă la parametrii biologici, fizico-chimici, condițiile de oxigenare și salinitate, starea acidifierii apei, nutrienții, poluanții specifici, dar și alte caracteristici specifice acestui râu.

În primele două capitole au fost prezentate noțiunile fundamentale și caracteristicile generale ale apelor, precum și poluarea, indicatorii de monitorizare ai apelor de suprafață, tipurile de poluanți și principalele surse de poluare. De asemenea, a fost inclus un studiu comparativ al situației poluării în bazinele de apă Mureș, Olt și Siret, care a demonstrat că Siretul este al doilea cel mai poluat râu din România, un adevărat dezastru ecologic, din 2012 până în 2017 aici fiind înregistrate 40 de accidente ecologice.

Pe baza analizei efectuate, concluziile finale ale acestei lucrări sunt următoarele:

Starea ecologică și calitatea apei râului Mureș:

Calitatea apei râului Mureș variază în funcție de secțiuni, fiind influențată de activitățile antropice, dar majoritatea indicatorilor de calitate se încadrează în clasele I și II. Aceasta indică un grad moderat de poluare cu câteva puncte critice. Oxigenul dizolvat, esențial pentru fauna acvatică, are valori în general bune, cu mici excepții, asigurând supraviețuirea ecosistemelor acvatice.

Surse și tipuri de poluare:

Principalele surse de poluare includ apele uzate netratate, deversările industriale și agricole, precum și contaminarea cu metale grele și fenoli. Poluarea cu fenoli rămâne o problemă critică, cauzată de deversările istorice și lipsa măsurilor eficiente de remediere.

Impactul activităților antropice:

Poluarea organică, exprimată prin consumul biochimic de oxigen (CBO₅), și prezența azotului sub formă de amoniu, nitriți și nitrați evidențiază contaminarea recentă și persistentă, în special în secțiunile Săvârșin și Arad.

Deși nivelurile de metale grele sunt în mare parte în limite admisibile, cuprul a prezentat valori ridicate în 2020, indicând potențiale riscuri ecologice.

Evoluția indicatorilor de poluare:

Indicatorii de calitate, precum nutrienții, pH-ul și conductivitatea, au oscilat între anii 2015-2020, sugerând o influență combinată a factorilor naturali (precipitații) și antropici.

Studiul indicelui global de poluare arată că, în ciuda unor îmbunătățiri, râul Mureș este afectat semnificativ în unele secțiuni, cu impact ecologic și potențial dăunător asupra sănătății umane.

Percepția locuitorilor:

Locuitorii din comuna Pecica consideră că accesul la apă potabilă s-a îmbunătățit, dar preferă consumul apei îmbuteliate, semn al unor preocupări privind calitatea apei distribuite.

Aceștia manifestă un nivel ridicat de conștientizare asupra importanței protecției mediului și susțin principiul *poluatorul plătește*, dar sunt mai puțin informați despre standardele de calitate ale apei potabile.

Recomandări:

Extinderea numărului de puncte de monitorizare și analiza mai detaliată a poluării emergente sunt esențiale pentru o evaluare completă a stării râului.

Implementarea unei strategii de gestionare durabilă a apei, bazată pe standarde stricte și colaborare între autorități și comunități locale.

Dezvoltarea unui index global standardizat pentru monitorizarea calității apei ar facilita prioritizarea intervențiilor și urmărirea progresului pe termen lung.

Această cercetare subliniază necesitatea urgentă a unor măsuri integrate și durabile pentru reducerea poluării și protejarea râului Mureș, atât pentru sănătatea ecosistemelor, cât și pentru comunitățile umane care depind de acest important corp de apă.

Importanța educației și conștientizării publicului:

Este esențial ca populația să înțeleagă impactul grav al poluării apei asupra sănătății și vieții cotidiene. Campaniile de educație și sensibilizare pot încuraja comportamente mai responsabile privind utilizarea apei și gestionarea deșeurilor.

Crearea și implementarea unui index de calitate a apei:

Un index cuprinzător, bazat pe indicatori chimici, fizici și biologici, ar putea fi utilizat pentru a monitoriza starea râului Mureș și alte resurse acvatică. Acesta ar facilita prioritizarea intervențiilor și evaluarea progresului în timp.

Consolidarea legislației și aplicarea riguroasă a acesteia:

Este necesară o armonizare între reglementările naționale și cele europene în domeniul reciclării, al managementului deșeurilor și al protecției apelor. Amenziile pentru poluare și lipsa de conformitate trebuie să fie disuasive.

Investiții în infrastructura de protecție:

Construirea și întreținerea digurilor, a zidurilor de sprijin și a barajelor.

Modernizarea stațiilor de epurare a apei și adăugarea de spații verzi în jurul acestora pentru a filtra poluanții suplimentari.

Adaptarea agriculturii la schimbările climatice:

Introducerea unor metode de irigație eficiente, cum ar fi sistemele de picurare.

Cultivarea plantelor mai rezistente la secetă.

Reducerea utilizării pesticidelor și îngrășămintelor care pot contamina apele subterane și râurile.

Energie curată prin hidrocentrale:

Explorarea potențialului hidrocentralelor pentru generarea de energie curată, însă fără a compromite biodiversitatea și sănătatea ecosistemului râului.

Parteneriate și colaborări:

Autoritățile, comunitățile locale, organizațiile non-guvernamentale și companiile private trebuie să colaboreze pentru a implementa soluții sustenabile.

Management durabil al apei:

Un plan detaliat, care include protejarea resurselor existente, reutilizarea apei prin tehnologii moderne și adoptarea de practici eficiente de consum în industrie, agricultură și gospodărie.

Perspective viitoare:

Digitalizarea monitorizării:

Tehnologii precum senzori IoT și inteligența artificială pot oferi monitorizare în timp real a calității apei și pot identifica rapid sursele de poluare.

Reabilitarea ecosistemelor:

Pe lângă măsurile stricte, trebuie promovată reîmpădurirea zonelor din apropierea râului și protejarea biodiversității acestuia.

Implicații globale:

Practicile eficiente aplicate local pot deveni modele pentru alte regiuni cu probleme similare de poluare a apei, contribuind la o gestionare mai bună a resurselor globale.

Aceste măsuri, aplicate corect și susținute prin politici solide, pot ajuta la reducerea poluării apei, conservarea râului Mureș și protejarea sănătății populației.

Bibliografie selectivă

- [1] UN United Nations (1977). Report of the United Nations Water Conference, Mar del Plata, 14–25 March 1977 (United Nations publication, Sales No. E.77.II.A.12).
- [3] WHO World Health Organization. Regional Office for Europe, Public water supply and access to improved water sources, European Environment and Health Information System, Fact Sheet 1.2, december 2009. Accesat la 14.01.2020. Disponibil online la:
http://www.euro.who.int/data/assets/pdf_file/0004/96943/1.2.-Access-to-improved-water-sources-Edited_layouted_v3.pdf.
- [5] Lungu, M. (2008). Resursele de apă și protecția lor. Editura Universității „Aurel Vlaicu“, Arad.
- [7] Mănescu, S., Cucu, M., Diaconescu, M. L. (1978). Chimia sanitară a mediului, Editura Medicală, București.
- [22] Fox-Skelly, J. (2017). In Earth's hottest place, life has been found in pure acid. Disponibil online la <https://www.bbc.com/future/article/20170803-in-earths-hottest-place-life-has-been-found-in-pure-acid> accesat la 20.11.2020
- [23] U.S. National Aeronautics and Space Administration NASA. (2010). Aquatic Dead Zones. În NASA Earth Observatory. Accesat la 7.01.2020. Disponibil online la:
<https://earthobservatory.nasa.gov/images/44677/aquatic-dead-zones>
- [24] Corbett, C. A. (2007). Colored Dissolved Organic Matter (CDOM) Workshop summary. Reports. Paper 2. Accesat 19.12.2019. Disponibil online la:
https://scholarcommons.usf.edu/cgi/viewcontent.cgi?referer=&httpsredir=1&article=1035&context=basgp_report
- [25] Wetzel, R. G. (2001). Limnology: Lake and River Ecosystems, Third Edition. Academic Press, Elsevier.
- [27] Legea 458/2002 republicată în 2011, actualizată în 2017)
- [28] Directiva Consiliului Uniunii Europene 98/83/CE
- [29] Environmental Protection Agency EPA (2013). Dissolved Oxygen Depletion in Lake Erie. în Great Lakes Monitoring. Accesat 20.11.2019. Disponibil online la:
<http://www.epa.gov/glindicators/water/oxygenb.html>.
- [33] Gray, J.S. (2002). Biomagnification in marine systems: the perspective of an ecologist, Marine Pollution Bulletin 45, 46-52, Elsevier.

- [34] WHO IPCS (2002). [WHO/IPCS \(World Health Organization/International Programme on Chemical Safety\), 2002. Global Assessment of the State-of-the-Science of Endocrine Disruptors. Journal 2002.](#)
- [38] Stegărescu, L. (2020). Surse naturale de hidrocarburi. Accesat 04.03.2021. Disponibil online la: https://www.academia.edu/37838265/Surse_naturale_de_hidrocarburi
- [39] OR&R Office of Response and Restoration (2021). NOAA's Ocean Service, National Oceanic and Atmospheric Administration, USA.gov.
- [40] ECHA European Chemicals Agency (2021). Understanding persistent organic pollutants. Accesat la 13.03.2021. Disponibil online: <https://echa.europa.eu/ro/understanding-pops>
- [41] UN Stockholm Convention (2021). Protecting human health and the environment from persistent organic pollutants. Disponibil online la <http://chm.pops.int/>, accesat la 07.03.2021.
- [42] ANAR Administrația Națională „Apele Române” (2018). Sinteza calității apelor din România în anul 2017 (extras), București.
- [44] Cîrțînă, D. (2005) Poluarea apelor, Editura SITECH, Craiova.
- [45] Agenția Națională Apele Române (home page): <https://rowater.ro/>
- [50] ABA Administrația Bazinală Mureș (2021). Planul de management al riscului la inundații.
- [64] Chiriac, G., Vintilă, F., Galasiu, L., Lungu, A. (2005). Inventarierea comunităților biotice acvatice din B.H. Mureș în conformitate cu cerințele Directivei Cadru a apelor. Studii și comunicări. Științele naturii, vol. XXI, pp. 216-120.
- [65] <https://www.pecica.ro/prezentare/>
- [70] Zaharia, C. (2012). Evaluation of environmental impact produced by different economic activities with the global pollution index, Environmental Science and Pollution Research, 2012, 19 (6), 2448-55.

Credit foto

Agenzia Regionale per la protezione ambientale ARPA, Umbria (2009). Stato di qualità ambientale del laghi ANNI 2005 – 2006 – 2007 e analisi dei trend evolutivi. Documento Tecnico.

Alamy Stock Photos (2017). Accesat în 25.11.2019. Disponibil online la adresa: <https://www.alamy.com/?irclid=VGTWbbUJYxyIRGQwCMxnNR36UkGUIC2pA1X6yU0&i>

rgwc=1&utm_source=3036123&utm_campaign=Online%20Tracking%20Link&utm_medium=i
mpact

Brandt, N. (2010). Petrified flamingo, Trilogy, Across the Ravaged Land. Disponibil online la:
<https://www.nickbrandt.com/portfolio.cfm?nK=14260&nS=5#image-13>, accesat 25.11.2019.

Brooks/Cole – Thomson Learning (2004). Accesat la 13.03.2021. Disponibil la adresa:
<https://slidetodoc.com/exam-4-review-slides-results-of-weathering-bedrock/>

Dalcon Environmental (2020). Accesat la 13.03.2021. Disponibil la adresa:
<https://www.dalconenvironmental.com.au/006-freshwater-algal-toxins-microcystins/>