

Biogeninių medžiagų koncentracijų kitimo tyrimai Kulpės upėje

Karolis Mikelinskas

Šiaulių valstybinė kolegija, Aplinkos apsaugos studijų programos absolventas

Šiaulių valstybinė kolegija / Higher Education Institution, Lithuania; Graduate of the Environmental Protection study program

Violeta Petraškienė

Šiaulių valstybinė kolegija, Inžinerijos mokslų katedros lektorė

Šiaulių valstybinė kolegija / Higher Education Institution, Lithuania; Lecturer at the Department of Engineering Sciences

v.petraskiene@svako.lt

Anotacija

Straipsnio tikslas – apibūdinti biogeninių medžiagų koncentracijos kitimą Kulpės upėje. Straipsnio teorinėje dalyje apžvelgtas Lietuvos paviršinių vandenų suskirstymas į upių baseinų rajonus, aprašyta jų ekologinė būklė. Apibendrinta pagrindinių antropogeninių taršos grupių daroma žala paviršiniams vandenims, prevencinės taršos mažinimo priemonės, išnagrinėta paviršinio vandens tyrimo metodika.

Kulpės upės mėginiai paimti du kartus – 2023-04-03 ir 2023-04-25, siekiant nustatyti medžiagų koncentracijų kitimą. Mėginių ėmimo vietos parinktos pagal geografinį upės išsidėstymą, aplinkinius objektus ir upės tekėjimą. Analizuojant upės vandens rodiklius buvo tiriami šie rodikliai: nitratai ($\text{NO}_3\text{-N}$, mg/l N), amonio azotas ($\text{NH}_4\text{-N}$, mg/l N), bendras azotas (N_b , mg/l), fosfatinis fosforas ($\text{PO}_4\text{-P}$, mg/l P), bendras fosforas (P_b , mg/l). Pagal tirtas biogenines medžiagas blogiausi rezultatai gauti šiaurinėje Šiaulių miesto dalyje. Amonio azoto koncentracijos lygis siekė blogą ekologinę būklę upės ištakose bei centrinėje miesto dalyje.

Reikšminiai žodžiai: biogeninės medžiagos, antropogeninė tarša, paviršiniai vandenys, Kulpės upė.

Evaluation of Biogenic substances concentrations in Kulpė river

Summary

The objective of the article is to determine the variation in the concentration of biogenic substances in the Kulpė river. The theoretical part of this article reviews the division of Lithuanian surface waters into river basin districts and their ecological status. The damage caused to surface waters by the main groups of anthropogenic pollution, as well as preventive pollution reduction measures, is summarised, and the methodology of the study of the surface water is analysed.

The samples of the Kulpė River were taken twice on 04/03/2023 and 04/25/2023 in order to determine the change in substances concentration. Sampling sites were selected based on the geographical location of the river, surrounding objects and river flow. During the study of river waters, the following indicators were determined: nitrates ($\text{NO}_3\text{-N}$, mg/l N), ammonium nitrogen ($\text{NH}_4\text{-N}$, mg/l N), total nitrogen (N_b , mg/l), phosphate phosphorus ($\text{PO}_4\text{-P}$, mg/l P), total phosphorus (P_b , mg/l). According to the studied biogenic substances, the worst results were obtained in the northern part of the city of Šiauliai. The concentration level of the ammonium nitrogen reached a bad ecological status in the river sources and the central part of the city.

Keywords: biogenic substances, anthropogenic pollution, surface water, Kulpė river.

Įvadas

Temos aktualumas. Antropogeninė veikla yra pagrindinis biotinės aplinkos taršos šaltinis. Įvairūs ūkio objektai, pramonės rajonai, individualūs ūkiai ar mobilūs taršos šaltiniai į aplinką išskiria įvairias medžiagas, kurios sutrikdo natūralią aplinkos pusiausvyrą. Azotas, fosforas ir jų junginiai tiesiogiai veikia gamtinę aplinką, skatindami eutrofikacijos procesą, taip sukurdami bioįvairovės pusiausvyros sutrikimą [4], [8]. Upių tarša yra ypatinga, didėjanti pasaulinė problema. Besivystančiose šalyse apie 70 proc. pramoninių ir 80 proc. buitinių atliekų išpilama į upes [11].

Biogeninės medžiagos – tai įvairūs azoto (nitratai, nitritai, amonis, bendras azotas), fosforo (fosfatinis fosforas, bendras fosforas) junginiai ir mikroelementai, sudarantys pirminę grandį organizmų mitybos grandinėje [6].

Tyrimo problema. Augant gyventojų kiekiui žemėje, kartu auga ir pramonės poreikis, dėl to kyla ir antropogeninė tarša. Norint užtikrinti darnios, aplinką tausojančios pramonės vystymą ir kartu išlaikyti paviršinių vandenų kokybę, būtina imtis aplinkos monitoringo. Pramonės augimas stebimas ir Lietuvoje. Pagrindiniai paviršinių vandenų taršos šaltiniai yra pasklidoji ir sutelktoji tarša. Norint tiksliai nustatyti taršos šaltinius, būtina atlikti detalią monitoringą. Nustačius teršiamas teritorijas ir taršos objektus, galima imtis prevencinių priemonių ir ekologiškos plėtros planų.

Kulpė yra upė, sujungianti visus Šiaulių miesto paviršinius vandens telkinius. Norint išlaikyti Šiaulių miesto paviršinių vandenų būklę, tinkamą rekreaciniam naudojimui, privaloma atlikti detalią vandenų stebėjimą.

Tyrimo objektas – biogeninės medžiagos paviršiniuose vandens telkiniuose.

Tyrimo tikslas: ištirti biogeninių medžiagų koncentracijų kitimą Kulpės upėje.

Tyrimo uždaviniai:

1. Apibūdinti paviršinių vandenų būklę Lietuvoje;
2. Įvardinti paviršinių vandenų taršos šaltinius;
3. Išanalizuoti Kulpės upės biogeninių medžiagų koncentracijų kitimo rodiklius upės sektoriuose.

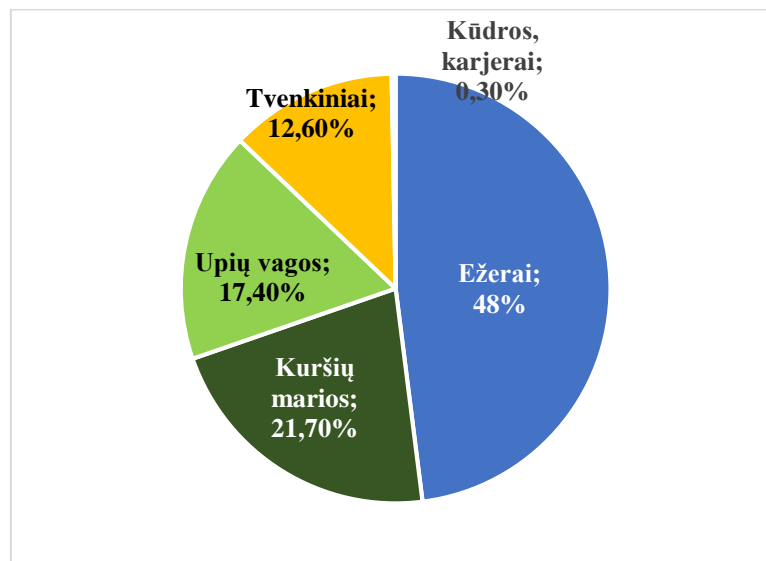
Tyrimo metodai: mokslinės literatūros ir oficialių monitoringo ataskaitų analizė, upės atskirų taškų biogeninių medžiagų kokybinis tyrimas ir tyrimo rezultatų analizė, interpretavimas bei apibendrinimas.

Lietuvos paviršinio vandens būklė ir antropogeniniai taršos šaltiniai

Paviršinio vandens būklė

Lietuvos hidrografinį tinklą sudaro įvairūs upeliai, upės, tvenkiniai, kanalai ir ežerai, kurie yra priskirti Baltijos jūros baseinui. Šis tinklas tenkina įvairių vandens naudotojų poreikius (vandens transportas, rekreacija, geriamasis vanduo, drėkinimas ir pan.).

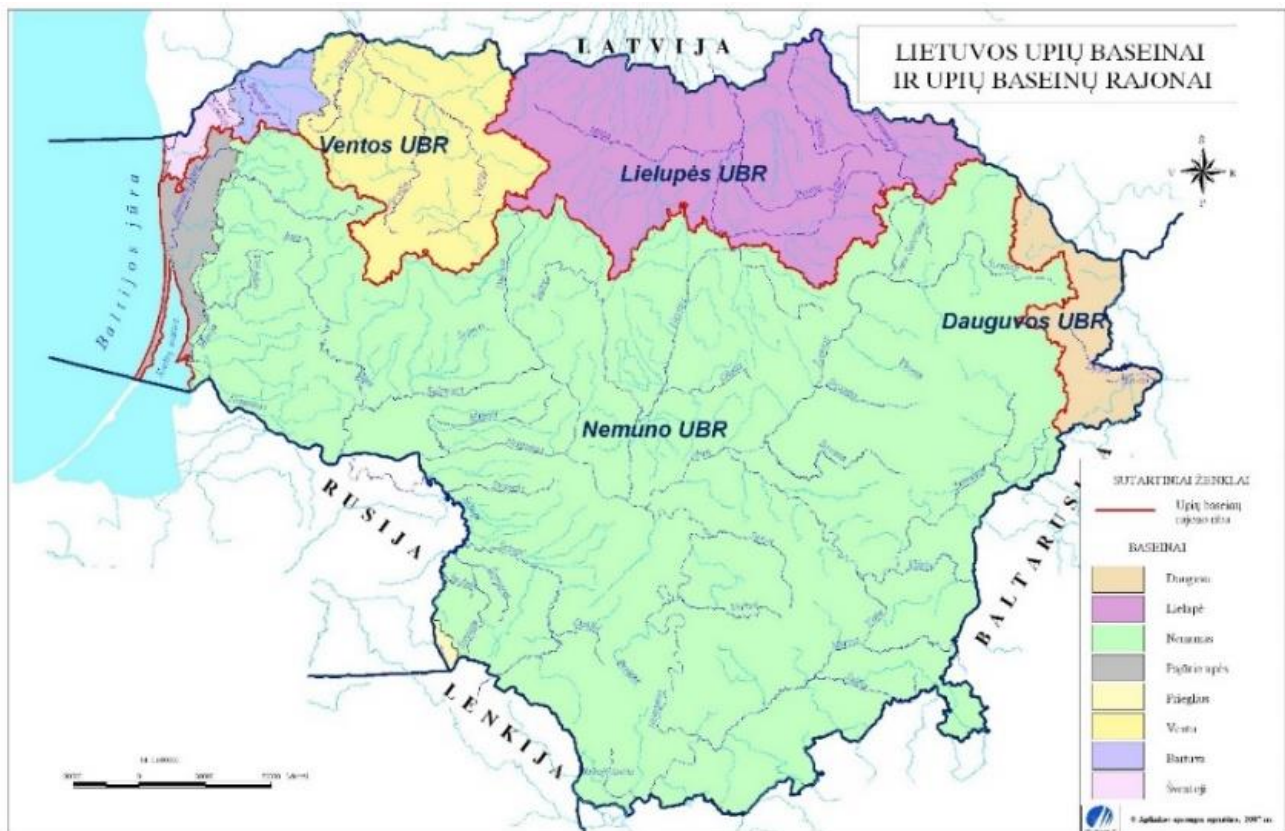
Lietuvos teritorijoje didžiausią dalį paviršinių vandenų teritorijos užima ežerai, net 48 % bendro viso vandens ploto (žr. 1 pav.) [1].



1 pav. Paviršinių vandens telkinių pasiskirstymas pagal tipą [1]

Lietuvoje vandentėkmių, ilgesnių nei 0,25 kilometro, yra apie 30 tūkst. Jų bendras ilgis siekia apie 64 tūkst. kilometrų. Lietuvoje yra 2850 ežerų, didesnių nei 0,5 ha. Bendras visų ežerų plotas siekia 914 km², tai yra 1,5 % Lietuvos teritorijos. Tvenkinių, didesnių nei 0,5 ha, Lietuvos teritorijoje yra 1159, jų bendras plotas siekia 240 km² [16].

Lietuvos Respublikai įstojus į Europos Sąjungą, visi Lietuvos teritorijoje esantys paviršiniai vandens telkiniai buvo suskirstyti į atskirus upių baseinų rajonus (toliau – UBR). Upių baseinų rajonas – tai teritorija, kurios paviršiniai vandenys nuteka į jūrinius vandenis tomis pačiomis upės žiotimis. Valdymo patogumui Lietuvoje yra išskirti 4 UBR: Nemuno, Lielupės, Dauguvos ir Ventos (žr. 2 pav.) [1], [14].



2 pav. Lietuvos teritorijoje esantys UBR [1]

Aplinkos apsaugos agentūros pateikti duomenys rodo (žr. 1 lent.) 2021 m. 177 upių, kurioms atliekamas monitoringas, suskirstymą į ekologines klases pagal biogeninių elementų rodiklius. Geriausi rodikliai pagal pateiktus duomenis yra amonio azoto. Pagal šį rodiklį net 79,3 % visų tirtų upių tinka labai gerai ekologinės būklės klasei. Bendro fosforo rodikliai upėse taip pat labai geri, net 71 % upių tinka labai gerai ekologinės būklės klasei. Fosfatinio fosforo rodiklis taip pat yra aukštas, todėl labai gerai ekologinės būklės klasei priskirta net 68 % visų tirtų upių. Prasčiausi rodikliai nitratų ir bendro azoto, todėl blogai ekologinės būklės klasei priskirta atitinkamai net 35 % ir 34 % visų tirtų upių [15].

1 lentelė

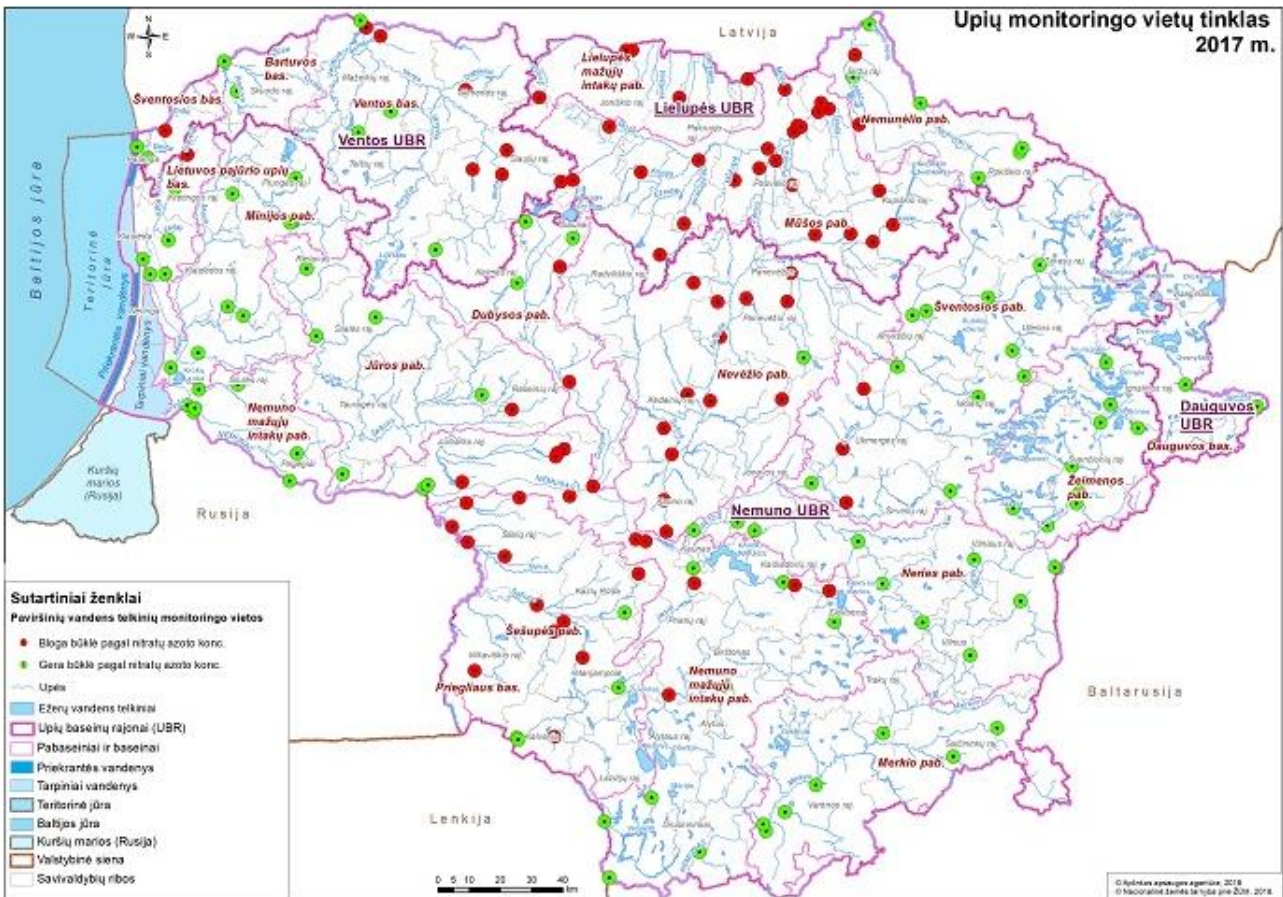
2021 m. Lietuvos upių suskirstymas į ekologinės būklės klases pagal biogeninių elementų rodiklius [15]

Ekologinė būklė	Rodiklis					
		NH ₄ -N	NO ₃ -N	N _b	PO ₄ -P	P _b
Labai gera		79,3 %	25 %	26,9 %	68 %	71 %
Gera		11,6 %	18,3 %	15,2 %	16,2 %	13,3 %
Vidutinė		5,6 %	15,7 %	16,8 %	9,7 %	9,6 %
Bloga		2,5 %	35 %	34 %	3,6 %	3,6 %
Labai bloga		1 %	6 %	7,1 %	2,5 %	2,5 %

Pagal UBR suskirstymą geros ekologinės būklės normų neatitinka ir rizikos vandens telkiniams priskirta net 57 % upių ir 63 % ežerų, esančių Nemuno UBR, 94 % upių bei 95 % ežerų Lielupės UBR, 2 % upių ir 44 % ežerų Dauguvos UBR, 66 % upių ir 90 % ežerų Ventos UBR [11].

Antropogeniniai taršos šaltiniai

Vienas iš pagrindinių aplinką teršiančių veiksnių – žemės ūkis. Lyginant Lietuvoje esančius upių baseinus, kurių teritorijose dominuoja žemės ūkio paskirties plotai, su teritorijomis, apsuptomis miškingais plotais, kuriuose žmogaus ūkinė veikla neišplėtotą, galima pastebėti, kad nitratų azoto koncentracijos yra mažiausiai 3 – 4 kartus didesnės ten, kur žemės ūkio paskirties teritorijos apima UBR (žr. 3 pav.). Žemės ūkio ir gyvulininkystės sukeliama tarša yra priskiriama pasklidusios taršos grupei [5]. Pasklidusios taršos pagrindiniai teršalai yra nitrato ir fosforo junginiai. Įvairios šių medžiagų formos naudojamos žemės ūkyje kaip trąšos ir, esant šių medžiagų pertekliniam naudojimui, įterptos medžiagos liūčių metu yra išplaunamos į paviršinius vandens telkinius, kuriuose tiesiogiai prisideda prie eutrofikacijos proceso didėjimo [3].



3 pav. Lietuvos upių atitikimas gerai arba blogai ekologinės būklės klasei pagal nitratų azotą [2]

Kita ypač didelę įtaką daranti taršos grupė yra sutelktoji tarša. Šios grupės tikslus taršos šaltinius lengva nustatyti dėl sukonzentruotai išleidžiamų teršalų. Kitaip nei pasklidusios, kurios tarša dėl kritulių pasklinda po aplinką ir tikslus teršėjas yra sunkiai nustatomas, sutelktosios taršos objektas yra lengvai nustatomas. Pagrindiniai šios taršos šaltiniai yra įvairūs pramonės rajonai, ūkio objektai, netinkamai valomos buitinės, komunalinės, pramoninės ir paviršinės nuotekos. Taip pat šiai grupei priskirta ir momentinė avarijų, nelaimingų atsitikimų metu pasklidusi tarša. Pagrindiniai šios grupės teršalai: sunkieji metalai, naftos produktai, šarmų ir rūgščių tirpalai bei organinės kilmės medžiagos [7].

Tyrimo metodika

Atliekant Kulpės upės biogeninių medžiagų koncentracijos tyrimą, upės ekologinė būklė yra vertinta pagal fizikinių-cheminių kokybės elementų rodiklių vertes (žr. 2 lent.). Maistinių medžiagų kokybės elementų rodiklių klasės yra suskirstytos į penkias grupes: labai gera, gera, vidutinė, bloga ir labai bloga [10].

2 lentelė

Upių ekologinės būklės klasių kriterijai pagal fizikinius-cheminius kokybės elementų rodiklius [10]

Eil. Nr.	Kokybės elementas	Rodiklis	Upių ekologinės būklės klasių kriterijai pagal fizikinių-cheminių kokybės elementų rodiklių vertes				
			Labai gera	Gera	Vidutinė	Bloga	Labai bloga
1.	Maistingosios medžiagos	NO ₃ -N, mg/l N	<1,30	1,30-2,30	2,31-4,50	4,51-10,00	>10,00
2.		NH ₄ -N, mg/l N	<0,10	0,10-0,20	0,21-0,60	0,61-1,50	>1,50
3.		N _b , mg/l	<2,00	2,00-3,00	3,01-6,00	6,01-12,00	>12,00
4.		PO ₄ -P, mg/l P	<0,050	0,050-0,090	0,091-0,180	0,181-0,400	>0,400
5.		P _b , mg/l	<0,100	0,100-0,140	0,141-0,230	0,231-0,470	>0,470

Bendras azotas (N_b) yra svarbiausias augalų augimą skatinantis makroelementas, kuris įeina į baltymų, esančių augaluose, sudėtį. Per dideli jo kiekiai intensyvina vandens augalų eutrofikacijos procesą, vienos vandens augalų rūšys užgožia kitas. Susidaro didelis augalijos biomasės kiekis, kuris vėliau pūdamas suvartoja ištirpusį deguonį vandenyje [3]. Kitos tiriamos azoto junginių formos yra amonio azotas (NH₄-N) ir nitratai (NO₃-N).

Kaip azotas, taip ir fosforas (P_b) bei jo junginiai, šiuo atveju fosfatinis fosforas (PO₄-P) yra biogeninės medžiagos, skatinančios augalų vystymąsi. Šios medžiagos vandens telkiniuose skatina gausų ciano bakterijų žydėjimą bei dumblių augimą, dėl to atsiranda ištirpusio deguonies trūkumas ir didesnis biomasės irimas, taip pabloginantis bendrą vandens telkinio būklę [4].

Tiriant visus atskirus kokybės elementus buvo vadovaujama matavimo metodais, kurie yra pateikti 3 lentelėje.

3 lentelė

Paviršiniuose vandens telkiniuose matuojami parametrai, matavimo metodai, procedūros [13]

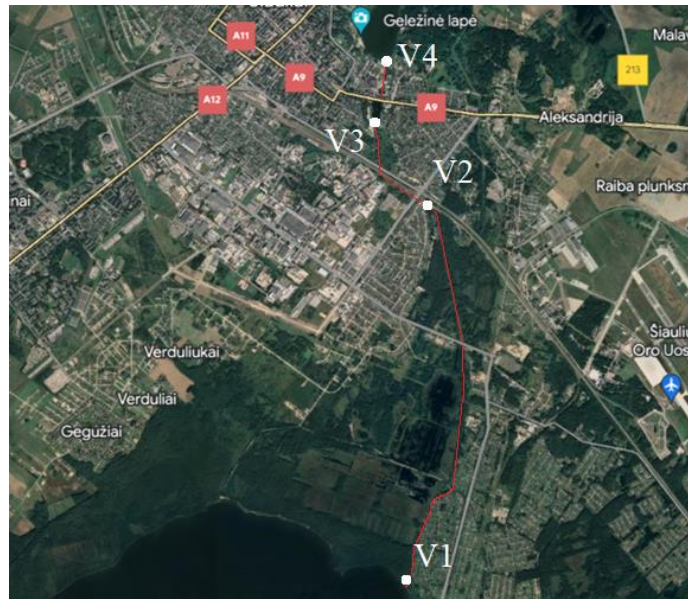
Nr.	Parametrai	Matavimo metodas	Nuorodos į dokumentus
1.	Nitratai (NO ₃ -N) (mg/l N)	Spektrometrinis	LAND 65-2005. Vandens kokybė. Nitratų kiekio nustatymas. Spektrometrinis metodas, vartojant sulfosalicilo rūgštį
2.	Amonio azotas (NH ₄ -N) (mg/l N)	Spektrometrinis	LAND 38-2000. Vandens kokybė. Amonio kiekio nustatymas. Rankinis spektrometrinis metodas
3.	Bendras azotas (N _b) (mg/l)	Spektrometrinis, mineralizuojant peroksodisulfatu	LAND 59-2003. Vandens kokybė. Azoto nustatymas. 1 dalis. Oksidacinio mineralinimo peroksodisulfatu metodas. LAND 65-2005. Nitratų kiekio nustatymas, vartojant sulfosalicilo rūgštį
4.	Fosfatai (PO ₄ -P) (mg/l P)	Spektrometrinis, vartojant amonio molibdatą	LAND 58-2003. Vandens kokybė. Fosforo nustatymas. Spektrometrinis metodas, vartojant amonio molibdatą /3 skyrius/ Ortofosforo nustatymas
5.	Bendras fosforas (P _b) (mg/l)	Spektrometrinis, vartojant amonio molibdatą	LAND 58-2003. Vandens kokybė. Fosforo nustatymas. Spektrometrinis metodas, vartojant amonio molibdatą /6 skyrius/ Bendro fosforo nustatymas, oksidavus peroksodisulfatu

Tyrimo vietos charakteristika

Kulpės upė – tai dešinysis Mūšos intakas, kuris priklauso Lielupės upės baseinui. Bendras tiriamos upės ilgis – 30,8 km. Bendras Kulpės upės baseino plotas – 263,3 km². Upės vagos vidutinis gylis svyruoja nuo 1,6 m iki 2 m, o plotis nuo 5 m iki 10 m. Kulpės ištakos prasideda Šiaulių miesto pietinėje dalyje esančio Rėkyvos ežero šiaurinės dalies melioraciniame kanale. Kulpės upė, ištekėjusi iš Rėkyvos ežero, teka pro buvusius Piktmiškio durpynus. Serbentų ir Dubijos gatvių sankryžos pietinėje dalyje ji įteka į požeminę pralaidą ir teka apie 1,6 km požeminiu kanalu iki Kompelio ežero. Už Prūdelio tvenkinio ties Vilniaus gatve Kulpės upė vėl teka požemine pralaida iki Talkšos ežero, kuris yra sujungtas su Ginkūnų ežeru. Už Ginkūnų ežero Kulpės upė išteka į suformuotą upės vagą, į kurią šiaurinėje miesto dalyje įteka Vijolės upelis ir Šiaulių miesto nuotekų valymo įrenginių išleistuvai. Pagrindiniai Kulpės intakai: Vijolė, Svalė, Švedė, Ringožys, Paršupis, Rudė [9].

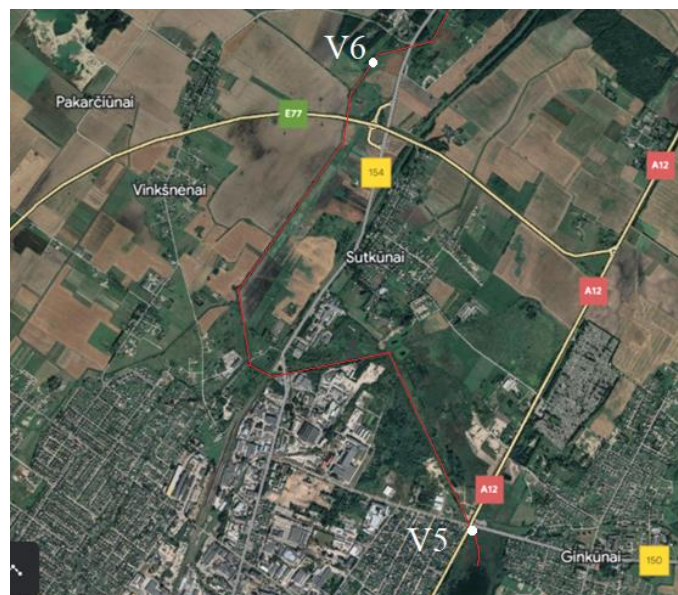
Tyrimo vietos

Tiriant Kulpės upės biogeninių medžiagų koncentracijos kitimą pasirinktos šešios mėginių paėmimo vietos (žr. 4 pav. ir 5 pav.).



4 pav. V1, V2, V3 ir V4 mėginių paėmimo taškai Kulpės upėje [12]

Mėginių paėmimo vietos pasirinktos atsižvelgiant į aplinkinius objektus bei upės išsidėstymą. V1 – Kulpės upės ištakos iš Rėkyvos ežero. Rytinėje šio taško pusėje išsidėsčiusios sodų bendrijos. Taškas V2 pasirinktas, norint įvertinti upės rodiklius prieš jai įtekant į požeminę pralaidą. V3 taškas – įtekėjimas į Prūdėlio tvenkinį. Šio taško pozicija pasirinkta norint įvertinti upės pokyčius už požeminės pralaidos. Taškas V4 – įtekėjimas į Talkšos ežerą. Šis taškas leidžia įvertinti buvusios Elnio gamyklos teritorijos bei paviršinių nuotekų išleistuvų daromą įtaką Kulpės upės kokybiniam rodikliams.



5 pav. V5 ir V6 mėginių paėmimo taškai Kulpės upėje [12]

Už Ginkūnų ežero esantis V5 taškas leidžia įvertinti Šiaulių miesto Kalniuko rajono bei centrinės miesto dalies paviršinių nuotekų, kurių išleistuvai yra įvesti į Talkšos ežerą, daromą įtaką [12].

Paskutinis V6 taškas, esantis už Šiaulių miesto ribos, prie Nuotekų valymo įrenginių išleistuvo, leidžia įvertinti šiaurinės miesto dalies bei nuotekų valymo įrenginių daromą įtaką kokybiniam Kulpės upės rodikliams.

Pasirinktos tyrimo vietos leidžia įvertinti Kulpės upės sektoriuose esančių objektų daromą įtaką upės biogeninių medžiagų kokybiniam rodikliams.

Tyrimo eiga

Kulpės upėje tyrimai buvo atlikti du kartus: 2023 m. balandžio 3 ir 25 dienomis. Kiekvienoje nurodytoje upės vietoje buvo paimta po 2 litrus upės vandens į švarius, plastikinius indus. Surinkus visus mėginius, šie buvo nedelsiant pristatyti į tyrimų laboratoriją, kur buvo atliekami tyrimai.

Nitratai. Pirmiausia buvo paimta po 250 ml. kiekvieno mėginio ir perfiltruota per stiklo pluošto filtrus oro siurblio pagalba. Kiekvieno perfiltruoto mėginio imta po 1 ml. ir supilstyta į porcelianines lėkštutes bei sausai išgarinta vandens vonioje. Atvėsinus ir įpylus 1ml. natrio salicilato tirpalo bei gerai sumaišius, vėl buvo sausai išgarinta. Nukėlus lėkšteles nuo kaitinimo vonios, buvo leista joms atvėsti iki kambario temperatūros. Atvėsus įpilta po 1 ml. sieros rūgšties ir atsargiai išmaišoma, kad ištirptų visa susidariusi sausa liekana. Pilnai reakcijai įvykti reikėjo laukti 10 min., tada supilta 10 ml. analizės vandens ir 10 ml. šarminio tirpalo. Tada visas turinys kiekybiškai supilstytas į 25 ml kolbutes, kurios buvo laikomos termostate 25 °C temperatūroje 10 min. Praėjus nustatytam laikui, kiekvienas mėginys praskiestas iki 25 ml. žymos analizės vandeniui. Kiekvieno tirpalo absorbcija buvo matuojama spektrofotometru DR-5000, kurio bangos ilgis pasirinktas 415 nm ir matuojamas pasirinkus 40 mm optinio sluoksnio storio kiuvetę. Kaskart pilant naują tirpalą į kiuvetę, pastaroji buvo skalaujama su analizės vandeniui ir mėginio tirpalu. Azoto koncentracija ml/l apskaičiuojama pagal formulę:

$$X = \frac{m(N) \cdot 60}{V \cdot 50} \quad (1),$$

čia $m(N)$ – nitratų masė, surasta pagal kalibravimo kreivę, μg ; V – paimtas analizei mėginio tūris, ml.

Amonio azotas. Pirmiausia tiriamieji mėginiai turėjo būti paruošti juos filtruojant per stiklo pluošto filtrus, norint pašalinti skendinčias medžiagas. Vėliau padarytas absorbcinis junginys iš 40 ml mėginio vandens ir 4 ml. spalvoto reagento. Visas tirpalas buvo gerai sumaišomas, o tai padarius, įpilta 4 ml natrio dichlorizocianurato tirpalo ir vėl buvo sumaišoma. Susimaišius reagentams ir tirpalams, buvo įpilama analizės vandens iki 50 ml žymos, gerai suplakama ir užkimšus įstatoma į termostatą 25°C temperatūrai 60 min. Praėjus numatytam laikui, mėginiai buvo matuojami spektrofotometru Dr-5000, esant 655 nm bangos ilgiui ir naudojant 50 mm optinio sluoksnio storio kiuvetę. Kaskart pilant naują mėginį į kiuvetę, ji buvo plaunama analizės vandeniui ir skalaujama paruoštu mėginiu. Amonio azoto koncentracija C_n buvo apskaičiuojama pagal formulę:

$$C_n = \frac{mN}{V} \quad (2),$$

mN – amonio azoto koncentracija pagal kalibravimo kreivę; V – paimtas analizei mėginio tūris, ml.

Bendras azotas. Kiekvieno mėginio buvo paimta po 50 ml. Visi mėginiai turėjo būti filtruojami stiklo pluošto filtrais. Išfiltruoti mėginiai supilstyti į mineralizavimo indus. Tada kiekvienam tirpalui įpilta po 10 ml oksidavimo tirpalo, uždarytuose induose gerai išmaišyta ir mineralizuota 45 min 120°C temperatūroje autoklave. Praėjus nustatytam laikui, mėginiai buvo išimti iš autoklavo ir palikti atvėsti iki kambario temperatūros. Atvėsus mėginiams, šie supilstyti į porcelianines lėkšteles po 1 ml ir sausai išgarinti vandens vonioje. Išgaravus mėginių vandenims ir lėkštelėms atvėsus, buvo pilama po 1 ml natrio silicilato tirpalo, gerai sumaišoma ir vėl sausai išgarinama. Išgarinus ir nukėlus nuo vonelių, lėkštelės vėso iki kambario temperatūros. Atvėsus į kiekvieną lėkštelę buvo pilama po 1 ml sieros rūgšties ir atsargiai išmaišoma, kol ištirpo sausas likutis. Palaukus 10 min, kol reakcija pilnai įvyks, buvo pilama 10 ml analizės vandens ir 10 ml šarminio tirpalo į kiekvieną lėkštelę. Sumaišius tirpalus, kiekvienas mėginys kiekybiškai perpiltas į 25 ml kolbutes. Visos kolbutės sustatytos į termostatą 25°C temperatūroje. Praėjus 10 min. laikui, tirpalų absorbcija buvo matuojama spektrofotometru DR-5000, esant 415 nm bangos ilgiui ir naudojant 40 mm optinio sluoksnio storio kiuvetę. Azoto koncentracija miligramais litre buvo apskaičiuojama pagal formulę:

$$X = \frac{m(N) \cdot 60}{V \cdot 50} \quad (3),$$

čia $m(N)$ – nitratų masė, surasta pagal kalibravimo kreivę, μg ; V – paimtas analizei mėginio tūris, ml.

Fosfatinis fosforas. Šiam tyrimui buvo naudojama 40 ml kiekvieno mėginio. Kiekvienas mėginys atskirai perfiltruotas celiuliozės koštuvais. Po filtravimo buvo pilama 1 ml aksorbo rūgšties tirpalo, sumaišoma ir pridedama 2 ml rūgštinio molibdato II tirpalo. Viską sumaišius ir praskiedus analizės vandeniui iki 50 ml žymos, mėginiai buvo statomi į termostatą 25°C temperatūroje. Praėjus

nustatytam 20 min laikui, išmatuota mėginių absorbcija spektrofotometru DR-5000, naudojant 700 nm bangos ilgį ir 50 mm optinio storio kiuvetę. Kaskart prieš pilant naują mėginį į kiuvetę, ji turėjo būti plaunama analizės vandeniu ir skalaujama mėginio tirpalu. Rezultatai apskaičiuoti pagal formulę:

$$X = \frac{C \cdot 50}{V} \quad (4),$$

čia C – ortofosfato koncentracija pagal kalibravimo kreivę; V – paimtas analizei mėginio tūris, ml.

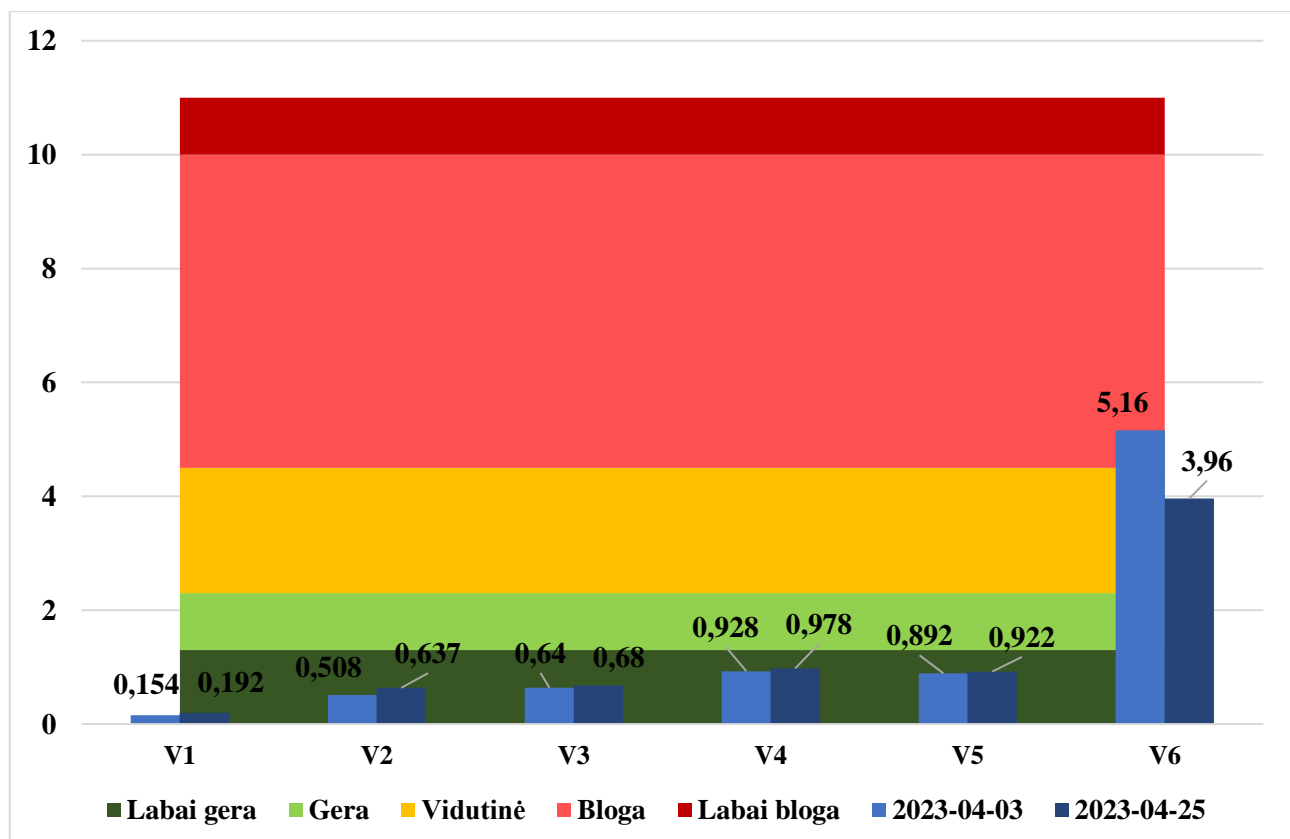
Bendras fosforas. Tiriant šį rodiklį, kiekvienas mėginys turėjo būti perfiltruotas per celiuliozinį filtrą ir supilstytas į 100 ml konusines kolbutes. Tada įpilta po 4 ml kalio peroksodisulfato ir virta apie 30 min, atsargiai papildant mėginį analizės vandeniu. Baigus virti, mėginio liko apie 30 ml. Bandinys buvo vėsinamas ir į kiekvieną tirpalą sulašinta po 0,2 ml fenolftaleino tirpalo. Visi mėginiai buvo perpilti į 50 ml kolbutes. Į mėginius reikėjo supilstyti po 1 ml aksorbo rūgšties tirpalo ir 2 ml rūgštinio molibdato II tirpalo. Viską sumaišius ir praskiedus analizės vandeniu iki 50 ml žymės, buvo laikoma 20 min. termostate 25°C temperatūroje. Ištraukus iš termostato, kiekvienas tirpalas išmatuotas tuo pačiu spektrofotometru DR-5000, esant 700 nm bangos ilgiui ir naudojant 50 mm optinio sluoksnio storio kiuvetę. Kiekvieną kartą imant naują tirpalą, kiuvetė buvo praskalaujama analizės vandeniu ir paruoštu mėginio tirpalu. Rezultatai apskaičiuoti pagal formulę:

$$X = \frac{C \cdot 50}{V} \quad (5),$$

čia C – ortofosfato koncentracija pagal kalibravimo kreivę; V – paimtas analizei mėginio tūris, ml.

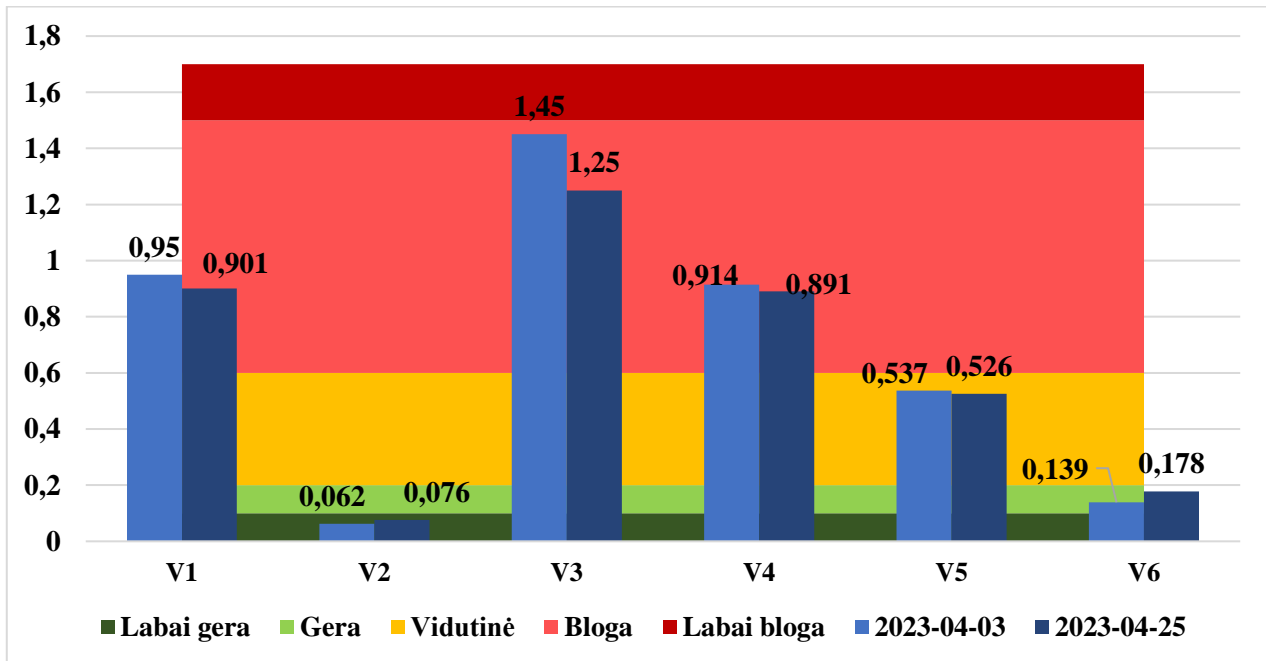
Tyrimo rezultatai

2023-04-03 ir 2023-04-25 paimtų iš pasirinktų vietų mėginių tyrimo rezultatai buvo analizuojami nustatant ekologinės būklės klasę pagal biogeninių medžiagų kokybinių rodiklių nustatymo metodiką (žr. 6–10 pav.). Pagal gautus *nitratų azoto* tyrimo rezultatus (žr. 6 pav.) matoma, jog V1- V5 taškuose abi tyrimų dienas ekologinės būklės klasė laikėsi labai geroje kategorijoje ir svyravo nuo 0,154 mg/l iki 0,978 mg/l. Tačiau siaurinėje miesto dalyje esančio V6 taško paimtų mėginių rezultatai parodė, jog šioje vietoje nitratų azoto koncentracijos kiekis išaugo iki 5,16 mg/l balandžio 3 dieną ir 3,69 mg/l balandžio 25 d.



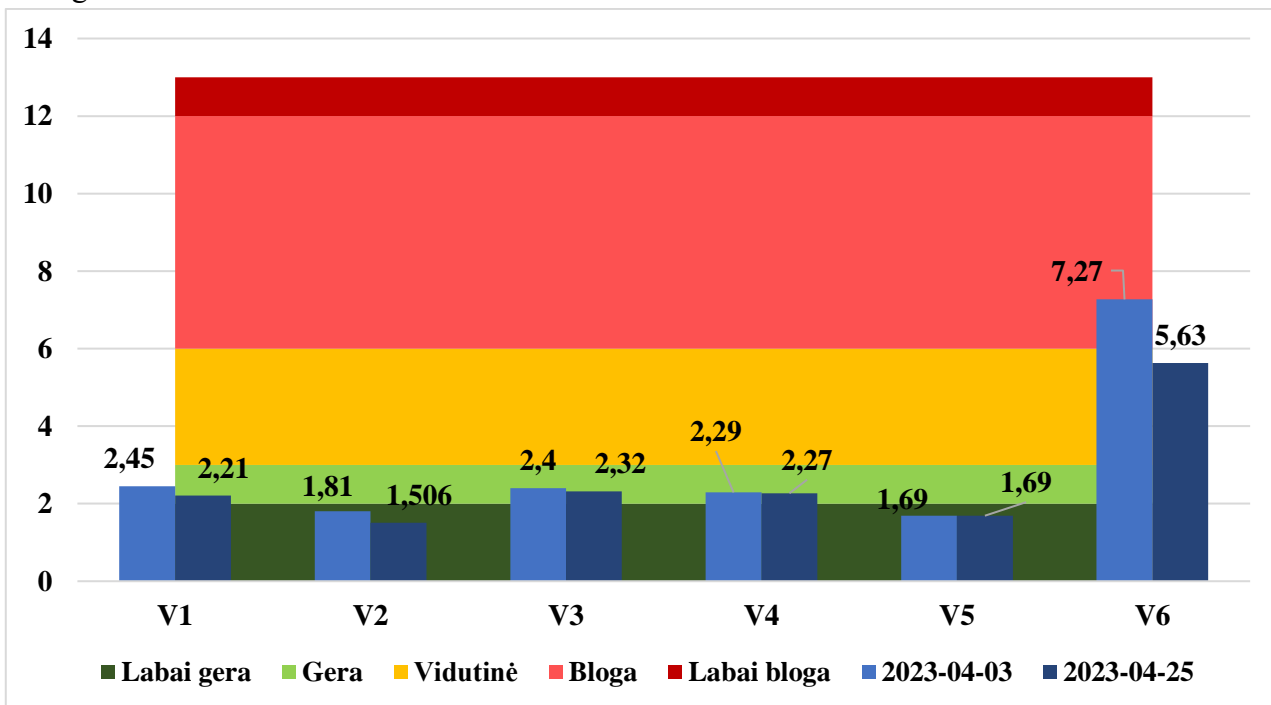
4 pav. Nitratų azoto kitimas (mg/l) 2023-04-03 ir 2023-04-25 Kulpės upėje V1 – V6 taškuose

Kitas tirtas rodiklis buvo amonio azotas (žr. 7 pav.). V1, V3 ir V4 mėginių ėmimo taškuose abi tirtas dienas koncentracija svyravo nuo 0,891 mg/l iki 1,45 mg/l, tai atitiko blogą ekologinės būklės klasę. V5 taškas abi tyrimų dienas atitiko vidutinei klasei ir svyravo nuo 0,537 mg/l balandžio 3 dieną iki 0,526 mg/l balandžio 25 d. Geri rezultatai buvo gauti V6 taške abi tyrimų dienas ir labai geri rezultatai pagal amonio azoto koncentraciją buvo gauti V2 taške.



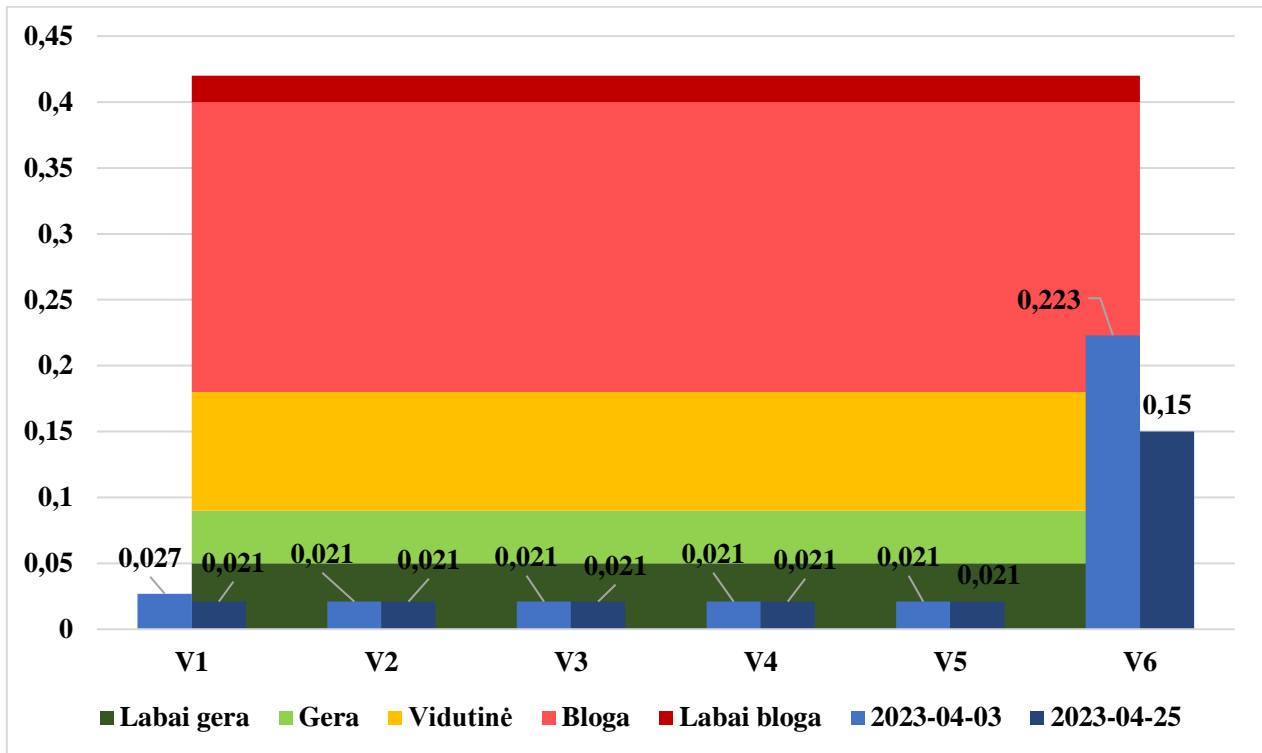
5 pav. Amonio azoto kitimas (mg/l) 2023-04-03 ir 2023-04-25 Kulpės upėje V1 – V6 taškuose

Bendro azoto tyrime (žr. 8 pav.) labai gerus rezultatus parodė V2 ir V5 tyrimų vietas, kuriose šios medžiagos koncentracija svyravo nuo 1,506 mg/l balandžio 25 d. iki 1,81 mg/l balandžio 3 d. Abi tyrimų dienas V5 taškas parodė tą pačią 1,69 mg/l koncentraciją. V1, V3 ir V4 taškuose tirtas vanduo atitiko gerai ekologinės būklės klasei ir bendro azoto koncentracija šiuose taškuose svyravo nuo 2,21 mg/l iki 2,45 mg/l. V6 taške esanti bendro azoto koncentracija balandžio 3 d. siekė 7,27 mg/l, t. y. bloga ekologinės būklės klasė, o balandžio 25 d. nukrito iki 5,63 mg/l, kas atitiko vidutinei ekologinės būklės klasei.



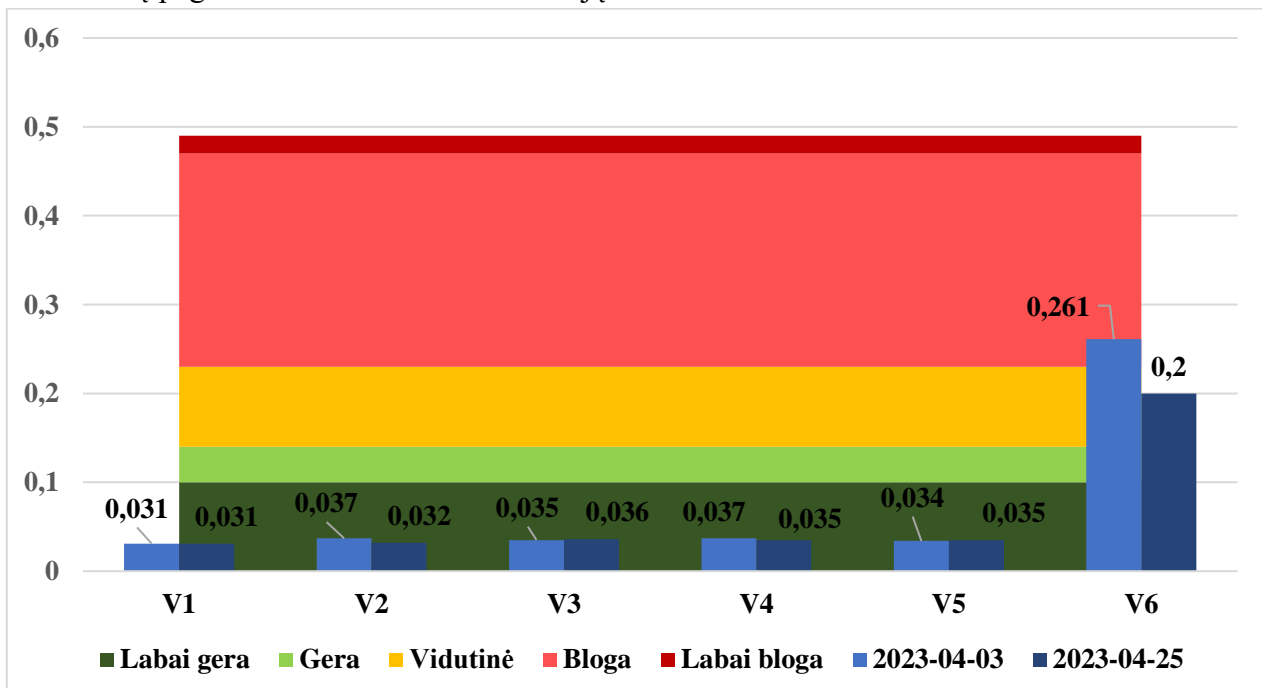
6 pav. Bendro azoto kitimas (mg/l) 2023-04-03 ir 2023-04-25 Kulpės upėje V1 – V6 taškuose

Fosfatinio fosforo koncentracijos (žr. 9 pav.) V1 – V5 taškuose neviršijo 0,027 mg/l abi tirtas dienas, todėl šios upės atkarpos buvo priskirtos labai gerai ekologinės būklės klasei pagal fosfatinio fosforo rodiklį, tačiau balandžio 3 d. V6 taške buvo nustatyta 0,223 mg/l koncentracija, tai atitinka blogą klasę. Balandžio 25 d. tame pačiame taške buvo nustatytas 0,15 mg/l koncentracija ir tai atitiko vidutinę ekologinės būklės klasę.



7 pav. Fosfatinio fosforo kitimas (mg/l) 2023-04-03 ir 2023-04-25 Kulpės upėje V1 – V6 taškuose

Bendro fosforo tyrimo rezultatai parodė analogiškus rezultatus fosfatinio fosforo koncentracijos rodikliams (žr. 10 pav.). Labai gerus rodiklius atitiko V1 – V5 tyrimo vietas, neviršijusios 0,037 mg/l. Tačiau šiaurinėje miesto dalyje esančio V6 taško tyrimo rezultatai parodė blogą būklę balandžio 3d. ir siekė 0,261 mg/l, o balandžio 25 d. šis rodiklis nukrito iki 0,2 mg/l ir pakilo į vidutinę ekologinės būklės klasę pagal bendro fosforo koncentraciją.



10 pav. Bendro fosforo kitimas (mg/l) 2023-04-03 ir 2023-04-25 Kulpės upėje V1 – V6 taškuose

Išvados ir apibendrinimai

Didžioji dalis Lietuvos paviršinių vandenų sudaro ežerai – 48%, tvenkiniai – 12,6%, o upės – 17,4%. Visi paviršiniai vandenys yra suskirstyti į keturis upių baseinų rajonus: Nemuno, Ventos, Lielupės bei Dauguvos. Nacionalinio vandenų srities 2022 – 2023 metų plano pateiktais duomenimis 63% upių ir 64% ežerų neatitinka geros būklės kriterijų. Pagrindinė priežastis – neatitikimas gerai ekologiškai būklei Lietuvos upėse, nes azoto junginiai, patekę į paviršinius vandenis dėl intensyvios žemdirbystės, daugiausia pablogina Lietuvos upių ir ežerų ekologinę būklę.

Pagrindinės susirūpinimą keliančios antropogeninės taršos grupės yra pasklidusios ir sutelktosios taršos grupės. Pagrindinė pasklidusios taršos susidarymo priežastis – intensyvi žemdirbystė ir gyvulininkystė. Augant šio sektoriaus paklausai, žemdirbiai yra priversti naudoti sintetines ar biologines trąšas produkcijos augimui skatinti. Dalį jų augalai absorbuoja, tačiau nemaža dalis dėl liūčių yra išplaunamos iš dirvos ir nuteka į paviršinius vandens telkinius, kuriuose, pakitus medžiagų koncentracijoms, yra sutrikdoma bioįvairovės pusiausvyra. Kita reikšminga antropogeninės taršos grupė yra sutelktoji taršos grupė, kuri pasireiškia per ypač sukonzentruotą taršą į tam tikrą regioną. Pramonės rajonai, ūkio objektai, gausiau apgyvendintos teritorijos yra pagrindinės sutelktosios taršos priežastys. Siekiant tinkamame lygyje išlaikyti taršos prevenciją, yra įgyvendinami kelerių metų aplinkosauginiai planai bei nacionalinės strategijos, kurios padeda išsaugoti aplinkos ekologinę būklę ateities kartoms.

Ištirus Kulpės upės biogeninių medžiagų kitimą, jai tekant per Šiaulių miestą, buvo nustatyta, kad nitratų azoto, bendro azoto, fosfatinio fosforo ir bendro fosforo koncentracijos išauga šiaurinėje miesto dalyje. Šiam rodikliui gali turėti įtakos pramonės rajonai, miesto nuotekų valymo įrenginiai ir žemės ūkis. Blogi rodikliai pagal amonio azoto koncentraciją buvo gauti Kulpės ištakose, centrinėje miesto dalyje prie Prūdelio tvenkinio ir Talkšos bei Ginkūnų ežero. Amonio azoto rodiklio blogai reikšmei gali turėti įtakos aplinkinių nuosavų namų ar sodų bendrijų gyventojų galimai netinkamai tvarkomos buitinės nuotekos.

Literatūra

1. Adamonytė, I., Misevičienė, S. *Vandentvarka*. Mokomoji knyga. Kauno r.: ASU leidybos centras. 2012. <https://portalcris.vdu.lt/server/api/core/bitstreams/1b0bb616-37c9-41a0-b4db-16adf5a02827/content>
2. Aplinkos apsaugos agentūra. *Žemės ūkis ir Lietuvos vandenys*. Vilnius. 2018. https://vanduo.old.gamta.lt/files/%C5%BDem%C4%97s_%C5%ABkio_poveikio_ataskaita1539180129871.pdf
3. Pocienė, A., Pocius, S. *Preveninės taršos mažinimo priemonės*. Mokomoji knyga. Kaunas: Arvida. 2008.
4. Butkutė, S., Zigmontienė, A. Biogeninių medžiagų koncentracijų Neris intake Šventojoje vertinimas. *Science-Future of Lithuania/Mokslas-Lietuvos Ateitis*, 5(4), 343–348. 2013. doi:10.3846/mla.2013.55
5. Lukauskienė, A., Bondzinskas, V., Petraškienė, V. Vandens nuotėkio Daugyvenės (Mūšos intakas) upės baseine analizė. *Taikomieji moksliniai tyrimai*, 1(2), 28–38. 2022. <https://ojs.svako.lt/TMT/article/view/66>
6. Petraškienė, V., Nesovas, D. Assessment of The Ecological Status of Nevėžis River. *Professional Studies: Theory and Practice*, 23(8), 103–111. 2021. <https://ojs.svako.lt/PSTP/article/view/23>
7. Sherbakov, V., et al. Elimination of the biogenic pollution effects on aquatic environments. In: *E3S Web of Conferences*. *EDP Sciences*, 180, 04010. 2020. <https://doi.org/10.1051/e3sconf/202018004010>
8. Moiseenko, T. I. Surface water under growing anthropogenic loads: from global perspectives to regional implications. *Water*, 14(22), 3730, 2022. <https://doi.org/10.3390/w14223730>
9. Lietuvos Respublikos Vyriausybės 2010 m. lapkričio 17 d. nutarimas Nr. 1618 „Dėl Lielupės upių baseino rajono valdymo plano ir priemonių vandensaugos tikslams Lielupės upių baseino

- rajone pasiekti programos patvirtinimo“*. Priėmė LR Vyriausybė 2010-11-17. <https://e-seimas.lrs.lt/portal/legalAct/lt/TAD/TAIS.386724?jfwid=>
10. Lietuvos Respublikos aplinkos ministro 2007 m. balandžio 12 d. įsakymas Nr. D1-210 „*Dėl paviršinių vandens telkinių būklės nustatymo metodikos patvirtinimo*“. Suvestinė redakcija nuo 2021-11-05. <https://e-seimas.lrs.lt/portal/legalAct/lt/TAD/TAIS.296626/asr>
 11. Karalius O., Tričys V. Lėvens upės taršos tyrimas. *Jaunųjų mokslininkų darbai*, 48(2), 39–47, 2018. <https://www.journals.vu.lt/jaunuju-mokslininku-darbai/article/view/23701/22971>
 12. Šiaulių municipalinė aplinkos tyrimų laboratorija. *Šiaulių municipalinio aplinkos monitoringo 2022 m. ataskaita*. Šiauliai. 2022. https://www.siauliai.lt/upload/media/user/24/steb%C4%97sena/2022_Ataskaita.pdf
 13. Šiaulių miesto savivaldybės 2021-2026 m. aplinkos monitoringo programa. Patvirtinta Šiaulių miesto savivaldybės tarybos 2021 m. balandžio 1 d. Nr. T-81. Šiauliai. 2020. https://www.siauliai.lt/upload/media/user/24/Oro/T-81_programa.pdf
 14. Aplinkos apsaugos agentūra. *Upių baseinų rajonai (UBR): Nemuno UBR, Lielupės (UBR), Dauguvos (UBR), Ventos (UBR)*. 2015. <https://vanduo.old.gamta.lt/cms/index?rubricId=b649c5d3-8be2-4af4-a186-c0aed3a4555f>
 15. Aplinkos apsaugos agentūra. *Upių monitoringo rezultatai*. 2022. <https://aaa.lrv.lt/lt/veiklos-sritys/vanduo/upes-ezerai-ir-tvenkiniai/valstybinis-upiu-ezeru-ir-tvenkiniu-monitoringas/upiu-monitoringo-rezultatai>
 16. Kilkus, K., Stonevičius, E. *Lietuvos vandenu geografija*. Vadovėlis. Vilnius: Vilniaus universitetas. 2011. http://www.hkk.gf.vu.lt/publikacijos/2011_Lietuvos_vandenu_geografija.pdf