

RAPORTUL C:N:P ÎN APELE FLUVIULUI NISTRU ȘI A AFLUENȚILOR LUI RĂUT, BÂC ȘI BOTNA ÎN ZONA CONFLUENȚEI

Nina BAGRIN*, ORCID: 0000-0003-4816-4349,

Natalia BORODIN, ORCID: 0009-0005-9948-0490,

Elena ZUBCOV, ORCID: 0000-0002-8437-8195

Universitatea de Stat din Moldova, Institutul de Zoologie, Chișinău, Republica Moldova

*Autor corespondent, e-mail: nina.bagrin@gmail.com

Rezumat

Ecosistemele acvatice ale bazinului Nistrului și ale afluenților lui (Răut, Bâc și Botna) au fost investigate în primăvara și vara anului 2025, cu scopul de a evalua stoechiometria elementelor biochimice carbon (C), azot (N) și fosfor (P) în formele lor minerale și organice. Studiul evidențiază variabilitatea spațială și sezonieră a raporturilor C:N:P, cu abateri semnificative față de raportul Redfield clasic (106:16:1). În primăvară, predomină un aport ridicat de carbon organic și un deficit relativ de azot și fosfor, indicând influența materiei organice alohotone provenite din scurgeri de apă și eroziune. În afluenții urbanizați, cum este râul Bâc, raporturile sunt influențate de deversările de ape uzate, iar în sezonul estival se observă transformări active ale materiei organice și schimbări în disponibilitatea elementelor nutritive, cu fenomene de eutrofizare locală. Analiza Corg:Norg și Corg:Porg indică acumularea detritusului în primăvară și degradarea sa în vară, sub acțiunea proceselor microbiene și a influenței antropice. Raporturile N:P sugerează că fosforul a fost elementul limitant în majoritatea punctelor, cu excepția unor zone cu aporturi antropice semnificative, unde limitarea poate fi prin azot.

Cuvinte-cheie: fluviul Nistru, stoechiometrie, raportul C:N:P

Introducere

Ecosistemele acvatice conțin carbon (C) atât în formă anorganică (CO_2 dizolvat, hidrocarbonat HCO_3^- și carbonat CO_3^{2-}), cât și în formă organică (materie organică dizolvată și particulată). Carbonul anorganic este baza fotosintezei acvatice, reprezentând sursa de energie pentru producătorii primari, în timp ce carbonul organic reflectă aportul de substanțe alogene din bazinele hidrografice și rezultatul proceselor interne de descompunere. Echilibrul dintre formele anorganice și organice ale carbonului influențează productivitatea ecosistemului și rolul râurilor în ciclul global al carbonului.

Azotul (N) în apele de suprafață este la fel prezent atât în forme minerale, cât și organice. Formele minerale includ nitrați (NO_3^-), nitriți (NO_2^-) și amoniu (NH_4^+), care joacă un rol esențial în ciclul azotului și sunt direct accesibile organismelor acvatice. Formele organice de azot provin din materia organică dizolvată sau particulată, provenită din descompunerea resturilor vegetale și animale. Azotul este un element nutritiv esențial pentru creșterea fitoplanctonului și a altor producători primari, dar concentrațiile excesive pot conduce la procese de eutrofizare și pagube ecologice.

Fosforul (P) este prezent în apă în forme minerale, cum ar fi ortofosfații (PO_4^{3-}), și în forme organice, legate de compuși biologici precum fosfolipidele și acizii nucleici. Fosforul mineral este de obicei forma cea mai ușor asimilabilă de către organismele acvatice, fiind semnificativ pentru procesele metabolice și pentru formarea biomasei. Fosforul organic provine din descompunerea materiei organice și poate fi implicat în circuit prin activitatea microbială. Cu toate că este necesar în cantități mici, fosforul are un rol cheie în determinarea productivității ecosistemelor dulcicole, iar aporturile suplimentare din activitățile antropice pot accelera eutrofizarea.

Raportul dintre azot și fosfor (N:P) reprezintă un indicator al factorului limitativ pentru dezvoltarea hidrobionților: la $N:P < 10$ mediul este considerat limitat de azot, iar la $N:P > 17$ - limitat de fosfor [1, 2].

Raportul dintre elementele biochimice carbon, azot și fosfor în ecosistemele acvatice reprezintă un instrument fundamental pentru înțelegerea proceselor ecologice și biogeochimice. Studiile stoechiometrice au fost inițial dezvoltate în mediul marin, unde raportul clasic 106C:16N:1P (echivalentul matematic al raportului clasic – $C_{40}:N_7:P_1$), cunoscut sub denumirea de raportul Redfield, a fost stabilit de A. Redfield în 1934 [3]. Acest raport a fost utilizat ca model pentru analiza compoziției biomasei fitoplanctonice și a fost aplicat pentru evaluarea restricțiilor nutriționale în ecosistemele acvatice.

În ultimele decenii, cercetările au demonstrat că aplicabilitatea raportului C:N:P în cercetarea ecosistemelor dulcicole evidențiază variațiile semnificative ale raporturilor C:N:P în dependența de condițiile ecologice și geochimice specifice fiecărei regiuni. De exemplu, studiile au arătat că raporturile C:N:P în lacurile cu apă dulce pot varia considerabil în comparație cu raportul Redfield. Acest raport este influențat de factori precum timpul de reținere a apei, mineralizarea apei și activitatea bacteriană [4].

În acest context, studiul nostru se concentrează pe analiza stoechiometrică a elementelor C, N și P în fluviul Nistru și afluenții lui – Răut, Bâc și Botna. Scopul principal al cercetării a fost evaluarea disponibilității stoechiometrice a acestor elemente în formele lor anorganice și organice dizolvate, comparându-le cu valorile limitelor maxime admisibile pentru utilizarea apei în scopuri casnice și piscicole. Această abordare permite o înțelegere mai profundă a echilibrelor nutriționale din aceste ecosisteme acvatice și poate contribui la gestionare sustenabilă a resurselor de apă.

Materiale și metode

Cercetările au fost desfășurate în perioada primăverii-verii anului 2025, în cadrul stațiilor de monitorizare amplasate pe fl.Nistru și afluenții lui – Răut, Bâc și Botna în zona confluinței. Probele de apă au fost colectate de pe 16 site-uri:

Tabelul 1. Coordonate punctelor de colectare probelor

Nr. ord	Puncte de colectare	<i>N</i>	<i>E</i>
1	fl.Nistru, Naslavcea	48°29'13"	27°34'28"
2	fl.Nistru, Vălcineț	48°27'11"	27°43'24"
3	fl.Nistru, Soroca	48°08'35"	28°18'13"
4	fl.Nistru, Camenca	48°00'45"	28°42'17"
5	fl.Nistru, amonte de r.Răut	47°16'28"	29°07'19"
6	r.Răut, s.Ustia	47°15'08"	29°08'07"
7	fl.Nistru, aval de r.Răut	47°13'33"	29°09'46"
8	fl.Nistru, Vadul lui Vodă	47°05'19"	29°05'22"
9	fl.Nistru, amonte de r.Bâc	46°55'24"	29°28'20"
10	r.Bâc, s.Gura Bâcului	46°54'43"	29°27'56"
11	fl.Nistru, aval de r.Bâc	46°53'17"	29°28'53"
12	fl.Nistru, Varnița	46°52'53"	29°28'59"
13	fl.Nistru, amonte de r.Botna	46°46'31"	29°33'31"
14	r.Botna, s.Mereșești	46°46'26"	29°33'58"
15	fl.Nistru, aval de r.Botna	46°46'47"	29°33'36"
16	fl.Nistru, Palanca	46°24'39"	30°07'55"

Conform metodelor descrise în îndrumările metodice [5, 6] a fost efectuată colectarea probelor de apă și analiza lor chimică în condiții de laborator.

În apele analizate cu $\text{pH} > 8,7$, formă anorganică a carbonului dizolvat (C_{anorg}) a fost prezent predominant sub forma de hidrocarbonați, care au fost determinate prin metoda titrimetrică [7]. Pentru determinarea conținutului de carbon organic dizolvat (C_{org}) în apă s-a utilizat o metodă indirectă, bazată pe oxidarea carbonului organic cu bicromat de potasiu în mediu acid, unde cantitatea de oxidant consumat este proporțională cu concentrația acestuia [8].

Pentru evaluarea azotului anorganic dizolvat (N_{min}), care a inclus formele minerale NO_3^- , NO_2^- și NH_4^+ a fost aplicate metode spectrofotometrice utilizând spectrofotometrul Specord 210 AnalyticJena cu set sowsare integrat. Conținutul ionilor de amoniu a fost determinat colorimetric prin reacția cu reactivul Nessler, stabilizat cu tartrat de potasiu-sodiu [9]. Determinarea nitriților s-a bazat pe reacția cu reactivul lui Griess, ce conduce la formarea unui compus cu culoare roșie caracteristică [10], în timp ce nitrații au fost determinați prin reacția acidului sulfosalicilic cu azotatul, urmată de tratarea amestecului cu soluție alcalină, ce generează un compus galben intens [11]. Concentrațiile azotului dizolvat (N_{org}) au fost determinate prin metoda lui Kjeldahl, după mineralizarea probelor de apă cu selen, care accelerează descompunerea substanțelor organice. În timpul procesului, azotul organic este transformat în ion amoniu, ulterior distilat și titrat [10].

Fosforul anorganic dizolvat (P_{min}) a fost determinat sub formă de ioni ortofosfați prin aplicarea metodei spectrofotometrice cu molibdat de amoniu, bazată pe formarea unui complex colorat de tip fosfomolibdat, a cărui intensitate este proporțională cu concentrația fosforului din probă [12]. Fosforul organic (P_{org}) a fost stabilit prin aceeași metodă, după etapa de mineralizare (ardere) a probei, ce a permis transformarea compușilor organici în forme anorganice.

Aplicarea acestor metode standardizate asigură obținerea unor date fiabile și comparabile, esențiale pentru evaluarea corectă a stoechiometriei C:N:P în ecosistemele acvatice studiate.

Pentru analiza statistică a datelor, a fost utilizat softul MS Excel.

Rezultate și discuții

Primăvara (martie–aprilie) a fost observat un aport semnificativ de azot mineral în afluenții Nistrului, în special în r.Bâc (s.Gura Bâcului: $N_{\text{min}} = 16,012 \text{ mg/L}$, $P_{\text{min}} = 17,550 \text{ mg/L}$) și râul Botna (confluență: $N_{\text{min}} = 6,218 \text{ mg/L}$, $P_{\text{min}} = 0,380 \text{ mg/L}$). În aceste cazuri, proporția azotului și fosforului în masa totală de elemente minerale a diferit semnificativ: în r.Bâc azotul reprezenta aproximativ 48%, fosforul 52%, în timp ce în r.Botna s-a înregistrat o deplasare pronunțată către azot (94% azot și 6% fosfor). În punctele cursului principal al fluviului Nistrul valorile au fost considerabil mai mici: de exemplu, în zona Soroca ($N_{\text{min}} = 1,063 \text{ mg/L}$, $P_{\text{min}} = 0,128 \text{ mg/L}$) și Camenca ($N_{\text{min}} = 0,366 \text{ mg/L}$, $P_{\text{min}} = 0,084 \text{ mg/L}$). Concentrațiile ridicate de azot din nitrați în afluenții se explică atât prin scurgerea de suprafață de pe terenurile agricole, cât și prin aportul de substanță organică în perioada topirii zăpezilor [13]. Aici s-a observat o structură relativ echilibrată: în Soroca azotul reprezenta aproximativ 89%, iar fosforul 11%, în Camenca – 81% azot și 19% fosfor. În același timp, în toate punctele raportul $N_{\text{min}}:P_{\text{min}}$ a depășit considerabil valoarea de 16, ceea ce indică limitarea fosforului. (Figura 1, Tabelul 1).

În sezonul estival (iunie–iulie), conținutul total de azot mineral în apă a scăzut. De exemplu, în zona Camenca ($N_{\text{min}} = 0,858 \text{ mg/L}$, $P_{\text{min}} = 0,072 \text{ mg/L}$) și Soroca ($N_{\text{min}} = 0,954 \text{ mg/L}$, $P_{\text{min}} = 0,091 \text{ mg/L}$) s-au înregistrat concentrații moderate comparativ cu primăvara. În schimb, în r.Bâc (s.Gura Bâcului) s-au menținut valori ridicate ale fosforului mineral ($P_{\text{min}} = 14,200 \text{ mg/L}$), datorate aportului de ape uzate din Chișinău. În pofida scăderii concentrației de azot în perioada de vară, raportul $N_{\text{min}}:P_{\text{min}}$ a rămas peste 16 în majoritatea punctelor, indicând limitarea fosforului, cu excepția râului Bâc, unde excesul de fosfor a inversat situația, conducând la limitarea azotului. Astfel, în zona Camenca raportul N:P a fost de aproximativ 92% azot și 8% fosfor, în Soroca 91% azot și 9% fosfor, iar în r.Bâc (s.Gura Bâcului) doar 4% azot și 96% fosfor (Figura 1,

Tabelul 1). Aceasta confirmă observațiile din bazinele acvatice, unde, în condiții de eutrofizare antropogenă, elementul limitativ poate varia sezonier [14].

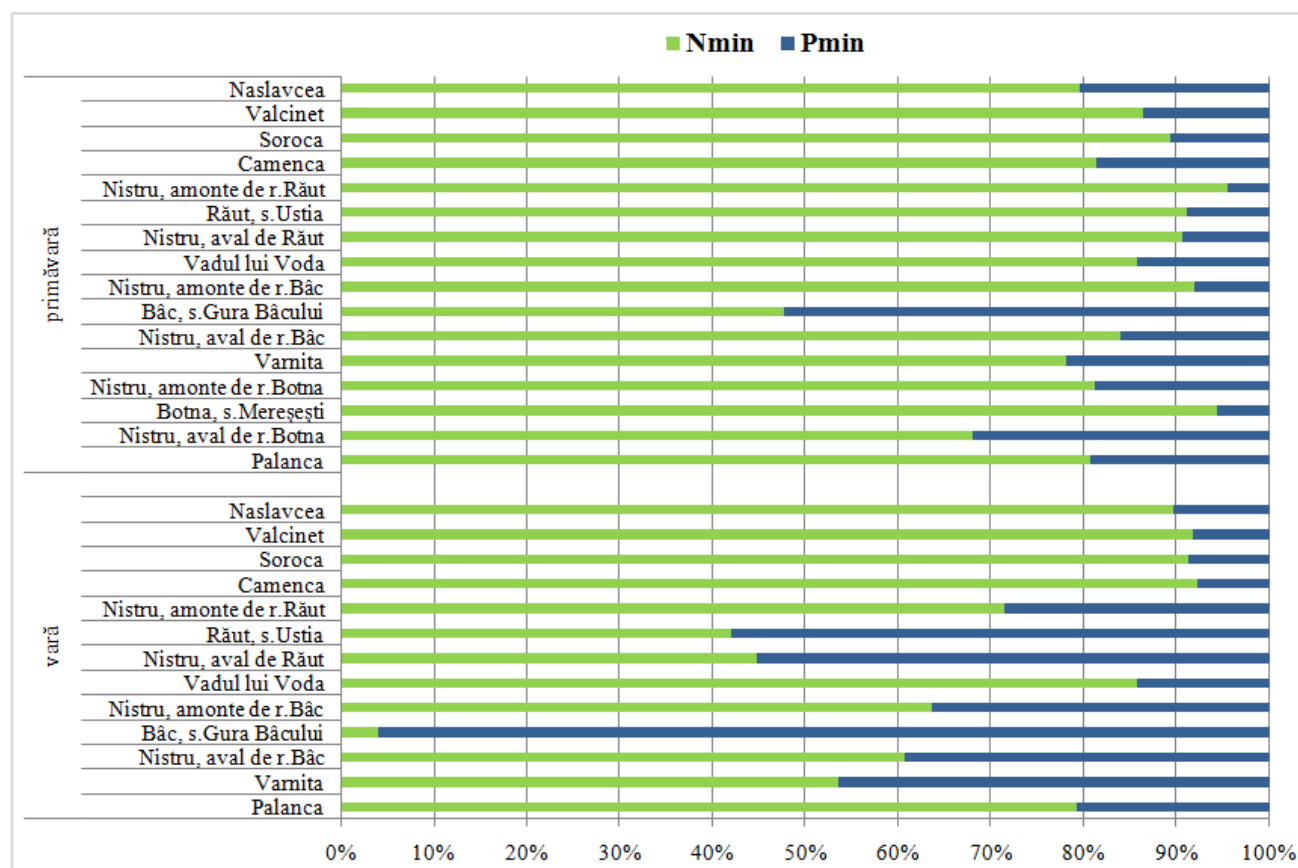


Figura 1. Raportul N_{min}/P_{min} în bazinul hidrografic fl. Nistrului

Valori ridicate ale raporturilor $C_{org}:N_{org}$ și $C_{org}:P_{org}$ au fost observate primăvara în mai multe puncte de monitorizare - de exemplu, la Naslavcea raportul $C_{org}:N_{org}$ a constituit 10,6, iar $C_{org}:P_{org}$ - 121,9; la Vălcineț - 40,6 și 100,1 respectiv; în r. Răut (s. Ustia) - 58,2 și 150,5; în r. Bâc (s. Gura Bâcului) - 45,1 și 5,8 (Tabelul 1). Aceste valori înalte indică dominanța carbonului în raport cu azotul și fosforul componența organică. Valorile ridicate ale $C_{org}:P_{org}$ (peste 100) și cele majorate ale $C_{org}:N_{org}$ evidențiază aportul semnificativ al materiei organice alochtonă și acumularea detritusului după scurgerea de primăvară, când topirea zăpezilor și scurgerile de suprafață transportă în albie materie vegetală și edafică bogată în carbon. Astfel de schimbări sezoniere în raporturile elementelor organice au fost consemnate și în alte studii, unde raporturile organice C:N:P variază considerabil în funcție de sursele materiei organice, procesele biotice și activitatea hidrologică [15 - 17].

În perioada de vară, în majoritatea punctelor raporturi $C_{org}:N_{org}$ și $C_{org}:P_{org}$ scad: de exemplu, la Naslavcea - 8,7 și 82,0; la Vălcineț - 31,9 și 101,0; la Camenca - 10,7 și 89,6 etc (Tabelul 1). Aceasta arată că ponderea relativă a carbonului în materia organică se reduce în raport cu azotul și fosforul, posibil ca urmare a degradării active a materiei organice sau a modificării surselor (aport edafic, procesare microbiană). Reduceri notabile se înregistrează în unele puncte urbanizate sau supuse presiunii antropice (de exemplu, în r. Bâc, (s. Gura Bâcului) - $C_{org}:N_{org}$ - 4,3; $C_{org}:P_{org}$ - 72,4). În afluenții urbanizați (precum r. Bâc), valorile scăzute ale raporturilor C:N și C:P sunt adesea asociate cu aportul apelor uzate și transformarea materiei organice sub acțiunea activității biologice și a scurgerilor agricole. Aceste rezultate sunt în concordanță cu conceptele teoretice privind reciclarea sezonieră a materiei organice și modificarea stoechiometriei în procesul de degradare microbiană. Mai mult, schimbările intersezoniere ale regimului hidrologic intensifică variabilitatea raporturilor C:N:P și, astfel, influențează disponibilitatea elementelor biogene pentru comunitățile microbiene și fitoplanctonice [18].

Primăvara, raporturile C:N:P în apele Nistrului și ale afluenților săi se abat semnificativ de la valoarea clasică de 106:16:1 propusă de Redfield (1958). În majoritatea punctelor, se observă o îmbogățire puternică cu carbon, în condițiile unui deficit relativ de azot și fosfor. Astfel, în zona Naslavcea raportul C:N:P a fost de 315:26:1, iar în Camenca - 316:21:1 (Tabelul 1), ceea ce indică predominanța materiei organice alohotone, provenind din scurgerile de apă și eroziunea solului. Procese similare sunt caracteristice perioadei de primăvară în râurile din zona temperată [17]. În apele r.Răut (s. Ustia), raportul este și mai dezechilibrat - 389:6:1, unde valorile scăzute ale azotului și fosforului indică implicarea lor rapidă în procese biogeochimice. Raporturile normalizate matematic (de exemplu, 40:3:1 pentru Naslavcea și Camenca) par mai puțin extreme, ceea ce subliniază importanța aplicării recalculării stehiometrice la compararea cu modelele universale [19].

Tabelul 1. Papoartele între carbon, azot și fosfor în apele Nistrului și afluenții lui – Răut, Bâc și Botna în zona confluinții

Locul de colectare a probelor	N _{min} :P _{min}	C _{org} :N _{org}	C _{org} :P _{org}	raportul clasic C:N:P	raportul matematic C:N:P
Primăvară					
fl.Nistru, Naslavcea	3,88	10,6	121,9	315:26:1	40:3:1
fl.Nistru, Vălcineț	6,29	40,6	100,1	259:5:1	40:1:1
fl.Nistru, Soroca	8,30	8,2	56,1	145:15:1	40:4:1
fl.Nistru, Camenca	4,36	12,8	122,1	316:21:1	40:3:1
fl.Nistru, amonte de r.Răut	21,33	51,9	76,6	198:3:1	40:1:1
r.Răut, s.Ustia	10,25	58,2	150,5	389:6:1	40:1:1
fl.Nistru, aval de r.Răut	9,56	63,3	108,4	280:4:1	40:1:1
fl.Nistru, Vadul lui Vodă	6,00	9,6	156,3	404:36:1	40:1:1
fl.Nistru, amonte de r.Bâc	11,43	24,0	83,5	216:8:1	40:4:1
r.Bâc, s.Gura Bâcului	0,91	45,1	5,8	15:0,3:1	40:1:1
fl.Nistru, aval de r.Bâc	5,23	132,7	78,6	203:1:1	40:1:3
fl.Nistru, Varnița	3,56	13,1	41,5	107:7:1	40:3:1
fl.Nistru, amonte de r.Botna	4,29	13,2	54,9	142:9:1	40:3:1
r.Botna, s.Mereșești	16,36	33,5	4,9	13:0,3:1	40:1:3
fl.Nistru, aval de r.Botna	2,12	41,6	54,5	141:3:1	40:1:1
fl.Nistru, Palanca	4,18	18,0	133,5	345:16:1	40:2:1
vară					
fl.Nistru, Naslavcea	8,58	8,7	82,0	212:21:1	40:4:1
fl.Nistru, Vălcineț	11,06	31,9	101,0	261:7:1	40:1:1
fl.Nistru, Soroca	10,48	24,6	124,3	321:11:1	40:1:1
fl.Nistru, Camenca	11,92	10,7	89,6	231:18:1	40:3:1
fl.Nistru, amonte de r.Răut	2,51	4,4	146,4	378:73:1	40:7:1
r.Răut, s.Ustia	0,73	0,6	135,0	349:501:1	40:58:1
fl.Nistru, aval de r.Răut	0,81	6,5	41,2	106:14:1	40:5:1
fl.Nistru, Vadul lui Vodă	5,98	10,1	227,0	586:50:1	40:3:1
fl.Nistru, amonte de r.Bâc	1,74	5,7	40,6	105:16:1	40:6:1
r.Bâc, s.Gura Bâcului	0,04	4,3	72,4	187:37:1	40:8:1
fl.Nistru, aval de r.Bâc	1,55	9,9	27,5	71:6:1	40:4:1
fl.Nistru, Varnița	1,16	6,9	15,3	40:5:1	40:5:1
fl.Nistru, Palanca	3,82	26,0	272,1	703:23:1	40:1:1

Datele din sezonul estival demonstrează contraste mai pronunțate, asociate cu transformarea activă a materiei organice și influența surselor antropice. Situația este deosebit de ilustrativă la gura r. Răut (s. Ustia), unde raportul atinge 349:501:1, indicând un conținut extrem de ridicat de azot, concomitent cu un deficit accentuat de fosfor. Această abatere este tipică pentru râurile supuse încărcării cu ape uzate și spălării intensive a elementelor biogene [20]. În alte puncte, valorile estivale par mai echilibrate, de exemplu, Soroca - 321:11:1 și Camenca - 231:18:1, însă acestea mențin totuși un dezechilibru în favoarea excesului de carbon. Raporturile normalizate (40:5:1, 40:3:1) indică o apropiere relativă de modelul universal, însă deficitul persistent de fosfor sugerează că acest element joacă un rol limitant în dinamica trofică a sistemului fluvial pe timpul verii [21].

Concluzii

Analiza evidențiază o variabilitate spațială și sezonieră semnificativă în bazinul Nistrului. În perioada de primăvară, în majoritatea punctelor a predominat limitarea prin fosfor, cu excepția râului Bâc, unde s-a observat fenomenul opus. În sezonul estival, pe fondul scăderii concentrațiilor de azot, limitarea prin azot a rămas predominantă, în special în afluenții din zonele urbanizate.

În primăvară, majoritatea punctelor de monitorizare au prezentat un aport ridicat de carbon organic comparativ cu azotul și fosforul, indicând influența detritusului și a scurgerilor de apă de suprafață.

În sezonul estival, raporturile C:N:P și N:P s-au modificat local, cu scăderi ale azotului în zonele neurbanizate și creșteri ale fosforului în afluenții afectați de ape uzate, evidențiind efectele antropice punctuale.

Finanțare. Lucrarea a fost realizată în cadrul subprogramului 010701 al Universității de Stat din Moldova și a proiectului „Investigarea schimbărilor mediului acvatic și a hidrobiocenozelor ecosistemului Nistrului Inferior, evaluarea impactului afluenților (Răut, Bâc, Botna), elaborarea propunerilor de valorificare durabilă și prevenirea degradării ecosistemelor acvatice lotice și lentice”, finanțat de Fondul Național de Mediu și implementat de AO Societatea Ecotoxicologilor din Republica Moldova.

Bibliografie

1. GUILDFORD, S. J.; HECKY, R. E. (2000). Total nitrogen, total phosphorus, and nutrient limitation in lakes and oceans: Is there a common relationship? *Limnology and Oceanography*, 45(6), 1213–1223. <https://doi.org/10.4319/lo.2000.45.6.1213>
2. ELSER, J. J.; BRACKEN, M. E.; CLELAND, E. E.; et al. (2007). Global analysis of nitrogen and phosphorus limitation of primary producers in freshwater, marine and terrestrial ecosystems. *Ecology Letters*, 10(12), 1135–1142. <https://doi.org/10.1111/j.1461-0248.2007.01113.x>
3. TYRRELL, T. *Encyclopedia of Ocean Sciences*. Redfield Ratio. 2001, 2377–2387. <http://dx.doi.org/10.1006/rwos.2001.0271>
4. THEY, NG. H.; AMADO, ANDRÉ M.; COTNER, JAMES B. Redfield Ratios in Inland Waters: Higher Biological Control of C:N:P Ratios in Tropical Semi-arid High Water Residence Time Lakes. *Frontiers in Microbiology*, 2017, 8, 1505 <https://doi.org/10.3389/fmicb.2017.01505>
5. Ghid de prelevare a probelor hidrochimice și hidrobiologice. Îndrumar metodic, Chișinău: Elan poligraf, 2015. 64p. ISBN 978-9975-128-28-5.
6. Monitoringul calității apei și evaluarea stării ecologice a ecosistemelor acvatice. Îndrumar metodic, Chișinău: Elan poligraf, 2015. 80 p.
7. SM SR EN ISO 9963-1:2007, (2007), Water quality. Determination of alkalinity. Part 1. Determination of total and composite alkalinity (in Romanian), The Institute for Standardization of Moldova (ISM), Chisinau, Republic of Moldova.
8. SM SR ISO 6060:2006, (2006), Water quality. Determination of the chemical oxygen demand (in Romanian), The Institute for Standardization of Moldova (ISM), Chisinau, Republic of Moldova.
9. SM SR EN ISO 11732:2012, (2012), Water quality. Determination of ammonium nitrogen. Method by flow analysis (CFA and FIA) and spectrometric detection (in Romanian), The Institute for Standardization of Moldova (ISM), Chisinau, Republic of Moldova.

10. Guidance on the Monitoring of Water Quality and Assessment of the Ecological Status of Aquatic Ecosystems. Editors: Bilețchi Lucia, Zubcov Elena. Chișinău: S. n., 2021 (Î. S. F.E.-P. „Tipografia Centrală”), 92 p. ISBN 978-9975-157-05-6
11. SM SR ISO 7890-3:2006, (2006), Water quality. Determination of nitrate. Part 3. Spectrometric method using sulphosalicylic acid (in Romanian), The Institute for Standardization of Moldova (ISM), Chisinau, Republic of Moldova.
12. SM SR EN ISO 6878:2011, (2011), Water quality. Determination of phosphorus. Ammonium molybdate spectrometric method (in Romanian), The Institute for Standardization of Moldova (ISM), Chisinau, Republic of Moldova.
13. KANTER, D. R.; CHODOS, O.; NORDLAND, O.; et al. (2020). Nitrogen pollution policy beyond the farm. *Nature Food*, 1(1), 27–32. <https://doi.org/10.1038/s43016-019-0001-5>
14. LAWSON, G.; YOUNG, J.; AANDERUD, Z.; et al. (2025). Nutrient limitation and seasonality associated with phytoplankton communities and cyanotoxin production in a large, hypereutrophic lake. *Harmful Algae*. 143. 102809. <https://doi.org/10.1016/j.hal.2025.102809> .
15. SHOUSHA, S.; MARANGER, R.; LAPIERRE, J. (2021). Different forms of carbon, nitrogen, and phosphorus influence ecosystem stoichiometry in a north temperate river across seasons and land uses. *Limnology and Oceanography*, Vol. 66 (12), 4285–4298. <https://doi.org/10.1002/lno.11960>
16. SPENCER, Robert G. M.; AIKEN, George R. et al. (2008). Seasonal and spatial variability in dissolved organic matter quantity and composition from the Yukon River basin, Alaska. *Global Biogeochemical Cycles*, Vol. 22(4), GB4002 <https://doi.org/10.1029/2008GB003231>
17. ISLAM, M.J; JANG, C.; EUM, J. et al. (2019). C:N:P stoichiometry of particulate and dissolved organic matter in river waters and changes during decomposition. *Journal of Ecology and Environment*. Vol. 43, 4. <https://doi.org/10.1186/s41610-018-0101-4>
18. LIU, Ji; WANG, Yi; YONG, Li; XINLIANG, Liu et al. (2020). Ecosystem N:P stoichiometric ratios determine the catchment surface water N:P ratio through subsurface hydrological processes. *CATENA*, Vol. 194, <https://doi.org/10.1016/j.catena.2020.104740>
19. STERNER, Robert; ELSE, J. (2002). *Ecological Stoichiometry: The Biology of Elements From Molecules to The Biosphere*. Princeton University Press, 439p
20. Dodds, W. K. (2003). Misuse of inorganic N and soluble reactive P concentrations to indicate nutrient status of surface waters. *Journal of the North American Benthological Society*, 22(2), 171–181. <https://doi.org/10.2307/1467990>
21. ELSE, JJ, BRACKEN ME, CLELAND EE, GRUNER DS, HARPOLE WS, HILLEBRAND H, NGAI JT, SEABLOOM EW, SHURIN JB, SMITH JE. Global analysis of nitrogen and phosphorus limitation of primary producers in freshwater, marine and terrestrial ecosystems. *Ecol Lett*. 2007 Dec; 10(12):1135-42. <https://doi.org/10.1111/j.1461-0248.2007.01113.x>