

AZOTO JUNGINIŲ KAITA NEMUNO ŽEMUPIO VANDENYJE POTVYNIŲ METU

Kazimieras KATUTIS

Lietuvos žemdirbystės institutas
Gargždų g. 29, Vėžaičiai, Klaipėdos r. sav.
El. paštas: katutis@vezaiciai.lzi.lt

Santrauka

Straipsnyje apibendrinta 1987–2006 m. tyrimų medžiaga. Natūriniai tyrimai atlikti Nemuno žemaslėnio lankose. Tyrimų metu buvo nustatomas azoto junginių kiekis įtekančiame ir ištekančiame iš lankų potvynio vandenyje.

Pirmą potvynio parą bendrojo azoto kiekis Nemuno vandenyje sudarė 11,66 mg kg⁻¹, o Minijos vandenyje – 9,01 mg kg⁻¹, t. y. 23 % mažiau. Potvynio vandeniui tekant per lankas bendrojo azoto kiekis didėjo nuo 8,95 mg kg⁻¹ įtekančiam iki 10,77 mg kg⁻¹ ištekančiam; tai rodo, kad tekantis per lankas potvynio vanduo buvo teršiamas organinėmis medžiagomis.

Tyrimų laikotarpiu buvo akivaizdi laiko nuo potvynio pradžios įtaka potvynio vandens kokybei. Trečią potvynio parą bendrojo azoto kiekis sumažėjo 23 %, šeštą – 38 %, o 12 parą – 57 %, palyginti su bendrojo azoto kiekiu potvynio vandenyje pirmą parą.

Potvynio vandenyje iš azoto junginių didžiausia buvo nitratų – 1,6–3,3 mg kg⁻¹, amonio – 0,33–0,87 mg kg⁻¹ ir nitritų – 0,020–0,026 mg kg⁻¹ koncentracija.

Sąsajų koreliaciniai koeficientai atskleidžia, kad sąsaja tarp vienerūšių azoto junginių įtekančiame arba ištekančiame potvynio vandenyje priklausė nuo azoto junginio: stipriausia koreliacija buvo nitratų ($r = 0,84$) ir amonio ($r = 0,64$), o silpniausia – bendrojo azoto ($r = 0,47$) ir nitritų ($r = 0,41$). Koreliaciniai koeficientai tarp įvairių azoto junginių buvo silpni ($r > 0,4$).

Reikšminiai žodžiai: užliejimas, bendrasis azotas, nitratai, amonis, nitritai, Nemuno žemupys.

Įvadas

Nemuno baseinui priklauso daugiau nei 71 % Lietuvos teritorijos. Iš šios teritorijos ištekančias vanduo į Baltijos jūrą atneša didžiausią Lietuvoje susidarantių teršalų kiekį /Taminskas, 2001/.

Europos Sąjungos vandens direktyvoje (2000/60/EC)¹ iškeltas tikslas iki 2015 m. pasiekti, kad visi vandenys būtų „geros ekologinės būklės“. Didelis dėmesys skiriamas fosforui, kuris sukelia paviršinių vandenų eutrofizaciją /Turner, Haygarth, 1999/. Nitratų (NO₃⁻) jonų koncentraciją reglamentuojanti 91/676/EEC direktyva² numato leistiną 50 mg l⁻¹ NO₃⁻ ribą.

¹Bendroji vandenų direktyva 2000/60/EC (Water Framework Directive (2000/60/EC)

<http://www.serbd.com/WaterFrame.htm>

²Council Directive 91/676/EEC concerning the protection of waters against pollution caused by nitrates from agricultural sources

Per paskutinį XX a. dešimtmetį įvykę ūkio pokyčiai lėmė medžiagų balanso kaitą. Sumažėjus cheminių medžiagų naudojimui žemės ūkyje ir kitų ūkio šakų plėtrai, į vandenį patekdavo vis mažiau antropogeninės kilmės cheminių medžiagų. Taigi galima daryti prielaidą, kad Lietuvos vandens sistemų hidrocheminis fonas ėmė artėti prie natūralaus. Tą rodo ir mažėjanti upių tarša. Dalis šių teršalų kaupiasi Nemuno upės baseine /Taminskas, 2001/.

Ekosistemose neracionaliai taikant agropriemones didėja jonų koncentracija vandenyje, o tai kelia grėsmę žmonių sveikatai. Maistui naudojamame vandenyje esantys nitratai gali sukelti kūdikių metahemaglobinemiją ar net skrandžio vėžį /Ekologijos atlasas, 2001/.

Nemuno žemaslėnio polderiai turi didelį žemės ūkio produkcijos gamybos potencialą, leidžiantį sukurti konkurencingus rinkos sąlygomis žemės ūkio produktų gamybos subjektus, todėl čia yra itin palankios sąlygos gaminti žolinius pašarus ir plėtoti galvijininkystę. Net sausais 2002 metais užliejamų pievų žolių derlingumas buvo didelis ir žemdirbiai nesiskundė atolo trūkumu. Priešingai, dėl pasikeitusių gamybinių santykių dalis lankų kasmet lieka nenušienautos. Kadangi regionas svarbus visos šalies ir Baltijos jūros šalių aplinkai, svarbiausias tikslas yra taikyti tokį regiono plėtros būdą, kuris garantuotų gyventojų pragyvenimo lygio augimą ir padėtų puoselėti gamtinę aplinką šalies bei tarptautinių interesų atžvilgiu.

Pakrančių užliejamos pievos bei marios yra visuotinai pripažinta labai svarbi daugiafunkcės ekosistemos dalis su itin jautria augalija ir gyvūnija, įskaitant kai kurias nykstančias rūšis bei gausybę migruojančių paukščių. Marių bei užliejamų pievų plėtros planas yra labai svarbi Baltijos regiono aplinkos valdymo programos, kurią 1992 m. priėmė visos Baltijos jūros baseino valstybės, dalis /Lotman, 2004/.

Būtina atsižvelgti į taršą iš polderių, nes jie yra arti Kuršių marių. Be to, Nemuno užliejamos pievos yra natūralus potvynio metu iš aukštupio atitekančių teršalų nusodintuvas, įgalinantis sumažinti marių užterštumą. Į slėnį išsiliejęs vanduo iš dalies nuskaidrėja, paviršiuje palikdamas nusėdusių nešmenų sluoksnį. Vegetacijos metu nusėdę biogeniniai elementai žolių yra panaudojami organinei medžiagai gaminti, todėl Nemuno užliejamų pievų žemės naudojimo reglamentavimas galėtų pagerinti Nemuno baseino ir ypač Kuršių marių vandens kokybę.

Literatūroje nurodoma, kad 2000 m. Nemunas į Kuršių marias atplukdė 46 800 t bendrojo azoto /Nilsson, 2006/. Potvynio metu įvairiomis slėnio dalimis prateka iki 50 % Nemuno debito /Vaikasas ir kt., 1997; Vaikasas, Rimkus, 2000/. Tačiau įvairių upių vanduo yra nevienodai mineralizuotas, be to, skiriasi jame ištirpusių medžiagų cheminė sudėtis. Tai patvirtina dirvožemio rūgštumo ir judriųjų fosforo bei kalio kartogramos, rodančios, kad palei Nemuno vagą esantys dirvožemiai yra karbonatingesni ir turtingesni augalų maisto medžiagų nei Žemaitijos upių Minijos ir Jūros slėnių dirvožemiai /Katutis, 2002/.

Priklausomai nuo vandens ir dirvos cheminės sudėties bei jų koncentracijos lygio, vyksta jonų sorbcijos ir desorbcijos procesas, kurio metu sunkdamasis per dirvožemį kritulių vanduo jį praturtina įvairiais junginiais /Балзарявичене, 1988; Mažvila ir kt., 1992; Gaigalis, Račkauskaitė, 2001; Adomaitis ir kt., 2002; Gužys, Petrokienė, 2003/.

Azotas, kitaip nei kiti elementai, gali ne tik būti išplautas iš dirvožemio įvairių junginių pavidalu, bet ir išgaruoti į atmosferą oksidų bei molekulinio azoto forma.

Nemuno žemupyje atlikti tyrimai rodo, kad vandeniui tekant slėniu per lankas tarp vandenyje esančių azoto junginių ir dirvožemio vyksta sorbcijos ir desorbcijos procesas. Potvynio vandenyje nitratų daugiausia buvo potvynio pradžioje, tai yra tuo metu, kai vandens temperatūra buvo maža. Vėliau, kylant oro temperatūrai ir prasidėjus augalų vegetacijai, nitratų koncentracija potvynio vandenyje praktiškai neviršijo foninio lygio. Amonis yra smarkiai sorbuojamas dirvožemio ir į potvynio vandenį pateko nedideli jo kiekiai. Nitritų kiekis potvynio vandenyje buvo labai mažas, todėl jo sąsajos su potvynio vandeniu ir užlietu dirvožemiu yra sunkiai nustatomos /Katutis, 1996/.

Yra nemažai duomenų, kad nuo 1991 m. potencialiai išplaunamo azoto kiekis gerokai sumažėjo dėl mažesnio mineralinių trąšų naudojimo, tačiau, kai kurių tyrimų duomenimis, azoto, ypač nitratinio, koncentracija Lietuvos upėse padidėjo /Šileika, 1996; Šileika, 1998/. Vilainių polderio lankoje (Nevėžio upės salpoje prie Kėdainių) nustatyta, kad 1992–1993 m. padidėjusią NO_3^- koncentraciją per žemėnaudas tekančiose upėse, palyginti su 1991 m., nulėmė gausesnis kritulių kiekis ir mažesnis derlius. Mineralinio ir nitratinio azoto koncentracija ir išplautas kiekis esmingai koreliavo su krituliais ir praėjusių metų žolių derliumi. Nitratų koncentracija taip pat priklausė nuo gruntinio vandens gylio – kuo arčiau žemės paviršiaus, tuo nitratų koncentracija buvo didesnė. Tačiau amoniakinio azoto esminio ryšio su krituliais, drenažo nuotėkiu ir žolių derliumi nenustatyta /Juškauskas, 1998/.

Sumažėjus šalies ūkio potencialo naudojimo intensyvumui pasikeitė ir ežerų biogeninių medžiagų koncentracija. Tyrimų laikotarpiu didžiausia metinė bendrojo azoto koncentracija ($1,48 \text{ mg l}^{-1}$) 1998 m. nustatyta Žuvinto ežere. Tačiau, palyginti su 1986 m., bendrojo azoto koncentracija jame sumažėjo beveik perpus. 1999–2000 m. tirtų ežerų vandenyje bendrojo azoto koncentracija netgi šiek tiek padidėjo. Per metus visuose Nemuno baseino ežeruose (tik Lietuvos teritorijoje) bendrojo azoto susikaupia nuo 113 iki 1 064 t. Tačiau kai kuriais metais azoto į juos patenka mažiau nei išplaunama (iki 294 t) /Taminskas, 2001/.

Be naudos, Nemuno žemupio potvyniai ir vandens išsiliejimas į slėnį padaro ir nemažai žalos. Kaip rodo atlikti tyrimai, Nemuno žemupio potvynių padaroma ūkinė žala yra užliejamų plotų žolės bei pasėlių išmirkimas ir žemės ūkio bei kitų hidrotechninių statinių sugadinimas /Vaikasas, Rimkus, 2000/. Padaromiems nuostoliams nustatyti galima pasinaudoti ir turto vertinimo kategorijomis. Sunkiau įvertinti potvynio daromą gamtosauginę žalą. Norint įvertinti, kaip Nemuno žemupyje keitėsi azoto junginių koncentracija potvynio vandenyje, būtina atlikti įvairių veiksnių analizę ir nustatyti priklausomumą nuo patvinusios upės vandens lygio, užliejimo trukmės, vandens drumstumo bei kitų kokybės rodiklių. Potvynio padaryta įtaka užlietiems Nemuno žemupio dirvožemiams išsamiai išnagrinėta ankstesniuose moksliniuose straipsniuose /Katutis, 1996; 2002/.

Straipsnio tikslas – ištirti azoto junginių kaitą Nemuno žemupio vandenyje potvynio metu vandeniui tekant per lankas.

Remiantis tyrimų duomenimis, straipsnyje siekiama paaiškinti, kaip keičiasi įvairių azoto junginių koncentracija vandeniui tekant per lankas, ir, priklausomai nuo

azoto junginių kaitos vandenyje, nustatyti potvynių daromą žalą arba naudą Kuršių marioms gamtosauginiu aspektu.

Tyrimų sąlygos ir metodai

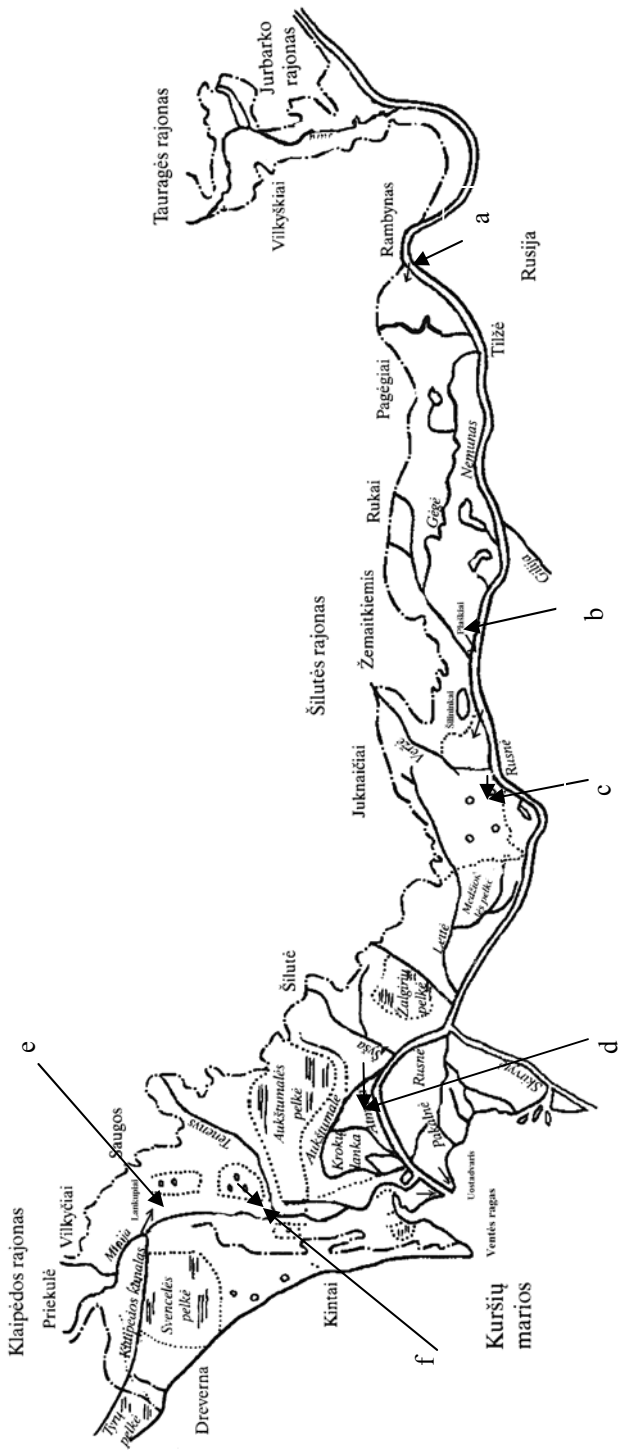
Natūriniai potvynio vandens kokybės stebėjimai atlikti Nemuno žemaslėnyje – atkarpoje nuo Rambyno kalno iki Kuršių marių. 1987–2006 m. stebėta, kaip Nemuno žemupyje potvynio metu keičiasi vandens kokybė jam tekant per lankas. Stebėjimams atlikti Nemuno žemaslėnis suskirstytas į dvi dalis (1 pav.): aukštutinę – Nemuno užliejamos lankos nuo Rambyno kalno (vanduo įteka į lankas; atstumas nuo žiočių – 70 km) iki Plaškių (vanduo grįžta į vagą; atstumas nuo žiočių – 39 km) ir žemutinę – Nemuno užliejamos lankos nuo Girininkų (32 km) iki Šyšgirių prie Aukštumalės (Kuršių marios). Minijos slėnyje tyrimai atlikti nuo Lankupių (įteka į lankas iš Minijos ties Vilhelmo kanalu, 9 km) iki Tenenio ir Minijos santakos (išteka per Klumbių siurblynės vartus). Potvynio metu užlietų pievų vanduo į Kuršių marias suteka per Krokų Lanką.

Nemuno žemupio meteorologinės sąlygos. Nemuno žemupio meteorologinėms sąlygoms apibūdinti panaudoti Šilutės hidrometeorologijos stoties duomenys. Meteorologinių veiksnių kartojimosi dažnumas apskaičiuotas remiantis stebėjimo intervalu, apimančiu 1976–2006 metus. Nustatyta, kad potvynis prasideda kovo, o baigiasi balandžio mėnesio pabaigoje. Didžiausias vandens lygis būna kovo III dešimtadienį. Pagrindinė potvynio priežastis – krituliai, sniego tirpimas ir ledonešis. Ledams susigrūdus upių vagose dėl susidariusių sangrūdų kai kuriose deltos vietose pakyla vanduo. Pagrindinis potvynio kriterijus yra vandens aukštis upės vagoje, kuriam esant prasideda deltos užliejimas. Kai potvynio vandens aukštis atitinka 50 % tikimybę, vidutinis lankas užliejusio vandens sluoksnio gylis yra apie 1,8 m /Šileika, 1998; Vaikasas, Rimkus, 2000/. Beveik kasmet potvynio metu užliejama iki 52,4 tūkst. ha žemės.

Žemės ūkio naudmenos sudaro 75 % visų užliejamų žemių, iš kurių 60 % yra ganyklos ir pievos. Užliejamoje zonoje yra 7 700 ha miškų ir pelkių, 2 000 ha vandens telkinių ir 3 100 ha kitos paskirties žemių /Šileika, 1998; Vaikasas, Rimkus, 2000/.

Tyrimų laikotarpiu maksimalus potvynio vandens aukščio kitimas atitiko 17–99 % tikimybę, o pagal užliejimo trukmę potvynis tęsiasi nuo 15 iki 81 paros (daugiametis vidurkis – 33 paros). Tyrimų duomenų sąsajoms su meteorologiniais veiksniais nustatyti potvynio vandens aukštis įvertintas Rusnės stebėjimo poste. Šyšos, Smalkų ir Uostadvario polderiai pradedami užlieti Rusnės matavimo poste vandens horizontui esant atitinkamai 0,9, 1,0 ir 2,5 m /Vaikasas, Rimkus, 2000/.

Tyrimų laikotarpiu (1987–2006 m.) matuotas potvynio vandens aukštis persilieji per pylimą vietose (natūriniai duomenys sutikslinti su Šilutės hidrometeorologijos stoties duomenimis), vandens taršos rodikliai, nupjautų lankų plotas (duomenys imti iš Šilutės savivaldybės Kaimo reikalų skyriaus metinių ataskaitų). Per tyrimų laikotarpį kardinaliai pasikeitė lankų naudojimo technologijos ir intensyvumas. Iki 1990 m. iš lankų žolės buvo gaminami miltai ir ji buvo daug kartų pjaunama. 1990 m. nustota gaminti miltus, iš lankų žolės buvo ruošiamas šienas ir mažiau tręšta mineralinėmis trąšomis. Šilutės rajono savivaldybės Kaimo reikalų skyriaus duomenimis, 1993–2006 m. laikotarpiu nupjautų lankų plotas kito nuo 95 % (1994 m.) iki 55 % (1998 m.).



1 paveikslas. Vandens ėminių ėmimo vietos Nemuno žemupyje bandymo vykdymo metais

Figure 1. Water sampling places in the Lower Nemunas during the experimental period

Paaškinimai: — — — užliejimo ribos / flooding borders;

- a – įteka iš Nemuno į lankas už Rambynos, b – grįžta į Nemuną ties Plaškiais, c – įteka iš Nemuno į pievas už Šilinininku, d – įteka į Kuršių marios ties Aukštumale, e – įteka iš Minijos į lankas ties Lankupiais, f – grįžta į Miniją per Klumbių siurblyną.
- a – floodwater flowing into meadows beyond Rambynas, b – floodwater flowing from meadows beside Plaškiai, c – floodwater flowing into meadows beyond Šilinininkai, d – floodwater flowing from meadows in Curonian Lagoon beside Aukštumale, e – floodwater flowing into meadows from Minija beside Lankupiai, f – floodwater flowing from meadows in Minija beside Klumbiai pumping station.

Tyrimų metodika. Vandens ėminiai tyrimams buvo imami potvynio metu 1–3–6–12 potvynio parą, prieš vandeniui įtekant ir ištekant iš lankų. Vandens ėminiai buvo imami ne mažiau kaip 4 pakartojimais. Bendram azoto ir jo junginių kiekiui nustatyti imta 1 litras potvynio vandens ėminių.

Bendrojo N, NH₄-N, NO₃-N ir NO₂-N koncentracija vandenyje buvo nustatoma Lietuvos žemdirbystės instituto Vėžaičių filialo laboratorijoje. Bendrasis N buvo nustatomas kalorimetru atlikus organinių medžiagų mineralizaciją su kalio persulfatu, NH₄-N – kalorimetru su hipochloritu, NO₃-N – kalorimetru su sulfosalicilo rūgštimi, NO₂-N – kalorimetru su spalvotu reagentu. Mineralinis azotas (N_{min.}) apskaičiuotas sudėjus amonio, nitratų ir nitritų kieki.

Bandymo statistinių duomenų sklaida apibūdinta standartinių nuokrypių, o veiksnių ryšiai – regresinės ir koreliacinės analizės metodais. Koreliacijos bei regresijos koeficientai apskaičiuoti naudojant kompiuterinių programų paketą SELEKCIJA ir kompiuterines skaičiavimo programas *Microsta* bei *Excel* /Tarakanovas, 1997; Tarakanovas, Raudonius, 2003/.

Tyrimų rezultatai ir jų aptarimas

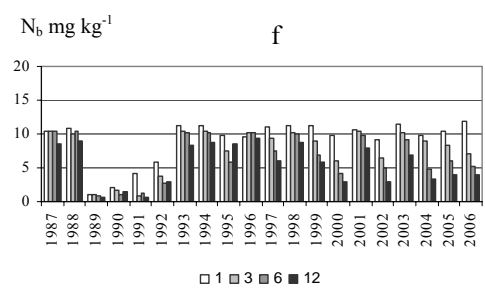
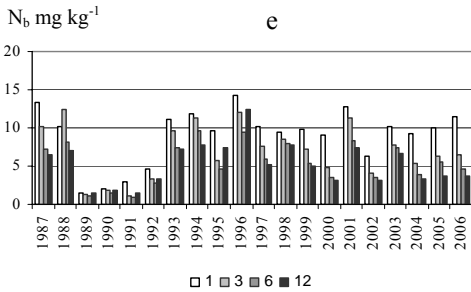
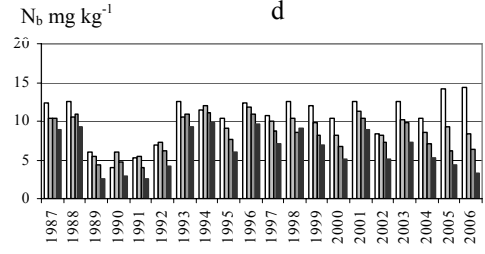
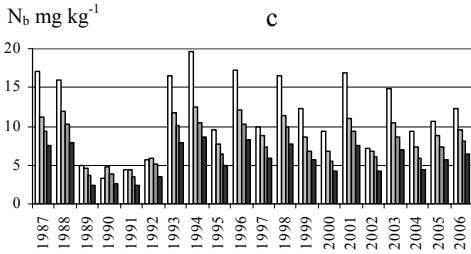
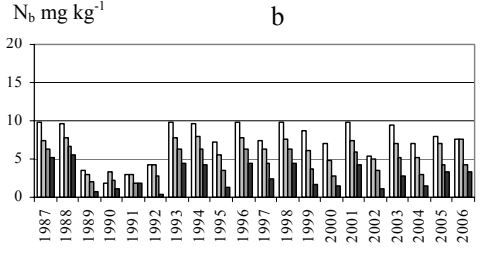
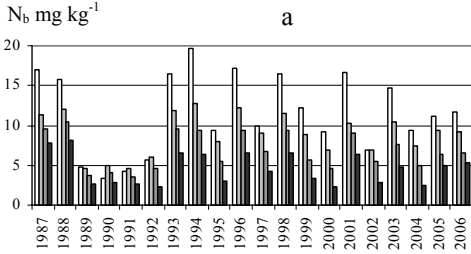
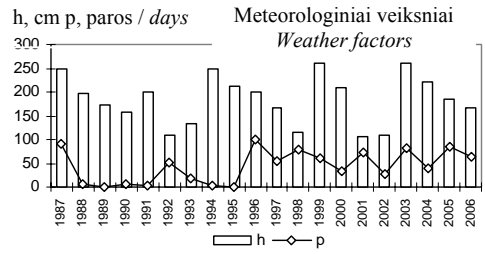
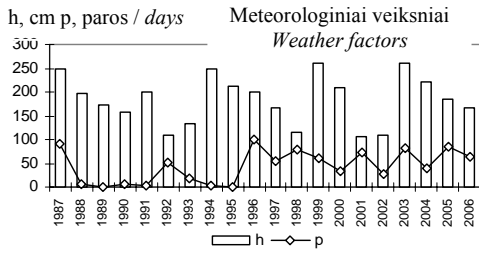
Bendrasis azotas. Analizuojant bendrojo azoto kaitą tyrimo laikotarpiu matyti, kad kai kurių metų gautų duomenų sklaida yra gana didelė (2 pav.). 2 paveikslo duomenys rodo, kad bendrojo azoto kiekiui potvynio vandenyje didesnę įtaką turėjo potvynio pradžia, kiek mažiau – potvynio vandens aukštis. Tai aiškiai matyti įtekančiame į lankas vandenyje, o ištekančiame iš lankų vandenyje šis poveikis yra mažesnis. Be to, meteorologinių veiksnių įtaka bendrojo azoto kiekiui vandenyje pirmą potvynio dieną buvo didesnė nei dvyliktą. Vidutinis bendrojo azoto kiekis potvynio vandenyje tyrimo laikotarpiu pateiktas 1 lentelėje.

Tyrimo duomenys rodo, kad bendrojo azoto kiekis potvynio vandenyje priklausė nuo vietovės dirvožemio, iš kurio buvo imami vandens ėminiai, ir nustatymo datos.

Potvynio vandeniui tekant per lankas viršutinėje Nemuno žemaslėnio dalyje (Rambynas–Plaškiai), bendrojo azoto kiekis mažėjo ir šis sumažėjimas buvo ryškus, pvz., pirmą potvynio dieną įtekančio ir ištekančio vandens bendrojo azoto kiekio skirtumas buvo 4,43 mg kg⁻¹. Vėliau šis skirtumas mažėjo ir dvyliktą potvynio dieną įtekančio bei ištekančio vandens bendrojo azoto kiekio skirtumas buvo tik 1,80 mg kg⁻¹.

Žemutinės Nemuno žemaslėnio (Šilininkai–Kuršių marios) dalies įtekančiame ir ištekančiame potvynio vandenyje bendrojo azoto kaita buvo nevienoda. Pirmą potvynio dieną bendrojo azoto kiekis buvo didesnis įtekančiame nei ištekančiame potvynio vandenyje, ir šis skirtumas buvo 1,12 mg kg⁻¹.

Po kelių parų paimtuose potvynio vandens ėminiuose bendrojo azoto buvo daugiau ištekančiame vandenyje, palyginti su įtekančiu vandeniu, ir šis skirtumas kryptingai didėjo. Pvz., įtekančiojo ir ištekančiojo vandens bendrojo azoto kiekio skirtumas trečią potvynio parą buvo 0,37 mg kg⁻¹, o dvyliktą – atitinkamai 0,70 mg kg⁻¹.



2 paveikslas. Bendrojo azoto kaita vandenyje potvynio metu 1987–2006 m.

Figure 2. Variation of the total nitrogen in the water during flooding 1987–2006

Pastaba. N_b – bendrasis azotas, h – potvynio vandens aukštis cm, p – potvynio pradžia nuo sausio 1 d., paromis; a – įteka iš Nemuno į lankas ties Rambynu, b – grįžta į Nemuną ties Plaškiais, c – įteka iš Nemuno į lankas ties Šilinkinkais, d – įteka į Kuršių marias ties Aukštumale, e – įteka iš Minijos į lankas ties Lankupiais, f – grįžta į Miniją per Klumbių siurblynį; 1, 3, 6, 12 – laikotarpis nuo potvynio pradžios iki ėminių paėmimo, paromis.

Note. N_b – total nitrogen, h – height of freshet water cm, p – beginning of flooding (from January 1st, in days); a – floodwater flowing into meadows beside Rambynas, b – floodwater flowing from meadows beside Plaskiai, c – floodwater flowing into meadows beside Šilinkinkai, d – floodwater flowing from meadows in Curonian Lagoon beside Aukstumale, e – floodwater flowing into meadows from Minija beside Lankupiai, f – floodwater flowing from meadows in Minija beside Klumbiai pumping station; 1, 3, 6, 12 – period from the beginning of flooding to sampling, in days.

1 lentelė. Bendrojo azoto kiekis (mg kg^{-1}) įvairių Nemuno žemaslėnio vietų įtekančiame ir ištekančiame potvynio vandenyje

Table 1. The amount of the total nitrogen (mg kg^{-1}) in the flood water flowing into meadows and floodwater flowing from meadows in different places of the Lower Nemunas

Nemuno žemaslėnis / The Lower Nemunas, 1987–2006 m.

A veiksnys – trukmė paromis Factor A – duration (days)		B veiksnys – vietovės / Factor B – locations					
		I		II		III	
		Rambynas	Plaškiai	Šilininkai	Aukštumalė	Lankupiai	Klumbiai
Rodikliai Factor Indicators	Įteka į lankas Flowing into meadows	Išteka iš lankų Flowing from meadows	Įteka į lankas Flowing into meadows	Išteka iš lankų Flowing from meadows	Įteka į lankas Flowing into meadows	Išteka iš lankų Flowing from meadows	
Bendrojo azoto kiekis mg kg^{-1} The amount of total nitrogen mg kg^{-1}							
1	$\bar{x} \pm s_x$	11,6±0,5	7,2±0,2	11,7±0,5	10,6±0,2	9,0±0,3	9,1±0,3
	$x_{\min}-x_{\max}$	3,3–19,6	1,9–9,8	3,4–19,7	4,0–14,4	1,5–14,3	1,0–11,8
	V %	23,54	6,35	23,58	8,31	12,60	9,69
3	$\bar{x} \pm s_x$	8,9±0,2	6,1±0,2	8,8±0,2	9,1±0,2	6,9±0,3	7,6±0,3
	$x_{\min}-x_{\max}$	4,6–12,7	2,9–8,0	4,5–12,6	5,4–12,1	1,2–12,3	0,8–10,4
	V %	6,59	2,87	6,79	3,68	11,76	10,32
6	$\bar{x} \pm s_x$	6,8±0,2	4,4±0,1	7,4±0,2	8,0±0,1	5,5±0,2	6,6±0,2
	$x_{\min}-x_{\max}$	3,6–10,4	1,8–6,7	3,4–10,5	4,0–11,1	1,0–9,7	0,8–10,4
	V %	4,91	2,62	5,28	5,11	6,88	10,88
12	$\bar{x} \pm s_x$	4,6±0,2	2,8±0,1	5,7±0,2	6,4±0,1	5,3±0,3	5,5±0,2
	$x_{\min}-x_{\max}$	2,3–8,2	0,5–5,5	2,4–8,5	2,5–9,7	1,5–12,4	0,6–9,3
	V %	3,68	2,45	4,06	6,20	10,88	8,83

Tyrimo laikotarpiu iš Minijos upės žemaslėnio ištekančiame potvynio vandenyje bendrojo azoto kiekis buvo didesnis nei įtekančiame, tik iki šeštos paros šis skirtumas didėjo, o po šeštos paros mažėjo.

Tirtose vietovėse užliejimo trukmės įtaka bendrojo azoto kiekiui potvynio vandenyje buvo pastovi, didžiausias bendrojo azoto kiekis buvo potvynio pradžioje, o vėliau mažėjo. Darant prielaidą, kad bendrojo azoto kiekis pirmą potvynio parą buvo 100 procentų, tai trečią potvynio parą bendrojo azoto kiekis sudarė tik 80 procentų, šeštą – 65, dvyliką – 50 procentų.

Nitratai. Apibendrinti nitratų kiekio duomenys potvynio vandenyje pateikti 2 lentelėje.

2 lentelė. Azoto junginių kiekis (mg kg^{-1}) įvairių Nemuno žemaslėnio vietų potvynio vandenyje

Table 2. The amount of nitrogen compounds (mg kg^{-1}) in flood water in different places of the Lower Nemunas

Nemuno žemaslėnis / The Lower Nemunas, 1987–2006 m.

A veiksnyss – trukmė paromis Factor A – duration (days)		B veiksnys – vietovės / Factor B – locations					
		I		II		III	
		Rambynas	Plaškiai	Šilaininkai	Aukštumalė	Lankupiai	Klumbiai
	Rodikliai Indicators	Įteka į lankas Flowing into meadows	Išteka iš lankų Flowing from meadows	Įteka į lankas Flowing into meadows	Išteka iš lankų Flowing from meadows	Įteka į lankas Flowing into meadows	Išteka iš lankų Flowing from meadows
1	2	3	4	5	6	7	8
Nitratų kiekis mg kg^{-1} / amount of nitrates mg kg^{-1}							
	$\bar{x} \pm s \bar{x}$	4,31±0,02	2,72±0,02	4,24±0,02	2,82±0,02	3,32±0,08	2,57±0,02
1	$x_{\min} - x_{\max}$	0,45–8,09	1,35–3,88	0,38–8,02	1,47–3,98	0,29–4,67	0,55–4,90
	V %	5,75	0,79	5,75	0,79	2,34	1,97
	$\bar{x} \pm s \bar{x}$	2,90±0,02	2,47±0,02	2,73±0,02	2,53±0,02	2,29±0,08	2,17±0,03
3	$x_{\min} - x_{\max}$	1,42–4,28	1,31–3,39	1,25–4,11	1,40–3,46	0,30–4,05	0,37–3,65
	V %	0,97	0,54	0,96	0,54	1,72	1,30
	$\bar{x} \pm s \bar{x}$	2,37±0,02	1,72±0,02	2,21±0,02	2,18±0,02	1,68±0,07	1,87±0,03
6	$x_{\min} - x_{\max}$	0,87–3,68	1,08–2,72	0,77–3,52	1,37–2,85	0,18–3,33	0,45–3,35
	V %	0,95	0,28	0,95	0,30	1,10	0,93
	$\bar{x} \pm s \bar{x}$	1,73±0,02	0,97±0,02	1,57±0,03	1,81±0,02	1,65±0,04	1,75±0,03
12	$x_{\min} - x_{\max}$	0,29–3,02	0,23–2,16	0,12–2,88	1,21–2,28	0,22–2,99	0,62–2,66
	V %	0,95	0,28	0,95	0,30	1,10	0,93
Amonio kiekis mg kg^{-1} / amount of ammonium mg kg^{-1}							
	$\bar{x} \pm s \bar{x}$	1,59±0,08	0,52±0,08	1,23±0,08	0,47±0,08	0,96±0,36	0,46±0,13
1	$x_{\min} - x_{\max}$	1,49–1,75	0,41–0,68	1,13–1,38	0,36–0,63	0,14–1,43	0,27–0,70
	V %	0,01	0,01	0,01	0,01	0,13	0,02
	$\bar{x} \pm s \bar{x}$	1,16±0,08	0,40±0,08	0,97±0,13	0,35±0,08	0,74±0,33	0,43±0,14
3	$x_{\min} - x_{\max}$	1,05–1,30	0,28–0,55	0,78–1,19	0,23–0,50	0,05–1,22	0,24–0,65
	V %	0,01	0,01	0,02	0,01	0,11	0,02
	$\bar{x} \pm s \bar{x}$	0,92±0,08	0,32±0,08	0,89±0,15	0,30±0,08	0,53±0,31	0,28±0,13
6	$x_{\min} - x_{\max}$	0,78–1,05	0,18–0,46	0,65–1,13	0,15–0,43	0,00–1,10	0,07–0,49
	V %	0,01	0,01	0,02	0,01	0,10	0,02

2 lentelės tęsinys
Table 2 continued

1	2	3	4	5	6	7	8
	$\bar{x} \pm s_x$	0,63±0,07	0,16±0,07	0,64±0,12	0,11±0,07	0,27±0,19	0,21±0,12
12	$x_{\min}-x_{\max}$	0,55–0,75	0,07–0,29	0,49–0,84	0,02–0,24	0,00–0,65	0,06–0,42
	V %	0,00	0,01	0,01	0,01	0,03	0,01
Nitritų kiekis mg kg ⁻¹ / amount of nitrites mg kg ⁻¹							
1	\bar{x}	0,028	0,025	0,028	0,025	0,026	0,023
	s_x	±0,002	±0,002	±0,002	±0,002	±0,002	±0,002
	V %	0,000004	0,000003	0,000004	0,000003	0,000004	0,000003
3	\bar{x}	0,027	0,024	0,027	0,024	0,025	0,022
	s_x	±0,002	±0,002	±0,002	±0,002	±0,002	±0,002
	V %	0,000004	0,000004	0,000003	0,000003	0,000004	0,000003
6	\bar{x}	0,026	0,022	0,026	0,022	0,024	0,020
	s_x	±0,002	±0,002	±0,002	±0,002	±0,002	±0,002
	V %	0,000004	0,000004	0,000003	0,000003	0,000004	0,000003
12	\bar{x}	0,023	0,020	0,023	0,019	0,021	0,017
	s_x	±0,002	±0,001	±0,002	±0,002	±0,002	±0,002
	V %	0,000005	0,000002	0,000005	0,000003	0,000005	0,000003
Mineralinio azoto (N _{min.}) kiekis mg kg ⁻¹ / amount of mineral nitrogen (N _{min.}) mg kg ⁻¹							
1	$\bar{x} \pm s_x$	5,93±0,54	3,27±0,20	5,50±0,54	3,31±0,20	4,14±0,39	3,05±0,32
	$x_{\min}-x_{\max}$	2,08–9,65	1,88–4,35	1,65–9,22	1,92–4,40	0,60–5,82	1,07–5,32
	V %	5,71	0,79	5,71	0,79	3,15	1,93
3	$\bar{x} \pm s_x$	4,09±0,23	2,89±0,17	3,73±0,23	2,90±0,17	2,94±0,30	2,62±0,26
	$x_{\min}-x_{\max}$	2,59–5,39	1,69–3,81	2,21–4,97	1,69–3,82	0,36–4,73	0,84–4,07
	V %	0,95	0,55	0,94	0,55	2,19	1,30
6	$\bar{x} \pm s_x$	3,32±0,22	2,06±0,13	3,13±0,22	2,50±0,13	2,23±0,27	2,18±0,22
	$x_{\min}-x_{\max}$	1,76–4,55	1,38–3,05	1,55–4,36	1,54–3,29	0,11–3,80	0,78–3,64
	V %	0,95	0,31	0,94	0,32	1,43	0,93
12	$\bar{x} \pm s_x$	2,38±0,22	1,15±0,13	2,23±0,21	1,94±0,09	1,93±1,48	1,98±0,17
	$x_{\min}-x_{\max}$	0,96–3,59	0,34–2,27	0,80–3,37	1,32–2,50	0,22–6,89	0,87–2,93
	V %	0,88	0,30	0,87	0,15	2,20	0,54
Organinio azoto (N _{org.}) kiekis mg kg ⁻¹ / amount of organic nitrogen (N _{org.}) mg kg ⁻¹							
1	$\bar{x} \pm s_x$	5,70±0,50	4,13±0,21	6,18±0,51	6,72±0,20	4,80±0,36	5,88±0,21
	$x_{\min}-x_{\max}$	1,25–9,99	0,00–5,49	1,72–10,48	2,05–8,18	0,93–8,52	0,00–6,04
	V %	4,78	0,85	4,76	0,69	2,69	1,14

2 lentelės tęsinys

Table 2 continued

1	2	3	4	5	6	7	8
3	$\bar{x} \pm s_x$	4,70±0,31	3,06±0,14	5,04±0,32	6,12±0,19	4,70±0,40	4,97±0,22
	$x_{\min}-x_{\max}$	2,05–7,31	1,25–4,17	2,75–7,58	3,75–8,23	0,82–7,59	0,00–6,30
	V %	1,83	0,39	1,88	0,61	3,80	0,82
6	$\bar{x} \pm s_x$	3,52±0,28	2,32±0,21	4,22±0,26	5,06±0,28	3,31±0,35	4,51±0,38
	$x_{\min}-x_{\max}$	1,82–5,81	0,41–3,66	1,86–6,13	2,49–7,80	0,85–5,87	0,01–6,72
	V %	1,79	0,83	1,27	1,55	2,07	2,75
12	$\bar{x} \pm s_x$	2,17±0,24	1,56±0,24	3,47±0,21	4,66±0,34	3,55±0,29	3,72±0,45
	$x_{\min}-x_{\max}$	1,34–4,56	0,11–3,22	1,57–5,17	1,17–7,23	1,26–5,47	0,00–6,38
	V %	1,91	1,15	0,85	2,16	1,38	3,75

Analizuojant 1987–2006 m. duomenis pastebėta, kad nitratų kiekiui potvynio vandenyje turėjo įtakos nuo užliejimo pradžios praėjus laikas, nitratų kiekis įtekančiame vandenyje ir vietovės dirvožemis, nuo kurio imti vandens ėminiai.

Tiriant nuo potvynio pradžios praėjusio laiko įtaką nitratų kiekiui vandenyje matyti, kad tyrimų laikotarpiu ši įtaka buvo akivaizdi. Kiek labiau nitratų vandenyje sumažėjo potvynio pradžioje. Nitratų kiekis trečią potvynio parą sumažėjo 25 %, šeštą – 15 %, o dvyliktą – 13 %, palyginti su pirma potvynio para.

Atskirai analizuojant nitratų kiekį įtekančiame ir ištekančiame iš lankų potvynio vandenyje tyrimo laikotarpiu matyti, kad nitratų greičiau mažėjo įtekančiame į lankas vandenyje: įtekančiame vandenyje nitratų kiekis trečią potvynio parą sudarė 67 %, šeštą – 53 % ir dvyliktą – 42 %, o ištekančiame vandenyje – atitinkamai 88, 71 ir 56 %, palyginti su pirma potvynio para.

Analizuojant atskiras žemaslėnio vietas matyti, kad potvynio metu nitratams Nemuno vanduo buvo užterštas labiau nei Minijos. Nitratų kiekis pirmą potvynio parą Nemuno vandenyje sudarė vidutiniškai 4,27 mg kg⁻¹, o Minijos vandenyje – tik 3,32 mg kg⁻¹, t. y. 22 % mažiau. Potvyniui tęsiantis šis skirtumas mažėjo ir dvyliktą parą nitratų kiekis potvynio vandenyje Nemuno ir Minijos upėse susilygino.

Palyginus nitratų kiekį įvairių tyrimo ruožų Nemuno vandenyje matyti, kad vandeniui tekant žemyn jų mažėjo. Palyginus ištekančio iš lankų vandens kokybę matyti, kad labiau užterštas buvo ištekėjęs iš Nemuno ir pratekėjęs per lankas potvynio vanduo nei iš Minijos: Kuršių marias pasiekusiam Nemuno potvynio vandenyje buvo vidutiniškai apie 2,34 mg kg⁻¹ nitratų, o Minijos – tik 2,09 mg kg⁻¹.

Amonis. Analizuojant amonio kiekį potvynio vandenyje galima teigti, kad amonio kiekio kaita vandenyje buvo analogiška nitratams, tik jų kiekis, palyginti su nitratų kiekiu, sudarė apie 25 %. Taip pat potvynio metu amonio kiekis vandenyje mažėjo sparčiau nei nitratų, bet tendencija išliko ta pati. Be to, ištekančiame iš lankų vandenyje amonio mažėjo sparčiau nei nitratų, nes jį absorbavo dirvožemis.

Nitritai. Analizuojant nitritų kiekį potvynio vandenyje galima teigti, kad jis buvo labai mažas – 0,017–0,028 mg kg⁻¹, palyginti su kitų tirtų azoto junginių kiekiu, o

jo kaita potvynio metu buvo nereikšminga. Nedidelis ir jo kiekio skirtumas tarp vandens šaltinių bei vandens ėmimo vietų.

Mineralinis azotas. Kadangi įvairių azoto junginių kaita potvynio metu buvo panaši, ir jų sumos (mineralinio azoto) kaita buvo analogiška tam tikro azoto junginio kaitai.

Organinis azotas. Tiriant nuo potvynio pradžios praėjusio laiko įtaką organinio azoto kiekiui vandenyje matyti, kad tyrimų laikotarpiu ši įtaka taip pat buvo akivaizdi. Kiek labiau organinio azoto vandenyje sumažėjo potvynio pradžioje. Organinio azoto trečią potvynio parą buvo 84 %, šeštą – 76 %, o dvyliktą – 57 %, palyginti su pirmą potvynio para.

Atskirai analizuojant organinio azoto kiekį įtekančiame ir ištekančiame iš lankų potvynio vandenyje tyrimų laikotarpiu matyti, kad organinio azoto sparčiau mažėjo įtekančiame į lankas vandenyje: įtekančiame vandenyje nitratų kiekis trečią potvynio parą sudarė 83 %, šeštą – 66 % ir dvyliktą – 55 %, o ištekančiame vandenyje – atitinkamai 85, 74 ir 59 %, palyginti su pirmą potvynio para.

Analizuojant atskiras žemaslėnio vietas matyti, kad potvynio metu organiniu azotu Nemuno vanduo buvo užterštas labiau nei Minijos. Organinio azoto kiekis pirmą potvynio parą Nemuno vandenyje sudarė vidutiniškai $5,94 \text{ mg kg}^{-1}$, o Minijos vandenyje – tik $4,80 \text{ mg kg}^{-1}$, t. y. 24 % mažiau. Potvyniui tęsiantis šis skirtumas mažėjo ir dvyliktą parą organinio azoto kiekis Nemuno vandenyje buvo mažesnis nei Minijos vandenyje.

Organinio azoto kaita buvo ne visai panaši į mineralinio azoto kaitą. Ypač skyrėsi ištekančio ir įtekančio į lankas vandens organinio bei mineralinio azoto kiekis. Mineralinio azoto buvo daugiau įtekančiame į lankas vandenyje, o organinio azoto – ištekančiame iš lankų vandenyje. Skirtumas tarp įtekėjusio ir ištekėjusio vandens pirmą potvynio parą buvo atitinkamai mineralinio azoto $-1,78 \text{ mg kg}^{-1}$, organinio azoto $+0,02 \text{ mg kg}^{-1}$, trečią parą $-0,78$ ir $+0,08$, šeštą parą $-0,65$ ir $+0,47$, dvyliktą parą $-0,49$ ir $+0,25 \text{ mg kg}^{-1}$.

Azoto junginių kiekio sąsajos su tirtais veiksniais. Siekiant nustatyti įvairių tirtų veiksnių sąsajas tarp bendrojo azoto ir jo junginių kiekio potvynio vandenyje atlikti matematiniai skaičiavimai. Gauti duomenys pateikti 3 lentelėje.

Įvertinus gautus matematinės analizės duomenis matyti, kad potvynio vandenyje esančių azoto ir jo įvairių junginių kiekiui užliejamame slėnyje turėjusius įtakos veiksnius galima suskirstyti į dvi grupes: 1) turėję įtakos veiksniai, 2) neturėję didesnės įtakos veiksniai.

Koreliacijos kriterijais įvertinus azoto junginių įtekančiame ir ištekančiame potvynio vandenyje kiekį nustatyta, kad šios sąsajos labiausiai priklausė nuo azoto junginio: stipriausia koreliacija buvo nitratų ($r = 0,84$) ir amonio ($r = 0,64$), o silpniausia – bendrojo azoto ($r = 0,47$) ir nitritų ($r = 0,41$). Koreliaciniai koeficientai tarp įvairių azoto junginių kiekio buvo silpni ($r > 0,4$), nors tarp kai kurių azoto junginių koreliacinis ryšys buvo stiprus ($r > 0,9$), pvz., tarp bendrojo azoto ir nitratų kiekio potvynio vandenyje vandeniui įtekančiam į lankas ($r = 0,976$).

Iš kitų tirtų veiksnių azoto junginių kiekiui didesnę įtaką turėjo potvynio trukmė, kiek mažesnę – potvynio vandens aukštis bei potvynio pradžia, o kitų tirtų veiksnių įtaka buvo nedidelė.

3 lentelė. Azoto bei jo junginių ir tirtų veiksnių sąsajų koreliacinė matrica ištekančiame ir ištekančiame užliejamų Nemuno žemupio lankų potvynio vandenyje

Table 3. The correlation matrix for the determination of the interrelations between nitrogen and its compounds and the relations with the tested factors in floodwater flowing into/from meadows on the Lower Nemunas meadows

Nemuno žemaslėnis, 1987–2006 m. / The Lower Nemunas, 1987–2006

	Y ₁	X ₁	X ₂	X ₃	X ₄	X ₅	X ₆	X ₇
Y ₁	1,000	0,469	0,469	0,440	0,874	0,742	0,518	0,606
X ₁	0,469	1,000	0,936	0,976	0,340	0,475	0,112	0,200
X ₂	0,469	0,936	1,000	0,837	0,328	0,425	0,130	0,168
X ₃	0,440	0,976	0,837	1,000	0,326	0,476	0,094	0,206
X ₄	0,874	0,340	0,328	0,326	1,000	0,638	0,628	0,716
X ₅	0,742	0,475	0,425	0,476	0,638	1,000	0,573	0,589
X ₆	0,518	0,112	0,130	0,094	0,628	0,573	1,000	0,414
X ₇	0,606	0,200	0,168	0,206	0,716	0,589	0,414	1,000
X ₈	-0,372	0,142	0,085	0,168	-0,559	-0,231	-0,546	-0,503
X ₉	0,121	0,362	0,121	0,362	0,012	0,129	0,057	-0,026
X ₁₀	-0,756	-0,470	-0,756	-0,445	-0,773	-0,607	-0,388	-0,571
X ₁₁	-0,037	0,082	-0,001	0,128	-0,027	0,602	0,264	0,240
X ₁₂	-0,175	-0,184	-0,126	-0,208	-0,030	-0,224	-0,107	-0,044

	X ₈	X ₉	X ₁₀	X ₁₁	X ₁₂	Galiojimo ribos / Limits of validity	
						Min	Max
Y ₁	-0,372	0,121	-0,756	-0,037	-0,175	0,97	19,70
X ₁	0,142	0,362	-0,470	0,082	-0,184	2,49	31,39
X ₂	0,085	0,324	-0,462	-0,001	-0,126	0,12	8,09
X ₃	0,168	0,362	-0,445	0,128	-0,208	0,23	4,90
X ₄	-0,559	0,012	-0,773	-0,027	-0,030	0,01	1,75
X ₅	-0,231	0,129	-0,607	0,602	-0,224	0,02	0,70
X ₆	-0,546	0,057	-0,388	0,264	-0,107	0,02	0,03
X ₇	-0,503	-0,026	-0,571	0,240	-0,044	0,01	0,03
X ₈	1,000	0,034	-0,004	-0,020	0,007	110	261
X ₉	0,034	1,000	0,001	0,055	-0,566	1	100
X ₁₀	-0,004	0,001	1,000	0,014	0,008	1	12
X ₁₁	-0,020	0,055	0,014	1,000	-0,134	9	31
X ₁₂	0,007	-0,566	0,008	-0,134	1,000	55	100

Pastaba: Y₁ – bendras azoto kiekis potvynio vandenyje jam ištekant iš lankų, X₁ – bendras azoto kiekis potvynio vandenyje jam ištekančiame į lankas, X₂ – N-NO₃ kiekis ištekant, X₃ – N-NO₃ kiekis ištekančiame į lankas, X₄ – N-NH₄ kiekis ištekant, X₅ – N-NH₄ kiekis ištekančiame į lankas, X₆ – N-NO₂ kiekis ištekant, X₇ – N-NO₂ kiekis ištekančiame į lankas, X₈ – potvynio vandens aukštis cm, X₉ – potvynio pradžia (skaičiuojant nuo sausio 1 d.), X₁₀ – potvynio trukmė nuo potvynio pradžios paromis, X₁₁ – atstumas tarp potvynio vandens ištekančio ir ištekančio iš lankų km, X₁₂ – praėjusiais metais nupjautų lankų plotas %. Porų skaičius – 216. Esminio koeficiento riba – 0,1236. Lentelėje esminiai koeficientai pateikti paryškinti.

Note: Y₁ – total amount of nitrogen in floodwater flowing from meadows, X₁ – total amount of nitrogen in floodwater flowing into meadows, X₂ – amount of N-NO₃ flowing from meadows, X₃ – amount of N-NO₃ flowing into meadows, X₄ – amount of N-NH₄ flowing from meadows, X₅ – amount of N-NH₄ flowing into meadows, X₆ – amount of N-NO₂ flowing from meadows, X₇ – amount of N-NO₂ flowing into meadows, X₈ – height of freshet water, X₉ – beginning of flooding (from January 1st), X₁₀ – duration of flooding-days from the beginning of flooding, X₁₁ – distance between floodwater flowing into and out of meadows in km, X₁₂ – the area of meadows cut the year before %. The limit of statistically significant coefficient – 0.1236. Statistically significant coefficients are presented in bold in the table.

Išsiaiškinus veiksnius, kurie potvynio metu daro didžiausią įtaką azoto junginių kiekiui, buvo nustatytos įvairių azoto junginių potvynio vandenyje sąsajos su potvynio trukme. Matematinei analizei tinkami tyrimų duomenys gauti tik pirmųjų dvylikos dienų nuo potvynio pradžios, t. y. kai vanduo pakyla aukščiau už apsauginius pylimus ir pradeda užlieti lankas, nes šiame straipsnyje ir nagrinėjama lankų įtaka potvynio vandens taršai azoto junginiais. Esant nedideliems potvyniams vandens persilieėjimas per pylimus visame žemaslėnyje vyko ne ilgiau kaip 12 parų (tik 2001 m. jis truko šešias paras).

Azoto junginių kiekio potvynio vandenyje priklausomumo nuo potvynio (persilieėjimo per pylimą) trukmės tyrimų duomenų koreliacinė analizė pateikta 4 lentelėje. Joje pateikiami viso tyrimų laikotarpio duomenys, neišskiriant pagal lankų naudojimo intensyvumą.

Pagal lankų naudojimo intensyvumą gauti panašūs abiejų periodų koreliaciniai ryšiai tarp priemaišų kiekio ir potvynio trukmės, todėl tolesnei analizei pateikti viso tyrimų laikotarpio duomenys.

Bendrojo azoto ir jo junginių kiekiui potvynio vandenyje didelę įtaką turėjo potvynio trukmė (3 lentelė). Analizuojant skaičiavimo duomenis nustatyta, kad azoto bei jo junginių kiekio vandenyje priklausomumą nuo potvynio trukmės tinkamiausia išreikšti antrojo laipsnio lygtimi. Potvynio metu azoto ir jo junginių kiekio priklausomumas nuo potvynio trukmės yra silpnas ($\eta > 0,39$), bet esminis, nes faktinis patikimumo rodiklis t didesnis už 95 % garantijos teorinį, kuris prilygsta 2,2. Šios koreliacijos yra atvirkštinės, tai rodo lygties koeficientai, t. y. potvynio pradžioje vandenyje azoto junginių buvo daugiau, o po kurio laiko jų sumažėjo. Be to, vertinant priklausomumo nuo potvynio trukmės atžvilgiu koreliacijos santykiai rodo, kad tarp tirtų azoto junginių yra didelis kiekio skirtumas. Stipriausias ryšys buvo tarp potvynio trukmės ir amonio jonų, silpnusias tarp bendrojo azoto kiekio ir silpniausias koreliacinis ryšys gautas tarp nitritų kiekio potvynio vandenyje ir potvynio trukmės.

Vėliau buvo analizuojami statistinės analizės duomenys, gauti nustačius priklausomumą tarp potvynio vandens aukščio ir įvairių azoto junginių kiekio potvynio vandenyje. Šių skaičiavimų duomenys pateikti 5 lentelėje.

Tolesnei statistinei analizei buvo parinkti duomenys, atspindintys įtekančio į lankas vandens azoto junginių sąsajas su ištekančio iš lankų vandens tokio pat azoto junginių kiekiu. Statistinės analizės duomenys pateikti 6 lentelėje.

Analizuojant skaičiavimo duomenis nustatyta, kad azoto junginių kiekio vandenyje priklausomumą nuo potvynio vandens aukščio tinkamiausia išreikšti antrojo laipsnio lygtimi. Potvynio metu įvairaus azoto junginių kiekio priklausomumas nuo maksimalaus potvynio vandens aukščio yra esminis ($\eta > 0,43$).

Tarp azoto junginių įtekančiame ir ištekančiame vandenyje kiekio yra gana stiprus ryšys, o dvinarės koreliacijos sąsajos iš esmės koreliuoja, nes faktinis patikimumo rodiklis t yra didesnis už 95 % garantijos teorinį. Azoto junginių kiekį ištekančiame iš lankų potvynio vandenyje net 58–90 % lemia jų kiekis įtekančiame vandenyje. Iš tirtų įtekančio ir ištekančio vandens priemaišų kiekio labiausiai koreliuoja nitratų ir nitritų kiekis – ištekančiame iš lankų vandenyje net 90 % šių junginių sudaro įtekančiame vandenyje esantis kiekis. Tai gali būti susieta su nepalankiomis praėjusių metų meteorologinėmis sąlygomis, kai maisto medžiagos nebuvo panaudotos derliui

gauti, o pavasarį su pertekliniu vandeniu nuplautos į vandens telkinius ir atitekėjo į Nemuno žemupį. Silpniau koreliavo bendrojo azoto ir amonio kiekis įtekančiame ir ištekančiame potvynio vandenyje, ypač iš apatinės slėnio dalies.

4 lentelė. Azoto ir jo junginių kiekio (mg kg^{-1}) sąsajos su potvynio trukme (paromis) ištekančiame iš lankų potvynio vandenyje

Table 4. The relationship between the amount of nitrogen and nitrogen compounds (mg kg^{-1}) in floodwater flowing from meadows and flood duration (in days)

Nemuno žemaslėnis / The Lower Nemunas, 1987–2006 m.

Funkcija y Function y	Argumentas x Argument x	r arba η r or η	Lygtis Equation
N_b	t	0,698**	$N_b = 18,2123 t^{-0,37375}$
N-NO ₃	t	0,458**	$N\text{-NO}_3 = 2,5904 t^{-0,24505}$
N-NH ₄	t	0,907**	$N\text{-NH}_4 = 0,5532 t^{-0,50749}$
N-NO ₂	t	0,395**	$N\text{-NO}_2 = 0,0238 t^{-0,06938}$

Pastaba. N_b – bendrojo azoto kiekis mg kg^{-1} , N-NO₃ – nitratų kiekis mg kg^{-1} , N-NH₄ – amonio kiekis mg kg^{-1} , N-NO₂ – nitritų kiekis mg kg^{-1} . Porų skaičius n = 216, * ir ** – tikimybės lygmuo atitinkamai 0,05 ir 0,01. Potvynio trukmės riba (t): 1–12 parų.

Note. N_b – amount of total nitrogen mg kg^{-1} , N-NO₃ – amount of nitrates mg kg^{-1} , N-NH₄ – amount of ammonium mg kg^{-1} , N-NO₂ – amount of nitrites mg kg^{-1} . Number of pairs n = 216, * and ** probability levels at 0.05 and 0.01, respectively. The limit of duration of the flooding (t): 1–12 days.

Lygties koeficientai rodo, kad azoto junginių būna daugiau esant didesniems potvyniams, o esant nedideliame potvynio vandens aukščiui vanduo būna švaresnis. Be to, skaičiavimo duomenys rodo, kad stipresnis koreliacinis ryšys yra tarp potvynio vandens aukščio ir vandenyje esančio amonio kiekio, mažiau stiprus – tarp vandens aukščio ir bendrojo azoto bei nitratų kiekio.

5 lentelė. Didžiausio vandens aukščio (cm) įtaka azoto ir jo junginių kiekiui (mg kg^{-1}) ištekančiame iš lankų potvynio vandenyje

Table 5. The influence of maximal height of floodwater (cm) on the amount of nitrogen and nitrogen compounds (mg kg^{-1}) in floodwater flowing from meadows

Nemuno žemaslėnis / The Lower Nemunas, 1987–2006

Funkcija y Function y	Argumentas x Argument x	r arba η r or η	Lygtis Equation
N_b	H	0,437**	$N_b = 349,32838 H^{-0,6679}$
N-NO ₃	H	0,278*	$N\text{-NO}_3 = 1,69093 e^{0,00053H}$
N-NH ₄	H	0,736**	$N\text{-NH}_4 = 108,78442 H^{-1,15241}$
N-NO ₂	H	0,523**	$N\text{-NO}_2 = 0,01514 + 1,16223 H^{-1}$

Paaiškinimai po 4 lentele / Explanations under Table 4

6 lentelė. Įtekančio į lankas potvynio vandens (x) azoto ir jo junginių kiekio sąsajos su ištekančio iš lankų potvynio vandens (y) azoto ir jo junginių kiekiu (mg kg⁻¹)

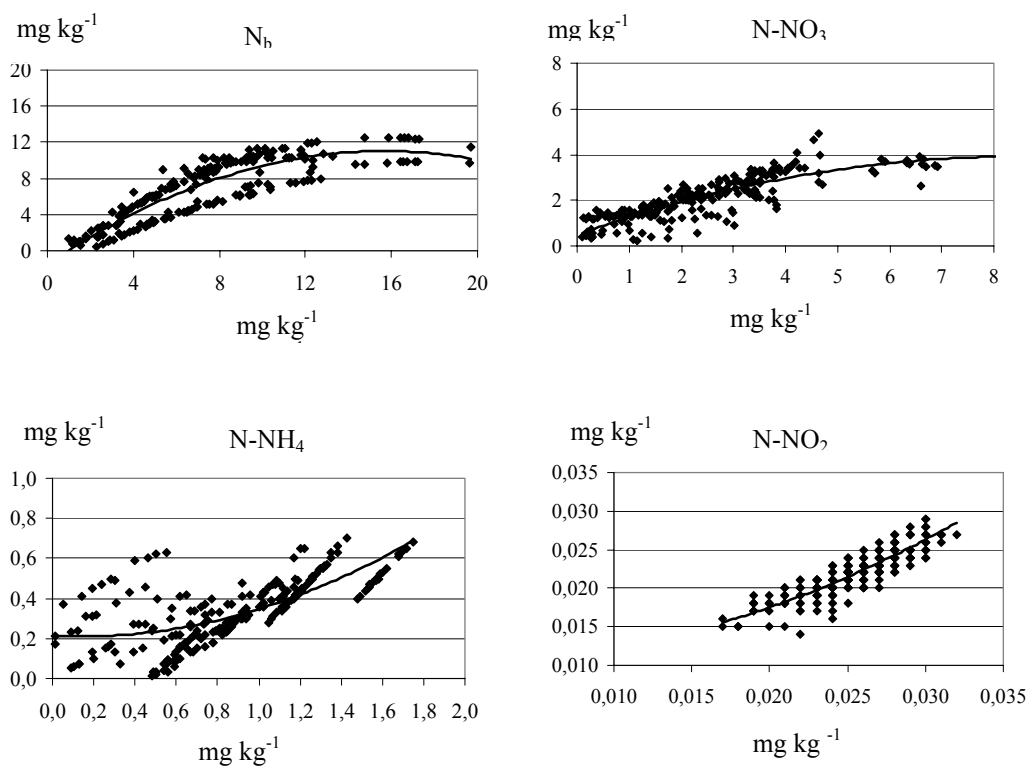
Table 6. The relationship between the amount of nitrogen and nitrogen compounds (mg kg⁻¹) in floodwater flowing into meadows (x) and the amount of nitrogen and nitrogen compounds in floodwater flowing from meadows (y)

Nemuno žemaslėnis / The Lower Nemunas, 1987–2006 m.

Funkcija y <i>Function y</i>	Argumentas x <i>Argument x</i>	r arba η <i>r or η</i>	Lygtis <i>Equation</i>
I Rambynas–Plaškiai			
N _b	N _b	0,980**	$N_b = -0,0261(N_b)^2 + 1,118(N_b) - 1,6862$
N-NO ₃	N-NO ₃	0,854**	$N-NO_3 = -0,0216(N-NO_3)^2 + 0,6426(N-NO_3) + 0,3873$
N-NH ₄	N-NH ₄	0,942**	$N-NH_4 = 0,4131 \text{Ln}(N-NH_4) + 0,345$
N-NO ₂	N-NO ₂	0,856**	$N-NO_2 = 23,57(N-NO_2)^2 - 0,4(N-NO_2) + 0,017$
II Šilaininkai–Aukštumalė			
N _b	N _b	0,991**	$N_b = -0,0534(N_b)^2 + 1,6932(N_b) - 1,0416$
N-NO ₃	N-NO ₃	0,958**	$N-NO_3 = -0,0346(N-NO_3)^2 + 0,6591(N-NO_3) + 0,9173$
N-NH ₄	N-NH ₄	0,978**	$N-NH_4 = 0,5341 \text{Ln}(N-NH_4) + 0,3601$
N-NO ₂	N-NO ₂	0,878**	$N-NO_2 = 25,658(N-NO_2)^2 - 0,4394(N-NO_2) + 0,0166$
III Lankupiai–Klumbiai			
N _b	N _b	0,980**	$N_b = -0,1002(N_b)^2 + 2,2737(N_b) - 2,2469$
N-NO ₃	N-NO ₃	0,915**	$N-NO_3 = 1,2964(N-NO_3)^{0,6304}$
N-NH ₄	N-NH ₄	0,656**	$N-NH_4 = 0,1435(N-NH_4)^2 + 0,1106(N-NH_4) + 0,2225$
N-NO ₂	N-NO ₂	0,872**	$N-NO_2 = 19,517(N-NO_2)^2 - 0,0789(N-NO_2) + 0,0108$
Vidutiniškai Nemuno žemupyje / on average in the lower reaches of the Nemunas			
N _b	N _b	0,879**	$N_b = -0,0511(N_b)^2 + 1,6008(N_b) - 1,5037$
N-NO ₃	N-NO ₃	0,858**	$N-NO_3 = -0,0473(N-NO_3)^2 + 0,8042(N-NO_3) + 0,4998$
N-NH ₄	N-NH ₄	0,670**	$N-NH_4 = 0,1859(N-NH_4)^2 - 0,053(N-NH_4) + 0,214$
N-NO ₂	N-NO ₂	0,880**	$N-NO_2 = 18,165(N-NO_2)^2 - 0,0294(N-NO_2) + 0,0108$

Paiškinimai po 4 lentelę / Explanations under Table 4

Apibendrinti 6 lentelės duomenys pateikti 3 paveiksle, kuriame sutartiniais ženklais pažymėtas 1987–2006 m. tyrimų faktinis vidutinis azoto junginių kiekis įvairiose žemaslėnio tyrimo vietovėse, taip pat nubrėžtos matematiškai apskaičiuotos kreivės.



3 paveikslas. Įtekančio į lankas potvynio vandens (x) azoto ir jo junginių kiekio sąsajos su ištekančio iš lankų potvynio vandens (y) azoto ir jo junginių kiekiu (mg kg^{-1})

Figure 3. The relationship between the amount of nitrogen and nitrogen compounds (mg kg^{-1}) in floodwater flowing into meadows (x) and the amount of nitrogen and nitrogen compounds in floodwater flowing from meadows (y)

Pastaba: (♦) – 1987–2006 m. faktiniai duomenys.

Note: (♦) – actual data from 1987–2006.

Išvados

Nemuno žemupyje atlikus daugiakriterinius bandymus galima teigti:

1. Azoto junginių kiekis įtekančiame ir ištekančiame potvynio vandenyje priklausė nuo potvynio trukmės bei vietovės dirvožemio, nuo kurio imti vandens ėminiai.

2. Azoto junginių buvo daugiausia pirmą potvynio parą, o trečią, šestą ir dvyliktą parą jų laipsniškai mažėjo.

3. Potvynio metu azoto junginių Nemuno vandenyje buvo daugiau nei Minijos, pvz., pirmą potvynio parą bendrojo azoto Nemuno vandenyje buvo vidutiniškai $11,66 \text{ mg kg}^{-1}$, o Minijos – $9,01 \text{ mg kg}^{-1}$, t. y. 23 % mažiau.

4. Bendrojo azoto buvo daugiausia pirmą potvynio parą, trečią parą jo sumažėjo 23 %, šeštą – 38 %, o dvyliktą parą – 57 %, palyginti su bendrojo azoto kiekiu potvynio vandenyje pirmą potvynio parą.

5. Potvynio vandenyje daugiausia buvo nitratų – 3,3–1,6 mg kg⁻¹, amonio – 0,87–0,33, nitritų – 0,026–0,020 mg kg⁻¹.

6. Nitratų potvynio metu Nemuno vandenyje buvo daugiau nei Minijos. Pirmą potvynio parą Nemuno vandenyje jų buvo 4,27 mg kg⁻¹, o Minijos – tik 3,32 mg kg⁻¹, t. y. 22 % mažiau. Dvyliktą potvynio parą nitratų kiekis Nemuno ir Minijos upių vandenyje susilygino.

7. Palyginus įtekančio į lankas ir iš jų ištekančio vandens kokybę nustatyta, kad ištekėjęs vanduo buvo mažiau užterštas mineraliniais azoto junginiais: nitratų įtekančiame į lankas potvynio vandenyje buvo 2,58 mg kg⁻¹, o ištekančiame – 2,13 mg kg⁻¹, amonio atitinkamai 0,88 bei 0,33 mg kg⁻¹, ir nitritų – 0,025 bei 0,022 mg kg⁻¹.

8. Potvynio vandeniui tekant per lankas bendrojo azoto kiekis padidėjo nuo 8,95 mg kg⁻¹ įtekant iki 10,77 mg kg⁻¹ ištekant; tai rodo, kad tekantis per lankas potvynio vanduo buvo teršiamas organinėmis medžiagomis.

9. Sąsajų koreliaciniai koeficientai atskleidžia, kad sąsajos tarp vienaarūšių azoto junginių įtekančiame arba ištekančiame potvynio vandenyje priklausė nuo azoto junginio: stipriausia buvo nitratų ($r = 0,84$) ir amonio ($r = 0,64$) koreliacija, o silpniausia – bendrojo azoto ($r = 0,47$) ir nitritų ($r = 0,41$). Koreliaciniai koeficientai tarp įvairių azoto junginių buvo silpni ($r > 0,4$).

Gauta 2008-01-24

Pasirašyta spaudai 2008-10-24

LITERATŪRA

1. Adams W. A., Evans G. M. Input/export relationships of major ions in west Wales catchments // *Agriculture, Ecosystems & Environment*. – 1990, vol. 32, iss. 1–2, p. 13–24

2. Adomaitis T., Mažvila J., Rudzianskaitė A., Šukys P. Maisto medžiagų išplovimas karsto zonos dirvožemiuose // *Žemdirbystė / Zemdirbyste-Agriculture*. – 2002, t. 79, Nr. 3, p. 198–205

3. Auerswald K. Prognose des P-Eintrage durch Bodenerosion in die Oberflächengewässer der BRD // *Pflanzenernährung und Bodenkunde*. – Göttingen, 1989, Bd. 59, Nr. 2, S. 61–64

4. Čiuberkienė D., Ežerinskas V. Agrocheminių rodiklių ir maisto medžiagų migracijos kitimai įvairiai kalkintame ir tręštame dirvožemyje // *Žemdirbystė / Zemdirbyste-Agriculture*. – 2000, t. 71, p. 32–48

5. Ekologijos atlasas. – Vilnius, 2001, p. 186–187

6. Ežerinskas V. Kalkinimo ir tręšimo įtaka augalų maisto medžiagų išplovimui // *Žemdirbystė: mokslo darbai / LŽI, LŽŪU*. – 1995, t. 50, p. 32–40

7. Gaigalis K., Račkauskaitė A. Azoto ir fosforo išplovimo ekosistemose ypatumai // *Vandens ūkio inžinerija: mokslo darbai / LŽŪU*. – 2001, t. 16, Nr. 38, p. 39–46

8. Gužys S., Petrokienė Z. Įvairaus intensyvumo sėjomainų įtaka augalų maisto medžiagų migracijai Vidurio Lietuvoje // *Žemdirbystė / Zemdirbyste-Agriculture*. – 2003, t. 81, Nr. 1, p. 14–23

9. Juškauskas J. Azoto junginių koncentracijų dinamika pievų drenažo nuotėkyje // *Žemės ūkio mokslai*. – Vilnius, 1998, Nr. 2, p. 73–79

10. Katutis K. Nemuno žemupio salpžemių ir potvynio sąnašų savybių ryšys // *Žemdirbystė / Zemdirbyste-Agriculture*. – 2002, t. 80, Nr. 4, p. 3–22
11. Katutis K. Potvynio vandens cheminės sudėties pasikeitimas Nemuno žemupyje pratekėjus jam per pievas // *Žemdirbystė: mokslo darbai / LŽI, LŽŪU*. – 1996, t. 54, p. 63–72
12. Lotman A. Management of coastal habitats and grasslands / Background paper. – Matsalu, 2004. Internetė: <http://www.bef.lv/data/file/BP_coastal-grass.pdf>
13. Mažvila J., Vaišvila Z., Radžiūnas V. Ilgalaikio tręšimo mineralinėmis trąšomis įtaka derliui, dirvožemio agrocheminėms savybėms, maisto medžiagų išplovimui // *Antropogeninių veiksnių įtaka dirvožemio derlingumui*. – Vilnius, 1992, p. 52–57
14. Nilsson S. International river basins in the Baltic Sea Region / Royal Institute of Technology (KTH), Department of Land and Water Resources Engineering (susanna@kth.se). – 2006. Internetė: <<http://www.gkss.de/baltex/material/downloads/riverbasins.pdf>>
15. Sharples A. N., Smith S. I. Prediction of soluble phosphorus transport in agricultural runoff // *Journal Environment Quality*. – 1989, No. 18 (3), p. 313–331
16. Šileika A. S. Agriculture nitrogen impact on water quality in Lithuanian rivers // *Žemės ūkio mokslai*. – 1996, Nr. 2, p. 102–110
17. Šileika A. S. Žemės ūkio taršos modeliavimas Rusnės ir Vorusnės polderiuose išsklidusios žemės ūkio taršos modelių // *Žemės ūkio mokslai*. – 1998, Nr. 2, p. 66–72
18. Taminskas J. Sausumos vandenų tyrimai. Bendro fosforo ir azoto kiekio kaita Lietuvos ežeruose // *Geografijos metraštis*. – Vilnius, 2001, t. 34, Nr. 1, p. 31–41
19. Tarakanovas P. Nauja kompiuterinės programos versija bandymo duomenų apdorojimo dispersinės analizės metodu // *Žemdirbystė / Zemdirbyste-Agriculture*. – 1997, t. 60, p. 197–213
20. Tarakanovas P., Raudonius S. Agronominių tyrimų duomenų statistinė analizė taikant kompiuterines programas ANOVA, STAT, SPLIT-PLOT iš paketo SELEKCIJA ir IRRISTAT. – Akademija (Kėdainių r.), 2003. – 57 p.
21. Turner B. L., Haygarth P. M. Phosphorus leaching under cut grassland // *Water Science and Technology*. – 1999, vol. 39, iss. 12, p. 63–67
22. Vaikasas S., Gipiškis V., Katutis K. Nemuno deltos aliuvinių dirvožemių susidarymas nusėdant suspenduotiems nešmenims // *Lietuvos klimato ir dirvožemio potencialo racionalaus naudojimo perspektyvos: mokslinės konferencijos pranešimai*. – Akademija (Kėdainių r.), 1997, p. 75–81
23. Vaikasas S., Rimkus A. Potvynio daromos Nemuno deltoje žalos ir naudos vertinimas // *Vandens ūkio inžinerija: mokslo darbai / LŽŪU*. – 2000, t. 9, Nr. 31, p. 76–84
24. Балзарявичене Я. Выщелачивание K_2O и P_2O_5 дренажным стоком на пастбищах, орошаемых дождеванием // *Вопросы орошения сельскохозяйственных культур на осушаемых землях*. – Вильнюс, 1988, с. 42–48

THE VARIATION OF THE AMOUNT OF THE TOTAL NITROGEN IN THE WATER IN THE LOWER NEMUNAS DURING FLOODING

K. Katutis

Summary

The present paper provides a summary of the experimental data generated during the period 1987–2006. The tests were conducted in the meadows of the Lower Nemunas and were designed to measure the amounts of nitrogen and its compounds in flood water flowing into and out of the meadows.

On the first day of flooding, in the water of the river Nemunas the total nitrogen content made up 11.66 mg kg^{-1} , and in the water of the river Miniija it amounted to 9.01 mg kg^{-1} , i.e. it was by 23% lower.

During the experimental period, the effect of the time from the beginning of flooding on flood water quality was obvious. On the third day of flooding, the amount of the total nitrogen declined by 23%, on the sixth day the remaining total nitrogen amounted to 38%, and on the twelfth day 57% compared with the amount of the total nitrogen in flood water on the first day of flooding.

Of the total nitrogen compounds in flood water, nitrate concentration was the highest 1.6–3.3, ammonium made up 0.33–0.87, and nitrites amounted to $0.020\text{--}0.026 \text{ mg kg}^{-1}$.

The correlation coefficients revealed that the relationship between homogeneous nitrogen compounds in the incoming or outgoing floodwater depended on the nitrogen compound: the strongest correlation was with nitrates ($r = 0.84$) and ammonium ($r = 0.64$), while the weakest correlation was with total nitrogen ($r = 0.47$) and nitrates ($r = 0.41$). The correlation coefficients between various nitrogen compounds were weak ($r > 0,4$).

Key words: flooding, total nitrogen, nitrates, ammonium, nitrites, the Lower Nemunas.