



VILNIAUS GEDIMINO TECHNIKOS UNIVERSITETAS
APLINKOS INŽINERIJOS FAKULTETAS
HIDRAULIKOS KATEDRA

Kristina Bartkutė

**MARIJAMPOLĖS MIESTO TARŠOS ĮTAKOS ŠEŠUPĖS UPĖS
HIDROCHEMIJAI IR PREVENCINIŲ PRIEMONIŲ EKOLOGINEI
SITUACIJAI GERINTI VERTINIMAS**

**POLLUTION IN MARIJAMPOLĖ TOWN INFLUENCE TO ŠEŠUPĖ RIVER
HYDROCHEMICAL VALUATION AND PREVENTIVE MEASURES TO
IMPROVE ECOLOGICAL SITUATION**

Baigiamasis magistro darbas

Vandens ūkio inžinerijos studijų programa, valstybinis kodas 621H23001

Statybų inžinerijos studijų kryptis

Vilnius, 2014

VILNIAUS GEDIMINO TECHNIKOS UNIVERSITETAS
APLINKOS INŽINERIJOS FAKULTETAS
HIDRAULIKOS KATEDRA

TVIRTINU
Katedros vedėjas

(Parašas)
Valentinas Šaulys

(Vardas, pavardė)

(Data)

Kristina Bartkutė

**MARIJAMPOLĖS MIESTO TARŠOS ĮTAKOS ŠEŠUPĖS UPĖS
HIDROCHEMIJAI IR PREVENCINIŲ PRIEMONIŲ EKOLOGINEI
SITUACIJAI GERINTI VERTINIMAS**

**POLLUTION IN MARIJAMPOLĖ TOWN INFLUENCE TO ŠEŠUPĖ RIVER
HYDRO-CHEMISTRY VALUATION AND PREVENTIVE MEASURES TO
IMPROVE ECOLOGICAL SITUATION**

Baigiamasis magistro darbas

Vandens ūkio inžinerijos studijų programa, valstybinis kodas 621H23001

Statybų inžinerijos studijų kryptis

Vadovas

prof. dr. Valentinas Šaulys _____
(Moksl. laipsnis/pedag. vardas, vardas, pavardė) (Parašas) (Data)

Lietuvių kalbos konsultantas lekt. Regina Žukienė _____

(Moksl. laipsnis/pedag. vardas, vardas, pavardė) (Parašas) (Data)

Vilnius, 2014

VILNIAUS GEDIMINO TECHNIKOS UNIVERSITETAS
APLINKOS INŽINERIJOS FAKULTETAS
HIDRAULIKOS KATEDRA

Statybos inžinerijos studijų kryptis

TVIRTINU
Katedros vedėjas

Vandens ūkio inžinerijos studijų programa, valstybinis kodas 621H23001

(Parašas)
Valentinas Šaulys
(Vardas, pavardė)

(Data)

**BAIGIAMOJO MAGISTRO DARBO
UŽDUOTIS**

2014-02-03

Vilnius

Studentei Kristinai Bartkutei

Baigiamojo darbo tema: MARIJAMPOLĖS MIESTO TARŠOS ĮTAKOS ŠEŠUPĖS UPĖS
HIDROCHEMIJAI VERTINIMAS IR PREVENCINĖS PRIEMONĖS EKOLOGINEI SITUACIJAI
GERINTI

patvirtinta 2012 m. lapkričio 30 d. dekanų potvarkiu Nr. 407 ap.

Baigiamojo darbo užbaigimo terminas 2014 m. gegužės 22 d.

BAIGIAMOJO DARBO UŽDUOTIS:

Parengti mokslinių tyrimų bei Lietuvos Respublikos ir Europos Sąjungos dokumentų,
reglamentuojančių paviršinių vandenų apsaugą ir taršos mažinimo priemones, apžvalgą.
Suformuoti darbo tikslą, aktualumą, naujumą, iškelti hipotezę.

Paruošti tiriamojo darbo metodiką.

Pateikti Šešupės upės baseino fizinių – geografinių sąlygų apibūdinimą.

Išanalizuoti Marijampolės miesto taršos įtaką Šešupės upės hidrochemijai ir pasiūlyti prevencines
priemones ekologinei situacijai gerinti.

Padaryti apibendrinančias išvadas.

Parengti mokslinę publikaciją nagrinėjama tema.

Baigiamojo darbo rengimo konsultantai:

Lietuvių kalbos konsultantė lekt. Regina Žukienė.....
(Moksl. laipsnis/pedag. vardas, vardas, pavardė)

Vadovas
(Paraša)

prof. dr. Valentinas Šaulys
(Moksl. laipsnis/pedag.vardas, vardas, pavardė)

Užduotį gavau

(Data)

.....
(Parašas)

.....
(Vardas, pavardė)

.....

Vilniaus Gedimino technikos universitetas
Aplinkos inžinerijos fakultetas
Hidraulikos katedra

ISBN
Egz. sk.
Data-.....-..... ISSN

Antrosios pakopos studijų **Vandens ūkio inžinerijos** programos magistro baigiamasis darbas 4 (h)

Pavadinimas **Marijampolės miesto taršos įtakos Šešupės upės hidrochemijai ir prevencinių priemonių ekologiškai situacijai gerinti vertinimas**

Autorius **Kristina Bartkutė**

Vadovas **prof. dr. Valentinas Šaulys**

Kalba: lietuvių

Anotacija

Baigiamajame magistro darbe vertinama Marijampolės miesto taršos įtaka Šešupės upei 2000–2012 m. laikotarpiu.

Analizuojami hidrocheminių parametų duomenys (biocheminis deguonies suvartojimas, ištirpusio deguonies kiekis, amonio azotas, nitratinis azotas, fosfatų fosforas, bendras azotas ir bendras fosforas) ir lyginami su upių ekologinės būklės klasėmis. Duomenys buvo apdorojami statistinės analizės metodais. Statistinės charakteristikos pateiktos 95 % patikimumu, kadangi tiriant gamtinius procesus, toks patikimumas laikomas pakankamu. Nustačius organinių ir biogeninių medžiagų kitimo tendencijas, pateikiamos išvados ir pasiūlymai, kaip sumažinti Marijampolės miesto taršos poveikį Šešupės upei ir kaip pagerinti vandens kokybę.

Magistro darbą sudaro 8 dalys: įvadas, literatūros apžvalga, tyrimų objektas ir metodika, rezultatai ir jų aptarimas, prevencinių priemonių ekologiškai situacijai gerinti vertinimas, išvados ir pasiūlymai, literatūra ir priedai.

Darbo apimtis – 72 p. teksto be priedų, 22 iliustr., 28 lent., 59 bibliografiniai šaltiniai.

Atskirai pridedami darbo priedai.

Prasminiai žodžiai: nitratų azotas, fosfatų fosforas, organinės medžiagos, prevencinės priemonės

Vilnius Gediminas Technical University
Faculty of Environmental Engineering
Department of Hydraulics

ISBN
Copies No.
Date-.....-..... ISSN

Master Degree Studies **Water Management Engineering** study programme Master Graduation Thesis4 (HI)

Title **Pollution in Marijampolė Town Influence to Šešupė River Hydro-chemistry Valuation and Preventive Measures to Improve Ecological Situation**

Author **Kristina Bartkutė**

Academic supervisor **Prof Dr Valentinas Šaulys**

**Thesis
language:** Lithuanian

Annotation

This research deals with Marijampolė city Šešupė river water quality from year 2000 to 2012.

Analyzes Hydrochemical parameters (biochemical oxygen demand, dissolved oxygen, ammonium nitrogen, nitrate nitrogen, phosphate phosphorus, total nitrogen and total phosphorus) and comparison with the ecological status of river classes. The statistical characteristics are represented by the 95 % level of confidence, because the investigation of natural processes is sufficient. When the organic and nutrient dynamics were estimated, the conclusion and recommendations on how to reduce the effects of pollution in the Marijampole city.

Structure: introduction, literature review, research and methodology, results and discussion, preventative tools for the improvement of the ecological situation, conclusions and suggestions, references and appendixes.

Thesis consists of: 72 p. Text without extras, 22 pictures, 28 tables, 59 bibliographical entries.

Appendixes included.

Keywords: Nitrate nitrogen, phosphate phosphorus, organic matter, preventive tools.

Vilniaus Gedimino technikos universiteto egzaminų,
sesijų ir baigiamųjų darbų rengimo bei gynimo
organizavimo tvarkos aprašo 2011-2012 m. m.
1 priedas

(Baigiamojo darbo sąžiningumo deklaracijos forma)

VILNIAUS GEDIMINO TECHNIKOS UNIVERSITETAS

Kristina Bartkutė, 20084571

(Studento vardas ir pavardė, studento pažymėjimo Nr.)

Aplinkos inžinerijos fakultetas

(Fakultetas)

Vandens ūkio inžinerija, VImf-12

(Studijų programa, akademinė grupė)

**BAIGIAMOJO DARBO (PROJEKTO)
SĄŽINGUMO DEKLARACIJA**

2014 m. gegužės 21 d.

Patvirtinu, kad mano baigiamasis darbas tema „Marijampolės miesto taršos įtakos Šešupės upės hidrochemijai ir prevencinių priemonių ekologiškai situacijai gerinti vertinimas“ patvirtintas 2012 m. lapkričio 8 d. dekanų potvarkiu Nr. 343ap, yra savarankiškai parašytas. Šiame darbe pateikta medžiaga nėra plagijuota. Tiesiogiai ar netiesiogiai panaudotos kitų šaltinių citatos pažymėtos literatūros nuorodose.

Prenkant ir įvertinant medžiagą bei rengiant baigiamąjį darbą, mane konsultavo mokslininkai ir specialistai: Regina Žukienė. Mano darbo vadovas prof. dr. Valentinas Saulys.

Kitų asmenų indėlio į parengtą baigiamąjį darbą nėra. Jokių įstatymų nenumatytų piniginių sumų už šį darbą niekam nesu mokėjęs (-usi).

(Parašas)

Kristina Bartkutė

(Vardas ir pavardė)

TURINYS

ĮVADAS.....	15
1. HIDROCHEMINIŲ MEDŽIAGŲ KAITĄ LEMIANTYS VEIKSNIAI	19
1.1. Baltijos jūros baseinas.....	19
1.2. Lietuvos hidrografinis tinklas	21
1.3. Vandens apsaugos teisės aktai	24
1.4. Upių vandens kokybei darančių įtaką veiksnių analizė.....	27
2. TYRIMŲ OBJEKTAS IR METODIKA	29
2.1. Tyrimo objekto aprašymas.....	29
2.1.1. Baseino klimato charakteristika.....	30
2.1.2. Šešupės upės baseino paviršiniai vandenys	31
2.1.3. Antropogeninė veikla Šešupės upės baseine.....	33
2.2. Tyrimo metodika.....	35
2.2.1. Tyrimo organizavimas	35
2.2.2. Hidrocheminis upės vertinimas	37
2.2.3. Hidrocheminių parametrų statistinė analizė.....	38
3. TYRIMO REZULTATAI IR JŲ APTARIMAS	43
3.1. Šešupės upės tarša organinėmis medžiagomis	43
3.2. Šešupės upės tarša biogeninėmis medžiagomis	47
3.2.1. Šešupės upės tarša azoto junginiais	48
3.2.2. Šešupės upės tarša fosforo junginiais	56
4. PREVENCINIŲ PRIEMONIŲ EKOLOGINEI SITUACIJAI GERINTI VERTINIMAS	61
4.1. Teisinės priemonės.....	61
4.2. Ekonominės priemonės	62
4.3. Finansinės priemonės	63
4.4. Techninės priemonės	63
IŠVADOS IR PASIŪLYMAI	66
LITERATŪRA	68
PRIEDAI	73

PAVEIKSLŲ SĄRAŠAS

1.1 pav. Baltijos jūros baseinas (European Atlas 2014).....	19
1.2 pav. Paviršinių vandens telkinių plotų pasiskirstymas (%) (Aplinkos... 2013)	21
1.3 pav. Lietuvos upių baseinų rajonai (AAA 2013)	22
1.4 pav. Nemuno UBR vandens telkinių (upių) ekologinė būklė ir ekologinis potencialas (Nemuno 2010).....	24
2.1 pav. Šešupės upė ir jos baseinas (Marijampolės savivaldybės nuotrauka 2014, Lietuvos upės 2010).....	29
2.2 pav. Marijampolės miesto teršėjai. 1 – UAB „Arvi“ ir ko, 2 – UAB „Marijampolės pieno konservai“, 3 – Marijampolės miesto nuotekų valymo įrenginiai (remtasi Marijampolės RAAD duomenimis).....	35
2.3 pav. Principinė tyrimo schema.....	35
2.4 pav. Monitoringo postų išdėstymas. 1 – Lenkijos pasienyje, 2 – aukščiau Kalvarijos, 3 – žemiau Kalvarijos, 4 – žemiau Aukštosios Butkos, 5 – ties Kuktiškiais, 6 – ties Būdviečiais, 7 – žemiau Nendrinų, 8 – Kaliningrado pasienyje (remtasi AAA duomenimis).....	37
3.1 pav. BDS ₇ koncentracijų kaita ties Lenkijos siena ir tarpiniame monitoringo poste 2000–2012 m laikotarpyje	44
3.2 pav. BDS ₇ koncentracijų kaita ties Kaliningrado siena 2000–2012 m laikotarpyje.....	44
3.3 pav. O ₂ vidutinių metinių koncentracijų kaita ties Lenkijos ir Kaliningrado pasieniu bei tarpiniame monitoringo poste 2000–2012 m. laikotarpiu	46
3.4 pav. Azoto apytakos ciklas (remtasi Ecology 2013 duomenimis).....	48
3.5 pav. NO ₃ -N koncentracijų kaita ties Lenkijos siena ir tarpiniame monitoringo poste (už pramonės įmonių) 2000–2012 m. laikotarpiu.....	49
3.6 pav. NO ₃ -N koncentracijų kaita ties Kaliningrado siena 2000–2012 m. laikotarpiu.....	50
3.7 pav. NH ₄ -N koncentracijų kaita ties Lenkijos ir Kaliningrado siena bei tarpiniame monitoringo poste (už pramonės įmonių) 2000–2012 m. laikotarpiu	52
3.8 pav. N _b koncentracijų kaita ties Lenkijos siena ir tarpiniame monitoringo poste (už pramonės įmonių) 2000–2012 m. laikotarpiu	54
3.9 pav. N _b koncentracijų kaita ties Kaliningrado siena 2000–2012 m. laikotarpiu.....	54
3.10 pav. Fosforo apytakos ratas (remtasi Biogeochemical Cycles 2013 duomenimis).....	56
3.11 pav. PO ₄ -P koncentracijų kaita ties Lenkijos siena ir tarpiniame monitoringo poste (už pramonės įmonių) 2000–2012 m. laikotarpiu.....	57

3.12 pav. PO ₄ -P koncentracijų kaita ties Kaliningrado siena 2000–2012 m. laikotarpiu	58
3.13 pav. P _b koncentracijų kaita ties Lenkijos siena ir tarpiniame monitoringo poste (už pramonės įmonių) 2000–2012 m. laikotarpiu	58
3.14 pav. P _b koncentracijų kaita ties Kaliningrado siena 2000–2012 m. laikotarpiu.....	59

LENTELIŲ SĄRAŠAS

1.1 lentelė. Upių ekologinės būklės klasės pagal fizikinių-cheminių kokybės elementų rodiklius (Aplinkos 2010).....	25
2.1 lentelė. Upės baseino ploto ir ilgio pasiskirstymas kaimyninėse šalyse (Kilkus 2011).....	30
2.2 lentelė. Šešupės pabaseinio pagrindinių upių ilgiai ir baseinų plotai (Aplinka 2009, Kilkus 2011).....	32
2.3 lentelė. Šešupės pabaseinio taršos šaltiniai (AAA 2010).....	33
2.4 lentelė. Išleidžiamų teršalų kiekiai Marijampolės apskrityje 2002-2012 m. laikotarpyje (remtasi AAA duomenimis 2013)	34
2.5 lentelė. Marijampolės rajono ir Marijampolės miesto įmonės atskaitingos aplinkos apsaugos agentūrai (remtasi AAA duomenimis 2013)	34
2.6 lentelė. Didžiausios leistinos medžiagų koncentracijos (DLK) upių vandenyse (Šaulys 2007).	38
2.7 lentelė. ANOVA duomenys (Čekanavičius 2008).....	40
2.8 lentelė. ANOVA rezultatai (Čekanavičius 2008).....	40
2.9 lentelė. Koreliacijos koeficientas, nusakantis ryšio tarp kintamųjų stiprumą.....	42
3.1 lentelė. Statistinės BDS ₇ koncentracijų charakteristikos ties Lenkijos ir Kaliningrado siena ir tarpiniame monitoringo poste.....	45
3.2 lentelė. ANOVA rezultatai (BDS ₇).....	45
3.3 lentelė. Koreliacijos ryšio patikimumas (BDS ₇).....	45
3.4 lentelė. Statistinės O ₂ koncentracijų charakteristikos ties Lenkijos ir Kaliningrado siena ir tarpiniame monitoringo poste.....	46
3.5 lentelė. ANOVA rezultatai (O ₂).....	47
3.6 lentelė. Koreliacijos ryšio patikimumas (O ₂)	47
3.7 lentelė. Statistinės NO ₃ -N koncentracijų charakteristikos ties Lenkijos ir Kaliningrado siena ir tarpiniame monitoringo poste.....	50
3.8 lentelė. ANOVA rezultatai (NO ₃ -N).....	51
3.9 lentelė. Koreliacijos ryšio patikimumas (NO ₃ -N).....	51
3.10 lentelė. Statistinės NH ₄ -N koncentracijų charakteristikos ties Lenkijos ir Kaliningrado siena ir tarpiniame monitoringo poste.....	52
3.11 lentelė. ANOVA rezultatai (NH ₄ -N).....	53
3.12 lentelė. Koreliacijos ryšio patikimumas (NH ₄ -N).....	53

3.13 lentelė. Statistinės N_b koncentracijų charakteristikos ties Lenkijos ir Kaliningrado siena ir tarpiniame monitoringo poste	55
3.14 lentelė. ANOVA rezultatai (N_b)	55
3.15 lentelė. Koreliacijos ryšio patikimumas (N_b)	55
3.16 lentelė. Statistinės $PO_4\text{-P}$ ir P_b koncentracijų charakteristikos ties Lenkijos ir Kaliningrado siena ir tarpiniame monitoringo poste	59
3.17 lentelė. ANOVA rezultatai ($PO_4\text{-P}$ ir P_b).....	60
3.18 lentelė. Koreliacijos ryšio patikimumas ($PO_4\text{-P}$ ir P_b)	60

Naudojami trumpiniai:

BDS₇ – biocheminis deguonies suvartojimas per 7 paras

N_b – bendrasis azotas

P_b – bendrasis fosforas

NO₃-N – nitratų azotas

PO₄-P – fosfatų fosforas

NH₄-N – amonio azotas

HELCOM – Helsinkio komisija

DLK – didžiausia leistina koncentracija

UBR – upės baseino rajonas

ES – Europos Sąjunga

NV – nuotekų valykla

GE – gyventojų ekvivalentas

AAA – Aplinkos apsaugos agentūra

APVA – Aplinkos projektų valdymo agentūra

TIPK – taršos integruota prevencija ir kontrolė

SM – skendinčiosios medžiagos

ChDS – cheminis deguonies suvartojimas

RAAD – regioninis aplinkos apsaugos departamentas

Publikacijos:

1. Kristina Bartkutė, Valentinas Šaulys. Marijampolės miesto taršos įtaka Šešupės upės hidrochemijai, 2014. 17-oji jaunųjų mokslininkų konferencijos „Mokslas – Lietuvos ateitis“, įvykusios Vilniuje 2014 m. balandžio 10 d., pranešimų medžiaga: Aplinkos apsaugos inžinerija. Vilniaus Gedimino technikos universitetas. Vilnius: Technika (5 priedas)

IVADAS

Problema

Lietuva turtinga vandens išteklių, kuriuos sudaro ne tik požeminiai, bet ir paviršiniai vandenys. Dalį Lietuvos teritorijos (2,9 %) užima vidaus vandenys. Vidaus vandenys – tai ežerai, upiniai tvenkiniai, kūdros ir karjerai, taip pat Lietuvai priklausanti Kuršių marių dalis bei upių vagų tinklas. Vidaus vandenyse upių tinklo vagų vandens paviršiaus plotas tesudaro 0,51 % (Gailušis 2001). Tačiau šiame plote sutelpa visos didžiosios ir mažosios Lietuvos upės, kurių vagomis ir vagelėmis į Baltijos jūrą kiekvienais metais nuteka apie 26,0 km³ vandens (Tumas 1999).

Vanduo yra būtinas elementas visiems gyviems organizmams, jis yra vienas svarbiausių gyvybės atsiradimo ir egzistavimo šaltinių. Upes, kaip svarbų gamtos turtą, įvertino ir senovės žmonės, kurie statydavo savo gyvenamąsias vietas šalia upių, o upių vandenį naudodavo kaip maisto šaltinį, buities ir ūkio reikmėms bei laivininkystei. Tačiau žmogus, vis dažniau naudodamas upių vandenį, sugriauna ekologinę upių pusiausvyrą.

Pavojingiausia situacija yra tada, kai upes pradeda veikti antropogeniniai veiksniai, tai yra dėl žmogaus veiklos į vandens telkinį patenka didžiulės teršalų koncentracijos. Aplinkos apsaugos agentūros (2013) duomenimis 2011 m. į paviršinius vandens telkinius pateko apie 90 t naftos ir jos produktų, apie 120 t P_b, 1600 t N_b ir apie 1500 t BDS₇, o 2012 m. – apie 100 t naftos ir jos produktų, apie 120 t P_b, apie 1450 t N_b ir apie 1300 t BDS₇. Pritaikius tinkamus valymo įrenginius, patekusių teršalų koncentracijas kartais pavyksta sumažinti, tačiau dažniau upės patiria itin stiprų neigiamą antropogeninį poveikį ir patekę teršalai ne visiškai pasisavinami ir transformuojami. Sulig kiekvienu taršos šaltiniu teršalų koncentracijos vis didėja, dėl to įgyvendinant krašto restruktūrizaciją vis dažniau ieškoma naujų sprendimo būdų bei prevencinių priemonių, kurios tausotų gamtinę aplinką, padėtų pagerinti upių ekologinę pusiausvyrą ir vandenų kokybę, nes nuo jų didele dalimi priklauso Kuršių marių ir Baltijos jūros būklė. Baltijos jūra dėl jauno geologinio amžiaus, intensyvių sedimentacinių procesų, uždarumo, lėtos vandens apytakos su Šiaurės jūra ir didelio gėlo paviršinio vandens nuotėkio labai jautriai reaguoja į bet koki žmogaus įsikišimą (Maikštėnienė 2007).

Vandenų sektorius viena iš prioritetinių ES aplinkosaugos sričių. Šioje srityje galioja per 300 teisinių aktų – direktyvų, nutarimų ir rekomendacijų (Šaulys 2007). Tačiau Lietuvoje aplinkosauginiai ir vandens apsaugos klausimai svaresnę reikšmę įgijo, tik Lietuvai 1995 m. pareiškus norą tapti Europos Sąjungos nare. Pagal Bendrąją vandens politikos direktyvą Lietuva iki 2015 m. turi užtikrinti gerą paviršinių vandenų būklę (2000/60/EB). Gera vandens būklė reiškia

artimą natūraliai, žmogaus veiklos nepaveikta būklei. Todėl reikalaujama suteikti aiškią ir išsamią informaciją apie taršą azoto ir fosforo junginiais iš sutelktosios taršos šaltinių. Galimos išimtys yra numatytos tik dirbtiniams arba labai stipriai pakeistiems vandens telkiniams. Pagal ES direktyvą dėl miestų nutekamųjų vandenų valymo stambesniuose Lietuvos miestuose iš nuotekų būtina pašalinti azotą ir fosforą. Lietuvoje apie 80 % nuotekų yra išvaloma biologinio valymo įrenginiuose, 18 % nuotekų valomos mechaniniuose valymo įrenginiuose, o apie 2 % nuotekų yra nevalomos ir išleidžiamos į paviršinių vandenų telkinius (Lietuvos respublikos aplinkos ministerija 2007).

Vandens kokybė priklauso nuo daugelio veiksnių: nuotėkio, klimato, geografinių sąlygų, vandens augalijos ir gyvūnijos, hidrologinių ir hidrodinaminių procesų (Bagdžiūnaitė – Litvinaitienė 2010). Tačiau gera upių ekologinė būklė ir vandens kokybė priklauso nuo į vandenį patenkančių teršalų savybių ir jų kiekių.

Didžiausiems paviršinių vandenų taršos šaltiniams priskiriami ne tik pasklidosios, bet ir sutelktosios taršos šaltiniai: miestuose, kaimuose, pramonės įmonėse ir kt. susidariusios nuotekos. Teršalai iš pramonės įmonių, degalinių ir kitų sutelktosios taršos šaltinių rečiau pastebimi prie upių intakų, dažniau jų grėsmė išauga upei tekant pasroviui (pvz.: Huanghės ir Nilo upės), tačiau yra upių, kur tarša labiau pastebima upės ištakose, o upei tekant pasroviui išsisklaido (pvz.: Amazonės upė). Urbanizuotose, tankiai apgyvendintose teritorijose upių taršą galima pastebėti per visą jų ilgį. Todėl norint užtikrinti sėkmingą vandens išteklių strategijos įgyvendinimą, reikia užtikrinti pusiausvyrą tarp žmogiškųjų išteklių naudojimo ir upių ekosistemų apsaugos (Vorosmetry 2010).

Plačiau Lietuvos upių vandens kokybės kaitos tendencijas nagrinėjo Vaitiekūnienė (2005, 2006). Vaitiekūnienė (2006) konstatuoja, kad didžiausi teršalų kiekiai – apie 72 % viso fosforo, 65 % amonio, 98 % nitratų kiekio – į upes patenka su išsklidusia žemės ūkio tarša, tačiau vis didesnę įtaką upių vandens kokybei daro iš pramonės įmonių ir gyvenviečių patenkanti tarša (Šileika 2006). Nors pasaulio, kartu ir Lietuvos, mokslininkai aktyviai tiria miestų taršos įtakos pasekmes vandens telkiniams, tačiau iki šiol nebuvo išanalizuota ir įvertinta Marijampolės miesto taršos įtaka Šešupės upės hidrochemijai, kai upės ekologinei būklei įtakos turi ne tik pasklidoji tarša, bet ir sutelktoji tarša – nuotekos iš miesto nuotekų valyklos išleistuvo bei pramoninių ar gamybinių nuotekų išleistuvų.

Tyrimų objektas

Šiame darbe pasirinkta tyrimų sritis – paviršinio vandens kokybė pagal hidrocheminius rodiklius. Detaliau nagrinėjama Šešupės upės vandens kokybės kaita nuo Lenkijos sienos iki Kaliningrado pasienio. Kadangi Šešupės upės baseinas apima nemažą Sūduvos krašto teritoriją ir upės vandens kokybę formuoja teršalai, patenkantys ne tik iš Marijampolės savivaldybės, bet ir kitų

teritorijų. Vandens kokybės stebėjimai pagal patvirtintus aplinkos apsaugos ministro planus atliekami monitoringo postuose: Lenkijos pasienyje, aukščiau ir žemiau Kalvarijos, žemiau Aukštosios Butkos, ties Kuktiškiais, ties Būdviečiais, žemiau Nendrinių ir Kaliningrado pasienyje.

Šešupės upė pasižymi išskirtinėmis hidrodinaminėmis savybėmis (nedideliu upės tėkmės greičiu (0,2–0,3 m/s), vingiuotumu ir kt.) kurios veikia taršos tendencijas upėje.

Temos aktualumas

Tiriant upių taršą, daug dėmesio skiriama azoto ir fosforo junginiams (Ruminaitė 2010), tačiau nemažiau svarbu įvertinti biocheminio deguonies suvartojimo (BDS_7) bei ištirpusio deguonies kiekio (O_2) koncentracijų įtaką upių vandens kokybei. Jei vanduo aprūpinamas deguonimi, vyksta spartesni apsivalymo procesai, o tai pagerina vandens kokybę (Lysovienė 2011).

Norint įvertinti Šešupės upės vandens kokybę bei prognozuoti ir kontroliuoti ekologinę būklę, pagrindinis dėmesys turėtų būti skiriamas cheminių medžiagų: bendrojo azoto (N_b), nitratinio azoto (NO_3-N), amonio azoto (NH_4-N), bendro fosforo (P_b), fosfatinio fosforo (PO_4-P) ir biocheminio deguonies suvartojimo per 7 dienas (BDS_7) ir ištirpusio deguonies kiekio vandenyje (O_2) koncentracijų kaitai sezoniniu laikotarpiu bei ekonominių ir socialinių reiškinių kaitos ilgalaikių tendencijų įvertinimui.

2000–2012 m. tyrimų laikotarpis pasirinktas neatsitiktinai, nes kaip tik šiuo laikotarpiu vyko didelės permainos pramonės, žemės ūkio bei vandentvarkos sektoriuose. Nors vandens suvartojimas sumažėjo, tačiau pramoninės veiklos mastai išaugo, o trąšų naudojimas žemės ūkyje nesumažėjo arba sumažėjo nežymiai. Dėl šių priežasčių poveikis Šešupės upės vandeniui vyksta nuolatos, tačiau tik nuo poveikio intensyvumo ir trukmės priklauso ar vandens telkinys jau paveiktas tiek, kad gamtinė aplinka pakitusi, ar telkinio gebėjimas atsistatyti dėl patiriamo poveikio vis dar yra išlikęs. Taip pat šiuo laikotarpiu buvo įgyvendinami vandentvarkos projektai, kuriuos Lietuvai padėjo įgyvendinti ES struktūriniai paramos fondai (ISPA, Sanglaudos fondas bei SAPARD).

Žinant, kokios antropogeninės ir gamtinės charakteristikos turi didesnės įtakos upių hidrochemijai, atsiranda ne tik mokslinis pagrindas naujiems moksliniams tyrimams vykdyti bei lyginti tarpusavyje, bet ir teorinė pagalba efektyviau vykdyti paviršinių vandens telkinių vandensaugos politiką, siekiant turėti švaresnę Baltijos jūrą.

Mokslinis naujumas

Išanalizuota ir įvertinta cheminių medžiagų (organinių ir biogeninių) koncentracijų ir jų kiekių kaita 2000–2012 m. Šešupės upės vandenyje Marijampolės miesto taršos atžvilgiu. Pateiktos

matematinės priklausomybės, leidžiančios prognozuoti cheminių medžiagų kaitos tendencijas iš ilgalaikės perspektyvos. Nustatyti miesto sutelktosios taršos šaltiniai, turintys įtakos Šešupės upės ekologinei būklei, siūlomos prevencinės priemonės upės ekologinei situacijai gerinti.

Darbo tikslas

Išanalizuoti Šešupės upės hidrocheminius rodiklius 2000–2012 m. laikotarpyje, įvertinti Marijampolės miesto taršos įtaką upės ekosistemai bei pasiūlyti prevencines priemones, kurios galėtų pagerinti upės ekologinę būklę.

Darbo uždaviniai

- Įvertinti fizinės-geografinės Šešupės upės baseino charakteristikas, jų daromą įtaką upės hidrocheminei kaitai.
- Atlikti Šešupės upės vandens kokybės parametrų (N_b , NO_3-N , NH_4-N , P_b , PO_4-P , BDS_7 , O_2) analizę 2000–2012 m. laikotarpiu atskiruose šios upės monitoringo postuose.
- Nustatyti ir įvertinti Marijampolės miesto taršos šaltinius, darančius įtaką Šešupės upės ekologinei būklei.
- Įvertinti ryšį tarp upės vandens kokybės ir teršiančių medžiagų.
- Pasiūlyti prevencines priemones bei jų taikymo galimybes Šešupės upės ekologinei situacijai pagerinti.

Hipotezė

Iš Marijampolės miesto taršos šaltinių, patekusios cheminių medžiagų koncentracijos blogina Šešupės upės vandens kokybę bei ekologinę būklę.

1. HIDROCHEMINIŲ MEDŽIAGŲ KAITĄ LEMIANTYS VEIKSNIAI

Šiame skyriuje pateikiama trumpa informacija, kuri yra susijusi su magistrinio darbo tema. Pateikiama Lietuvos hidrografinio tinklo apžvalga, informacija apie Lietuvos upių baseinų rajonus bei pabaseinius. Apžvelgiami pagrindiniai vandens tvarkymą ir apsaugą reglamentuojantys Europos sąjungos bei Lietuvos Respublikos teisiniai aktai, įstatymai, direktyvos ir normatyviniai dokumentai. Išanalizuojami pagrindiniai pasklidosios ir sutelktosios taršos šaltiniai, turintys įtakos Šešupės upės hidrochemijai.

1.1. Baltijos jūros baseinas

Visa Lietuva yra Baltijos jūros baseine (1.1 pav.). Baseino bendras plotas 1,7 mln. km². Baltijos jūra – antras pagal dydį pasaulyje druskėto (mažo druskingumo) vandens telkinys. Jos teritorija suskirstyta į šiaurinę, pietinę ir rytinę dalis. Geologiniu požiūriu Baltijos jūra yra jauna ir vis dar kintanti. Pagal dabartinę savo raidos būklę ji yra maždaug 4000 metų amžiaus. Dėl savo uždarumo ir aplinkos sąlygų ji yra labai jautri taršai bei įvairioms žmogaus ūkinės veiklos pasekmėms.



1.1 pav. Baltijos jūros baseinas (European Atlas 2014)

Specifinės ekologines sąlygas Baltijos jūroje daugiausia lemia lėta vandens apytaka su kitomis Pasaulinio vandenyno dalimis. Todėl pati svarbiausia ekologinė Baltijos jūros problema – eutrofikacija, arba vandens ekosistemos būklė, kai didelės maistinių medžiagų koncentracijos skatina dumblių augimą ir organinės medžiagos pertekliaus susidarymą, kuris pakeičia sistemos pusiausvyrą bei funkcionavimą (Helsinkio komisija 2010). Ryškiausias eutrofikacijos požymis – gausūs smulkių vandens dumblių „žydėjimai“ (dar vadinami vandens žydėjimu), šiltomis vasaromis dengiantys didelius jūros plotus. Tai sukelia kitą, ne tokį akivaizdų, bet dar daugiau žalos priduriantį procesą – didėjančią deguonies suvartojimą, kuris sukelia ištirpusio vandenyje deguonies stoką ir dugno organizmų bei žuvų žūtį. Tai smarkiai paveikia ir tokių komercinių žuvų kaip plekšnės ir menkės reprodukciją (WWF 2008), o taip pat yra mirties zonų jūros dugne atsiradimo priežastis. Pagrindinė eutrofikacijos priežastis – didelė azoto ir fosforo priteka į vandens ekosistemas iš įvairių taršos šaltinių sausumoje. Apie 75 % azoto ir 95 % fosforo į Baltijos jūrą atkeliauja upėmis (Kutra 2007). Pusė to kiekio susidaro išplovus trąšas iš dirbamų laukų, kai jiems tręšti naudojami per dideli trąšų kiekiai ar kai tręšiama esant įšalui, ir dirva nesugeba pasisavinti trąšų. Kiti azoto ir fosforo šaltiniai yra miškininkystė, pramonės ir miestų nuotekos, tarša iš laivų ir automobilių. Apie 25 % azoto patenka iš atmosferos, o skalbiklių ir ploviklių junginiai sudaro 24 % į jūrą patenkančio fosforo. Nuo XX a. 8-ojo dešimtmečio pabaigos fosforo ir azoto patekimas į jūrą stabilizavosi, tačiau jų koncentracijos išlieka labai didelės (Environmental Conditions 2013).

Kita nemažesnė Baltijos jūros problema – tai tarša pavojingomis medžiagomis, į jūrinę aplinką patenkančiomis ne tik su nuotekomis ar iš dirbamų laukų (pesticiduose esančios pavojingos medžiagos), bet ir iš laivybos, ūkinės veiklos uostuose ar atviroje jūroje. Dėl intensyvėjančios laivybos daugėja avarinių naftos išsiliejimų, kurie veikia ekologinę Baltijos jūros būklę – daro žalą gyviesiems organizmams. Nustatyta, kad į Baltijos jūrą kasmet patenka 20–2000 tūkst. t naftos (Rutkovienė 2010). Laivyboje suvartojami degalai sudaro 1,5–3 % bendrosios anglies dvideginio emisijos ir nemažai prisideda prie pasaulinės azoto ir sieros oksidų emisijų. Numatoma, kad 2020 metais azoto ir sieros emisijos iš laivybos visoje Europoje viršys visus ES sausumos šaltinius. Baltijos jūroje azoto emisijos milžinišku įnašu prisideda prie vandens eutrofikacijos (Ruskulė 2009).

Baltijos jūra pripažinta kaip viena labiausiai užterštų ir ekologiškai jautrių jūrų pasaulyje – besaikės maisto medžiagų ir toksinių chemikalų emisijos, augantis jūros panaudojimas laivybai, naftos transportavimui ir su tuo susiję taršos pavojai, didėjantis invazinių rūšių skaičius, plataus masto komercinė žvejyba ir kita atvedė trapią Baltijos jūros ekosistemą į pavojingai jai nepalankią būklę. Bet nerimą kelianti jūros būklė kartu sustiprino mokslininkų ir politikų sąmoningumą imtis veiksmų, būtinų apsaugoti unikalią Baltijos jūros ekosistemą, teikiančią mums maisto ir energijos bei rekreacijos vietą. Dėl to Baltijos jūra tapo viena geriausiai ištirtų jūrų pasaulyje.

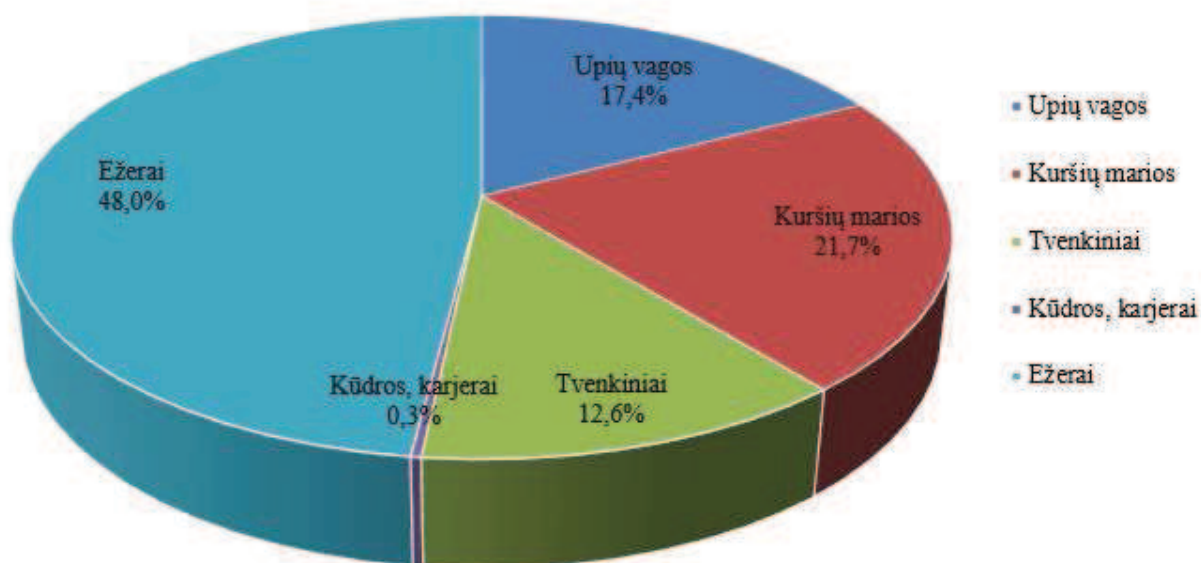
Baltijai sukurta viena pažangiausių aplinkos apsaugos programų, tarptautinė bendradarbiavimo sistema, taip pat siekiama tvarios plėtros bei padaryti Baltijos jūrą „gerosios praktikos“ pavyzdžiu kitoms pasaulio šalims.

Dar 1974 metais Helsinkyje Baltijos šalys kartu pasirašė Baltijos jūros apsaugos konvenciją, žinomą Helsinkio konvencijos pavadinimu. 1980 metai buvo įkurta Baltijos jūros aplinkos apsaugos komisija (Helsinkio komisija dažniau vadinama HELCOM), kad dirbtų taršos mažinimo srityje.

2007 metais Helsinkio komisija patvirtino Baltijos jūros veiksmų planą. Šiame dokumente išvardinti tikslai ir priemonės, kuriomis siekiama pažaboti eutrofikaciją, sumažinti pavojingų medžiagų kiekį, pagerinti jūrinės įvairovės būklę ir sudaryti sąlygas jūrinėms veikloms vykdyti aplinkai nekenkiančiu būdu.

1.2. Lietuvos hidrografinis tinklas

Lietuvos hidrografinį tinklą sudaro įvairūs vandentakiai (upės, upeliai ir upokšniai, kanalai ir grioviai), ežerai ir tvenkiniai, kiti vandens telkiniai. Iš viso Lietuvoje yra priskaičiuojama apie 22,2 tūkstančių upių ir upelių, kurių bendras vagų ilgis – apie 76,8 tūkst. km. Hidrografinio tinklo tankumas Lietuvoje sudaro 1,18 km/km². Lietuvoje yra apie 2850 ežerų, kurių plotas 0,5 ha ir didesnis. Visų ežerų plotas siekia per 914 km², tai užima apie 1,5 % viso Lietuvos teritorijos ploto. Visų paviršinio vandens telkinių plotų pasiskirstymas pateiktas 1.2 pav. (Aplinkos... 2013).



1.2 pav. Paviršinių vandens telkinių plotų pasiskirstymas (%) (Aplinkos... 2013)

Lietuvos teritorijoje yra išskiriami 4 upių baseinų rajonai (UBR) – Lielupės, Ventos, Dauguvos ir Nemuno URB, kurie yra sudaryti iš vienos ar kelių upių baseinų (1.3 pav.).



1.3 pav. Lietuvos upių baseinų rajonai (AAA 2013)

Remiantis Ventos upių UBR planu (Ventos 2010) Ventos baseinas yra išsidėstęs Lietuvos ir Latvijos teritorijose. Venta išteka iš Žemaičių aukštumos ir įteka į Baltijos jūrą ties Ventspiliu. Lietuvoje yra beveik 44 % baseino ploto. Lietuvoje, išsidėsčiusią Ventos UBR dalį sudaro Ventos, Bartuvos ir Šventosios upių baseinų dalys. Baseino ežeringumas Lietuvos teritorijoje yra apie 1 % (iš viso yra virš 80 ežerų) (Aplinkos... 2013).

Vertinant Ventos UBR hidrocheminę būklę, skirtingais metais buvo analizuojami vandens kokybės monitoringo duomenys. Remiantis vandens kokybės monitoringo duomenimis nustatyta, kad į Ventos upės vandenis teršalai daugiausia patenka iš sutekusių vandens šaltinių, tokių kaip: žuvininkystės tvenkiniai, atliekų šalinimo užsiimančios įmonės, konservuotų produktų gamybos įmonė, paukštynas bei alaus darykla. Iš gamybinės nuotekas išleidžiančių išleistuvų į Ventos baseino vandens telkinius patenka apie 18,3 t BDS₇, 4,3 t amonio azoto, 9,3 t nitratų azoto, 19,2 t bendrojo azoto ir 3,3 t bendrojo fosforo. Tuo tarpu pasklidusios taršos šaltiniai ir apkrovos nedaro reikšmingo neigiamo poveikio Ventos UBR vandens telkinių kokybei. Ventos URB yra aktuali tarptautinė tarša, nes Lietuvos teritorijoje susidariusi tarša pagrindinėmis upėmis yra išnešama į Latvijos teritoriją.

Remiantis Ventos UBR upių vandens telkinių ekologinės būklės vertinimu, nustatyta, kad šiame UBR yra 14 vandens telkinių, kurių ekologinė būklė yra labai gera, 27 vandens telkiniai atitinka geros ekologinės būklės reikalavimus, vidutinė ekologinė būklė nustatyta 42 telkiniuose.

Lielupės UBR yra priskiriamos Lietuvos teritorijoje esančios Mūšos, Nemunėlio ir Mažųjų Lielupės intakų pabaseinių dalys. Bendras Lielupės UBR plotas yra 8938,3 km². Lielupės UBR upėms būdingas mažas nuotėkis (5-6 l/s/km²), todėl jos yra ypač jautrios sutektajai taršai. Šiame regione beveik visi didieji miestai nuotekas išleidžia į nedideles upes, kurių taršos akumuliacijos geba yra labai menka. Nors pastaraisiais metais labai išaugo didžiųjų miestų vandenvėlos įrenginių darbo efektyvumas, dėl menkų taršos praskiedimo galimybių vasaros laikotarpiais, daugelio svarbiausių sutelktosios taršos šaltinių, t.y. aglomeracijų, kurių apkrovos viršija 2000 GE, tarša daro reikšmingą poveikį vandens telkinių – priimtuvų kokybei.

Atliktų tyrimų rezultatai rodo, kad šiuo metu pasklidoji žemės ūkio tarša yra vienas svarbiausių ir reikšmingiausių poveikį Lielupės UBR vandens telkinių kokybei darančių veiksnių. Pasklidoji žemės ūkio tarša yra vienas pagrindinių nitratų azoto taršos šaltinių. Pasklidąją žemės ūkio taršą sudaro į dirvožemį su gyvulių mėšlu ir mineralinėmis trąšomis patenkančios organinių medžiagų, azoto ir fosforo junginių apkrovos.

Lielupės UBR svarbiausias, potencialiai pavojingiausiais sutelktosios taršos objektais vadinami gyvulininkystės kompleksai.

Atlikus Lielupės UBR upių kategorijos vandens telkinių ekologinės būklės vertinimą nustatyta, kad šiame UBR nėra labai geros ekologinės būklės reikalavimus atitinkančių vandens telkinių, o iš jų net 16 priskiriami vandens telkiniams, kuriems reikia taikyti papildomas priemones, norint pagerinti vandens kokybę ir pasiekti gerą ekologinę būklę (Lielupės 2010).

Dauguvos UBR yra priskiriama Lietuvos teritorijoje esančios Dysnos, Laukesos ir Lukštos baseinų dalys. Didžioji dalis Dauguvos UBR Lietuvos teritorijoje plyti aukštumose, kur upių nuolydis gana didelis (> 1,5 m/km). Nors Dauguvos UBR yra pats mažiausias, tačiau ir pats švariausias UBR Lietuvoje.

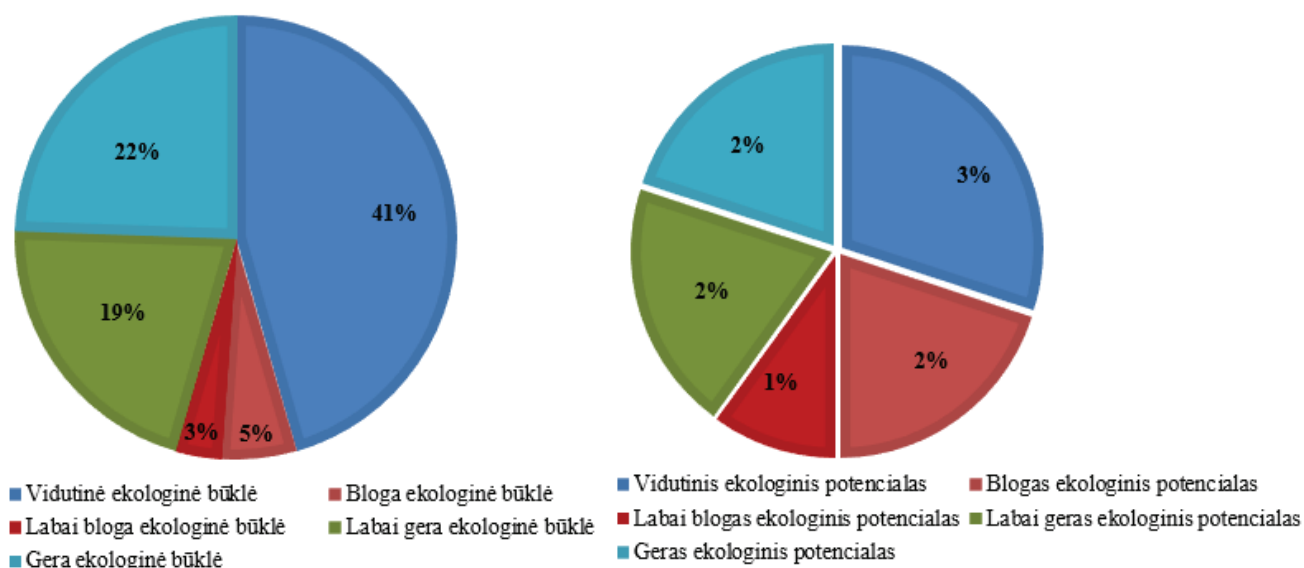
Nustatyta, kad žemės ūkio veikla Dauguvos UBR nėra labai teršianti vandens telkinius, didesnę įtaką Dauguvos vandenims daro stambesnės įmonės: Rupinskų kiaulininkystės kompleksas „Saerimner“, UAB „Birvėtos tvenkiniai“, tačiau šiuose tvenkiniuose BDS₇, bendro azoto ir fosforo koncentracijos retai viršija leistinas normas, todėl UAB „Birvėtos tvenkiniai“ tarša nedaro reikšmingo poveikio vandens telkinių kokybei (Dauguvos 2010).

Nemuno upių baseinų rajonui (UBR) yra priskiriama Lietuvos teritorijoje esanti Nemuno upės baseino dalis, Lietuvos pajūrio upių baseinas, Lietuvos teritorijoje esanti Priegliaus upės baseino dalis, Lietuvai priklausanti Kuršių marių dalis, Kuršių marių vandens išplitimo Baltijos jūroje zona ir Baltijos jūros priekrantės vandenys. Bendras Nemuno UBR plotas yra 48443,7 km².

Ilgiausi ir didžiausi pagal baseinų plotą Nemuno intakai Lietuvoje yra Merkys, Neris, Nevėžis, Dubysa, Šešupė, jūra ir Minija.

Pasklidoji žemės ūkio tarša yra vienas svarbiausių ir reikšmingiausių poveikį Nemuno UBR vandens telkinių kokybei darančių veiksnių. Didžiausia ji yra vidurio Lietuvoje, mažiausia – pietrytinėje šalies dalyje. Didžiausi pasklidusios taršos krūviai tenka Nevėžio, Šešupės, Dubysos ir Jūros pabaseiniams. Čia net 75–80 % nitratų azoto į vandens telkinius patenka dėl žemės ūkio poveikio.

Labai geros ekologinės būklės reikalavimus Nemuno UBR atitinka 102 upės. 135 upės yra geros ekologinės būklės. Vidutinė ekologinė būklė buvo nustatyta 258 upėse, bloga – 26 upėse, o labai bloga ekologinė būklė – 5 upėse (1.4 pav.) (Nemuno 2010).



1.4 pav. Nemuno UBR vandens telkinių (upių) ekologinė būklė ir ekologinis potencialas (Nemuno 2010)

Žikulinas (2009) atlikdamas tyrimą pastebėjo, kad upių ir jų baseinų konfigūracija yra gana kaiti laiko požiūriu, ypač greitai kito upių tėkmių formos dėl vykdomos žmonių ūkinės veiklos, melioracijos darbų.

1.3. Vandens apsaugos teisės aktai

Vandens politikos sritį ES reglamentuoja daugiau nei 25 direktyvos ir sprendimai. Direktyvose nustatomi tikslai, kuriuos turi pasiekti valstybės narės. Direktyva gali būti skirta vienai, kelioms arba visoms valstybėms narėms.

Lietuvoje naudojant vandens išteklius turi būti vadovaujamas ne tik ES teisės aktais, bet ir Lietuvos Respublikos konstitucija, Aplinkos apsaugos, Žemės gelmių, Jūros aplinkos apsaugos, Vandens, Melioracijos ir kitais įstatymais.

Bendrosios vandenų politikos direktyvos (2000/60/EB) tikslas – užtikrinti, kad iki 2015 m visuose vandens telkiniuose būtų pasiekta gera paviršinio ir požeminio vandens ir nuo jų priklausomų sausumos ekosistemų būklė bei apsaugoti nuo būklės blogėjimo. Norint nustatyti, kokia paviršinių vandens telkinių ekologinė būklė, vadovaujamas aplinkos ministro patvirtinta paviršinių vandens telkinių būklės nustatymo metodika (D1-178 2010). Upių ekologinė būklė vertinama pagal fizinius-cheminius, hidromorfologinius ir biologinius kokybės elementus. Upių fiziniai-cheminiai kokybės elementai yra maistingosios medžiagos, organinės medžiagos bei prisotinimas deguonimi. Pagal kiekvieno rodiklio vidutinę metinę vertę vandens telkinys priskiriamas vienai iš penkių ekologinės būklės klasių (1.1 lentelė).

1.1 lentelė. Upių ekologinės būklės klasės pagal fizikinių-cheminių kokybės elementų rodiklius (Aplinkos 2010)

Eil. Nr.	Kokybės elementas	Rodiklis	Upės tipas	Etaloninių sąlygų rodiklių vertė	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	1–5	0,90	<1,30	1,30–2,30	2,31–4,50	4,51–10,00	>10,00
2		NH ₄ -N, mg/l	1–5	0,06	<0,10	0,10–0,20	0,21–0,60	0,61–1,50	>1,50
3		N _b , mg/l	1–5	1,40	<2,00	2,00–3,00	3,01–6,00	6,01–12,00	>12,00
4		PO ₄ -P, mg/l	1–5	0,03	<0,050	0,050–0,090	0,091–0,180	0,181–0,400	>0,400
5		P _b , mg/l	1–5	0,06	<0,100	0,100–0,140	0,141–0,230	0,231–0,470	>0,470
6	Organinės medžiagos	BDS ₇ , mg/l	1–5	1,80	<2,30	2,30–3,30	3,31–5,00	5,01–7,00	>7,00
7	Prisotinimas deguonimi	O ₂ , mg/l	1, 3, 4, 5	9,50	>8,50	8,50–7,50	7,49–6,00	5,99–3,00	<3,00
8		O ₂ , mg/l	2	8,50	>7,50	7,50–6,50	6,49–5,00	4,99–2,00	<2,00

Taip pat upių vandens kokybė priklauso nuo jo hidrocheminių parametrų (spalvos, šarmingumo, kietumo) ir biologinių vandens ypatybių (kvapo, skonio, bakterijų kiekio) (Vaikasas 2007).

Lietuvos Respublikos aplinkos apsaugos įstatymas (Lietuvos... 2005) reguliuoja visuomeninius santykius aplinkosaugos srityje, nustato pagrindines juridinių ir fizinių asmenų teises ir pareigas išsaugant Lietuvos Respublikai būdingą biologinę įvairovę, ekologines sistemas bei kraštovaizdį, užtikrinant sveiką ir švarią aplinką, racionalų gamtos išteklių naudojimą Lietuvos Respublikoje. Šio įstatymo pagrindu priimti kiti gamtos išteklių naudojimą bei aplinkos apsaugą reglamentuojantys įstatymai ir teisės aktai.

Lietuvos Respublikos vandens įstatymu (Lietuvos... 2003) siekiama reglamentuoti santykius, atsirandančius naudojant, valdant ir saugant gamtinėje aplinkoje esantį vandenį. Pagrindiniai įstatymo tikslai yra: neleisti prastėti vandens ekosistemų būklei, gerinti vandens kokybę, racionaliai ir subalansuotai naudoti vandenį bei mažinti žalingą poveikį vandeniui.

Tikslus, numatytus vandens įstatyme, įgyvendinti padeda direktyva dėl vandenių apsaugos nuo taršos nitratais iš žemės ūkio šaltinių (nitrato direktyva 91/676/EEB) (Lietuvos... 2003). Direktyvos tikslas – sumažinti neigiamą trąšų poveikį geriamojo vandens šaltiniams ribojant neorganinių trąšų ir mėšlo naudojimą žemės ūkio kultūroms tręšti, kontroliuoti taršos šaltinius.

Siekiant apsaugoti ir gerinti paviršinio vandens telkinių būklę pirmiausia remiamasi nuotekų tvarkymo reglamentu (Dėl nuotekų... 2006), kuris nustato pagrindinius aplinkosaugos reikalavimus nuotekų surinkimui, valymui ir išleidimui siekiant apsaugoti aplinką nuo taršos. Jame pateiktos ribinės išleidžiamų į gamtinę aplinką nuotekų vertės (DLK). Taip pat šiam tikslui buvo patvirtintas LR Aplinkos ministro 2006 įsakymas Nr. D1-633 „Dėl paviršinių vandens telkinių, kuriuose gali gyventi ir veisti gelavandenės žuvys, apsaugos reikalavimų aprašo“ ir pagal 1 priedą (Dėl paviršinių... 2006) yra nustatomos vandens kokybės rodiklių ribinės vertės lašišiniams ir karpiniams vandens telkiniams.

Pasaulyje ir Lietuvoje pabrėžiama ryšių tarp sausumos ir vandens svarba sutelkiant dėmesį į pakrantės ekoną – pereinamąją zoną tarp sausumos ir vandens ekosistemų (Brinzon 2002). Kadangi pakrantės ekosistema yra aktyvi ir labai svarbi teritorija visoms upėms, paviršinių vandens telkinių apsaugos zonų ir pakrančių apsaugos juostų nustatymo tvarkos aprašas (Dėl paviršinių... 2007) reglamentuoja paviršinių vandens telkinių (išskyrus Baltijos jūrą ir Kuršių marias) apsaugos zonų ir pakrančių apsaugos juostų nustatymo principus. Tvarkos apraše nustatyti pakrančių apsaugos juostų plotai priklausomai nuo paviršinių vandens telkinių ilgių ir ploto, pakrantės žemės paviršiaus nuolydžio kampo. Paviršinių vandens telkinių apsaugos zonos ir pakrančių apsaugos juostos nenustatomos prie griovių.

Šių juostų atkūrimas labai svarbus veiksnys natūralizuojant griovius ir reguliuotus upelius, mažinant žmogaus ūkinę taršą. Sumedėjusi ir žolinė augalija, auganti pakrančių apsaugos juostose, padeda apsaugoti upių vandenį nuo taršos maistingomis medžiagomis, sulaiko potvynio atneštus nešvarumus, saugo nuo erozijos, pagerina gretimų laukų mikroklimatą, deja, žemdirbių nėra mėgstamos, nes šešėliuodamos mažina derlių (Barvidienė 2008).

1.4. Upių vandens kokybei darančių įtaką veikusių analizė

Mokslinėje literatūroje skelbiama daug straipsnių, kuriuose analizuojama vandens kokybės priklausomybė nuo daugelio ją lemiančių veikusių – tiek gamtinių sąlygų, tiek žmogaus ūkinės veiklos intensyvumo (Pauliukevičius 2000).

Pagrindiniai upių vandens taršos šaltiniai biogeninėmis medžiagomis yra pasklidę tarša. Bagdžiūnaitė–Litvinaitienė (2005) teigia, kad maistinės medžiagos, ypač azotas ir fosforas, yra sudėtinės trąšų dalys, kurios labai svarbios augalų medžiagų apykaitai. Aksomaitienė (2003) nagrinėdama mineralinio azoto migraciją skirtingo biogeninio produktyvumo agroekosistemose nustatė, kad mineralinio azoto atsargas dirvožemyje iš esmės nulemia daugelis gamtinių ir žmogaus veiklos veikusių: tręšimas, augalų produktyvumas, lauko užimtumo koeficientas ir drenažo nuotėkis, kuris nepriklauso nuo ūkininkavimo būdo, bet buvo veikiamas meteorologinių sąlygų ir dirvožemi hidrologinių savybių. Tumas (2001) upių vandens kokybės kitimą sieja su nevienodomis gamtinėmis sąlygomis (fizinė geografinė padėtis, klimatas, upės baseino ekologinės sąlygos ir kt.), o Povilaitis (2003) akcentuoja, kad iš biogeninių medžiagų koncentracijų ir medžiagų srauto tendų negalima spręsti apie upių taršos didėjimą ar mažėjimą.

Didžiausi sutelktosios taršos šaltiniai yra didžiųjų aglomeracijų nuotekų valyklų (NV) išleistuvai bei pramonės įmonių NV išleistuvai. Daugiausia gamybinės nuotekos yra išleidžiamos į miestų nuotekų valymo įrenginius ir apdorojamos kartu su buitinėmis nuotekomis. Behrendt (2000) teigia, kad iš koncentruotos taršos šaltinių į upes patenka iki 65 % fosforo. Fosforas lengvai nuteka į vandenį iš rūgščių dirvožemių, kadangi fosforo junginiai surišti su metalo jonais, ištirpusiais rūgštinėje aplinkoje.

Pramonės įmonių, išleidžiančių nuotekas tiesiogiai į vandens telkinius, išleistuvų Nemuno UBR yra palyginti nedaug – tik 58. Tokiomis aglomeracijomis galima įvardinti aglomeracijas, kurių taršos apkrovos viršija 2000 GE (Aplinkos... 2010).

Kai kurie mokslininkai nagrinėja atskirai tam tikrų medžiagų poveikį upės vandeniui, o taip pat tos medžiagos (pvz., fosforo) koncentracijos kiekį lemiančius veiksniai (Kutra 2007). Svarbu žinoti, ar esant tam tikroms cheminių medžiagų koncentracijoms, upėse gali vykti savaiminiai apsivalymo procesai, ar reikalinga ieškoti kitų vandens išvalymo būdų. Haggard (2001) išskiria 2 veiksniai, turinčius įtakos vandens kokybės valdymui, atsižvelgiant į sutelktąją taršą. Pirmiausia tarša iš sutelktosios taršos šaltinių apsunkina upių savaiminio apsivalymo galimybes. Antra dalis iš nuotekų išleistuvo patekusių teršalų nepriklausomai nuo jų koncentracijos laikinai sulaikoma upėje.

Peterson (2001) teigia, kad $\text{NH}_4\text{-N}$ ir $\text{PO}_4\text{-P}$ sulaikymo efektyvumas priklauso nuo upės debito – kuo didesnis vandens telkinio debitas, tuo mažesnis šių medžiagų sulaikymo efektyvumas,

t. y. tuo didesnių atstumų reikia joms absorbuoti. Azoto ir fosforo organinių ir neorganinių formų koncentracijų svyravimams būdingas sezoniškumas. Grizzetti (2005) duomenimis, daugiau biogeninių medžiagų pašalinama vasaros laikotarpiu, kai esant aukštesnei temperatūrai pagreiteja biologiniai procesai bei vyksta spartesnė sedimentacija. Augalų fosforo asimiliacija priklauso nuo augalijos tipo ir augimo būdo. Plaukiojantys augalai dažnai auga arčiau upelių pakrančių, ir fosforas, transformuojamas vandenyje, dažnai neturi tiesioginio ryšio su šių augalų šaknimis. Daugiausia fosforo augalai pasisavina sparčios vegetacijos metu – tada fosforas augalams reikalingas augimui, o rudens/ žiemos periodu jo pasisavinama mažiausiai ar net visiai nepasisavinama. Kyllmar (2006) nurodo, kad azoto išplovimą skatina šiltos žiemos, didelis kritulių kiekis, smėliniai dirvožemiai ir didelis gyvulių tankis. Fosforo daugiau patenka į upelius, kurių baseinuose vyrauja molingi dirvožemiai ir gausūs krituliai. Fosforas per molio mikroporas greitai prateka į drenažo kanalus ir taip išsiplauna iš laukų.

Apibendrinat mokslinių darbų ir teisinių dokumentų apžvalgą, nustatyta, kad upių vandens cheminę būklę lemia daugybė veiksnių. Nustatyta, kad upių vandens būklei didelę įtaką turi ir pasklidoji ir sutelktoji tarša. Tačiau azoto junginių koncentracijų svyravimus labiau veikia žemės ūkio veiklos intensyvumas, o fosforo junginiams didesnės įtakos turi buitinės nuotekos iš gyvenviečių ar gamybinės nuotekos iš pramonės įmonių. Šios tendencijos aiškinamos tuo, kad azotas yra lengviau išplaunamas iš dirvožemio dėl mobilumo savybių. Labiausiai paviršinio vandens kokybę nusako hidrocheminis režimas, bijotos gausa ir antropogeninės veiklos intensyvumas. Lietuvos mokslininkai, remdamiesi eksperimentiniais tyrimais, nustatė Lietuvos sritis, kurios išsiskiria antropogeninės veiklos intensyvumu. Vidurio Lietuva pasižymi didžiausiais biogeninių medžiagų srautais, o mažiausiais šių medžiagų srautais pasižymi – pietryčių Lietuva.

Nors nagrinėtų autorių publikacijose randama daug informacijos apie atskiras charakteristikas, turinčias įtakos vienų ar kitų cheminių parametrų kaitai upėse, tačiau išsamesnės informacijos apie sutelktosios taršos šaltinių (miestuose esančių taršos šaltinių) daromą įtaką Šešupės upei nepavyko rasti.

2. TYRIMŲ OBJEKTAS IR METODIKA

2.1. Tyrimo objekto aprašymas

Lietuvoje visos upės priklausomai nuo jų dydžio (ilgio) yra skirstomos į tokias kategorijas (Jablonskis 2007):

1. Smulčiausios upės – nuo 0,25 iki 3 km ilgio (upeliūkščiai) – sudaro 80,14 % viso Lietuvos upių skaičiaus;
2. Smulkios upės – nuo 3 iki 10 km ilgio (upokšniai ir upeliai) – sudaro 16,39 % visų upių;
3. Vidutinės upės – nuo 10 iki 100 km ilgio – sudaro 3,39 % visų upių;
4. Didelės upės – daugiau kaip 100 km ilgio – sudaro tik 0,08 % visų Lietuvos upių.

Ketvirtajai kategorijai priskiriama tyrimui pasirinkta – Šešupės upė (2.1 pav.). Ši upė teka Lenkijos, Lietuvos ir Kaliningrado srities teritorija. Tai Nemuno upės kairysis intakas. Lietuvoje yra 80 % Šešupės baseino ploto ir 53 % upės vagos ilgio. Nemuno didžiausių intakų sąraše ji yra ketvirta pagal ilgį (297,6 km) ir šešta pagal baseino plotą – 6104,8 km², iš jų 4898,0 km² yra Lietuvoje (Kilkus 2011).



2.1 pav. Šešupės upė ir jos baseinas (Marijampolės savivaldybės nuotrauka 2014, Lietuvos upės 2010)

Šešupės aukštupys (27 km, baseino plotas 287 km²) yra Lenkijoje, vakarinė vidurupio ir žemupio dalis (62 km, baseino plotas 919 km²) – Kaliningrado srityje, dar 52 km upė teka Lietuvos – Kaliningrado srities siena.

Šešupės baseino ploto bei upės ilgio pasiskirstymas Lietuvoje ir kaimyninėse šalyse pateiktas 2.1 lentelėje.

2.1 lentelė. Upės baseino ploto ir ilgio pasiskirstymas kaimyninėse šalyse (Kilkus 2011)

	Baseino plotas, km²	Ilgis, km nuo žiočių	Altitudė, m	Vagos nulydis, %	Vidutinis metinis debitas, m³/s
Lenkija	287	297,6-273,6	284-280	0,42	
Lenkijos – Lietuvos siena		273,6	120,2	0,42	1,03
Lietuva	4899,t.s. 80% viso baseino ploto	273,6-144,4, apie 53% viso upės ilgio	120,2-28,6	0,57	Ties Kalvarija 1,03, o ties Kudirkos Naumiesčiu 26,2
Rusijos – Lietuvos siena		114,4-63,0	28,6-15,8	0,25	Ties Kudirkos Naumiesčiu 26,2, o ties Krasnoznamensku 33,0
Rusija, įtekėjimas į Nemuną 85,4 km	919	63,0-0	15,8-6,4	0,15	35,5
Iš viso:	6105	297,6		0,64	35,5

Lietuvoje Šešupė teka Užnemunės žemuma, o jos pačios ir intakų aukštupiai drenuoja Sūduvos aukštumą. Baseino paviršiuje vyrauja vidutinio sunkumo ir sunkūs priemoliai. Miškingumas apie 15 %, didžiausias miškų masyvas – Kazlų Rūdos miškai.

2.1.1. Baseino klimato charakteristika

Pagrindiniai upes formuojantys gamtiniai faktoriai yra vietovės klimatas (kritulių kiekis, oro temperatūra), nuotėkis ir geologinė sąranga (litologija, nuolydis). Šešupės baseine iškrinta nedaug kritulių, čia plonesnė nei kituose baseinuose vidutinė daugiametė sniego danga, žymiai mažesnis metinis drėkinimo (kritulių santykis su garingumu) koeficientas.

Šešupės aukštupyje per metus kritulių iškrinta apie 750 mm, o minėtos lygumos rajone – apie 700–720 mm; žemupio link kritulių vėl padaugėja iki 750–800 mm. Mažiausias garavimas yra aukštupio baseine, nes čia žemesnė oro temperatūra, lyguminėje Šešupės upės baseino dalyje, kur vyrauja vandeniui nelaidūs gruntai, garavimas siekia 540–560 mm. Sausomis vasaromis Šešupė labai nusenka, o tai nuliame šiame regione vyraujanti didesnė vidutinė vasaros (17–17,5° C) bei metinė (7,5–8,0° C) oro temperatūros. Minimalaus paros nuotėkio debitai ties Marijampole ir Kudirkos Naumiesčiu yra atitinkamai 1,1 ir 1,6 m³/s. Pavasarį nuteka 44 %, vasarą–rudenį – 34 %, žiemą – 22 % metų nuotėkio tūrio (Kilkus 2011).

Požeminis Šešupės maitinimas žiočių link mažėja. Jis kiek didesnis ežeringų upių (Kirsnos ir Dovinės) baseinuose, nes ežerai padidina požeminį nuotėkį 15–20 %. Kitų intakų požeminis nuotakis visai nežymus. Pavasarį upių nuotakis didesnis, nes didžiausią jo dalį sudaro sniego tirpsmo vandenys. Vasaros – rudens periodo nuotakis šiek tiek didesnis už žiemos, išskyrus Milupės, Novos ir Siesarties baseinus, kurių žiemos nuotakis didesnis už vasaros (vasarą čia didžiausias išgaravimas). Šešupei, kaip ir visoms Lietuvos Vidurio žemumos upėms būdingas mažas reguliuotumas, Šešupės upė savo hidromorfologinėmis savybėmis ir biologinėmis savybėmis artima natūraliai upei, o ne melioracijos grioviams. Po didesnio lietaus vandens lygis greitai kyla, nes Šešupę daugiausia maitina tirpsmo ir lietaus vandenys, o baseino miškingumas ir ežeringumas maži, pavasario periodo nuotakis čia sudaro 50 % bendro metinio nuotėkio.

Po pavasario potvynio seka vasaros – rudens minimumas. Vasaros – rudens sezonas paprastai prasideda gegužės mėnesio antroje pusėje – birželio mėnesio viduryje ir trunka iki spalio – lapkričio mėnesio. Žiemos nuotėkio minimumas prasideda tuoj upėms užšalus ir trunka iki pavasario potvynio. Vidutiniškai Šešupė būna užšalusi 75 dienas, ilgiausiai 147 dienas. Ledus laužti pradeda kovo viduryje, vėliausiai balandžio viduryje.

2.1.2. Šešupės upės baseino paviršiniai vandenys

Šešupės baseine telkšo 269 ežerai (didesni kaip 0,5 ha), kurių bendras plotas 68,2 km² (baseino ežeringumas 1,1 %). Net 57 ežerai (10,5 km²) yra Lenkijos teritorijoje, didžiausi jų – Didysis Šelmentas (3,2 km²) ir Mažasis Šelmentas (1,7 km²). Rusijai priklauso 11 Šešupės baseino ežerų (0,98 km²). Ežeringiausias (7,3 %) yra Šešupės dešiniojo intako Dovinės baseinas, kuriam tenka daugiau kaip 60 % viso Šešupės baseino ežerų ploto. Būtent čia telkšo didžiausi Dusios (23,3 km²) ir Žuvinto (10,3 km²) ežerai; be jų paminėtini Simno (2,43 km²), Giluičio (2,35 km²) ir Amalvo (1,93 km²) ežerai. Širvintos baseine plyti didokas Paežerių ežeras (2,62 km²), o Želsvelės ir Kirsnos baseinuose – Žaltyčio (2,56 km²) ir Rimiečio (1,70 km²) ežerai.

Pelkėms, daugiausia žemapelkėms, tenka apie 8 % Šešupės baseino ploto. Pelkingiausia yra pietrytinė baseino dalis. Čia paplitusios plyninės ir raistinės pelkės. Didžiausia (68,5 km²) yra Žuvinto pelkė, susidariusi buvusio limnoglacialinio baseino dugne. Vakarinėje ir šiaurinėje dalyse pelkė jau yra aukštapelkės stadijos, kuriai būdinga stora fuskuminių durpių danga, gulinti ant tarpinių viksvinių–kimininių durpių. Lėčiau pelkėja pietrytinė pelkės dalis, kur telkšo plūduriuojančių plovų traukiamas Žuvinto ežeras. Panaši ir toliau į šiaurę esančios Amalvo pelkės (34,1 km²) kilmė ir struktūra: ant ežerinių nuosėdų slūgso žemapelkinės durpės, vakarinėje dalyje pelkė jau yra aukštapelkės stadijos, o rytinėje dalyje telkšantį liekaninį Amalvo ežerą supa žemapelkinis raistas ir plynraistis.

Šešupė yra nuosekli upė, tekanti reljefo pagrindinio nuolydžio kryptimi ir suformavusi klasikinį – įgaubtą – vagos profilį. Vidutinis nuolydis yra 0,50 m/km. Vaga vingiuota (vidutinis $K_v = 1,65$), ypač tarp Želsvelės ir Dovinės žiočių ($K_v = 2,88$) bei 10 km ruože aukščiau Jotijos žiočių ($K_v = 2,66$). Vingiai stambūs ir palyginti reti, juos lemia slėnio (orografinis) vingiuotumas. Iš vingiuotų Šešupės intakų, kuriuose vyrauja smulkesni, tankesni vingiai, paminėtina Nova ($K_v = 1,56$), Pilvė ($K_v = 1,51$), Senaširvintė ($K_v = 1,50$). Beje, melioruojant žemes kai kurių upių itin vingiuoti ruožai buvo ištiesinti ir dėl to jų ilgis labai pasikeitė. Šešupės baseinas turi dešiniąją asimetriją, t. y. dešiniųjų intakų baseinų plotas yra didesnis už kairiųjų intakų baseinų plotą ($K_s = -0,165$). Ši disproporcija pasidaro ypač ryški ($K_s = -0,60$), kai į Šešupę įteka didelį baseiną turintis dešinysis intakas Dovinė. Šešupės baseine yra tankus upių tinklas ($1,35 \text{ km/km}^2$), kuriame svariausia yra mažų upelių ir melioracijos griovių (trumpesnių kaip 3 km) dalis (62 % viso upės tinklo). Šešupė turi 13 intakų, ilgesnių kaip 20 km, iš kurių didžiausi yra Nova (dešinysis, ilgis 69 km, baseino plotas 403 km^2), Siesartis (dešinysis, 60,5 km, 198 km^2), Pilvė (dešinysis, 57 km, 330 km^2), Rausvė (kairysis, 49 km, 204 km^2), Jotija (dešinysis, 48 km, 275 km^2), Dovinė (dešinysis, 47 km, 589 km^2), Višakis (dešinysis, 44,5 km, 333 km^2), Širvinta (kairysis, 44 km, $1\,313 \text{ km}^2$), Kirsna (dešinysis, 28 km, 458 km^2) (Lietuvos upės 2010). Šešupės pabaseinio pagrindinių upių ilgiai ir baseinų plotai pateikti 2.2 lentelėje.

2.2 lentelė. Šešupės pabaseinio pagrindinių upių ilgiai ir baseinų plotai (Aplinka 2009, Kilkus 2011).

	Upė	Vyresnė upė	Ilgis, km		Baseino plotas, km^2	
			Bendras	Lietuvoje	Bendras	Lietuvoje
	Šešupė	Nemunas	297,6	157,5	6104,8	4899
			51,2 –siena			
	Kirsna	Šešupė	28,1	28,1	457,8	457,8
	Dovinė	Šešupė	47,0	47,0	588,7	588,7
	Sasna	Šešupė	21,3	21,3	102,2	102,2
	Rausvė	Šešupė	48,6	48,6	204,1	204,1
	Pilvė	Šešupė	57,1	57,1	329,8	329,8
	Višakis	Šešupė	44,5	44,5	332,8	332,8
	Širvinta	Šešupė	43,8	17,9	1312,9	1011,0
			20,2			
	Nova	Šešupė	69,3	69,3	403,3	403,3
	Siesartis	Šešupė	60,5	60,5	197,6	197,6
	Jotija	Šešupė	47,9	47,9	275,0	275,0
	Gasda	Kirsna	14,4	14,4	112,8	112,8
	Amalė-Šalavanta	Dovinė	25,6	25,6	137,4	137,4
	Jūrė	Višakis	39,3	39,3	111,3	111,3
	Liepona	Širvinta	35,1	12,2	104,6	78,0
			22,9-siena			
	Šeimena	Širvinta	49,1	49,1	648,1	648,1
	Širvinta	Šeimena	54,5	54,5	363,1	363,1
	Penta	Nova	31,3	31,3	112,7	112,7
	Orija	Jotija	32,1	32,1	102,8	102,8

2.1.3. Antropogeninė veikla Šešupės upės baseine

Šešupės baseinas tankiai gyvenamas. Upės baseine (Lietuvoje) gyvena per 200 tūkst. gyventojų, ketvirtadalis jų – prie pačios Šešupės išaugusioje pramoninėje Marijampolėje. Ariamoms žemėms tenka apie 50 % Šešupės baseino ploto. Kadangi taršos šaltinių yra visame baseine, biogeninių medžiagų daugėja žemupio link, nors kita vertus, žemiau miestų ir gyvenviečių būna šuoliškų vandens kokybės pokyčių. 2.4 lentelėje pateikiama informacija apie išleidžiamų teršalų kiekius Marijampolės apskrityje.

Bendruoju požiūriu antropogeninės taršos šaltiniai pagal jų poveikio būdą yra skirstomi į dvi grupes: sutelktosios ir pasklidosios taršos šaltinius. Sutelktosios taršos šaltiniams priskiriami miestų, gyvenviečių, pramonės įmonių bei paviršinių nuotekų išleistuvai, o žemės ūkyje susidarančios mėšlo ir mineralinių trąšų apkrovos bei gyventojų, kurių namų ūkiai neprijungti prie nuotekų surinkimo tinklų, taršos apkrovos, vadinamos pasklidąja tarša (2.3 lentelė) (AAA 2013).

2.3 lentelė. Šešupės pabaseinio taršos šaltiniai (AAA 2010)

Nr.	Šešupės pabaseinis				
	Taršos šaltinis	Kiekis, tūkst. m ³ /m	BDS ₇ , t/m	N _b , t/m	P _b , t/m
1.	Nuotekų išleistuvai (2000-10000 GE, 9 vnt.)	1196,9	13,6	25,2	3,3
2.	Nuotekų išleistuvai (<2000 GE, 34 vnt.)	24,9	2,76	1,05	0,19
3.	Pramonės įmonių nuotekų išleistuvai (4 vnt.)	298,4	1,15	4,61	0,74
4.	Paviršinių nuotekų išleistuvai (96 vnt.)	2781,7	16,48	14,99	2,41
5.	Mineralinių trąšų poveikis			13474	2832
6.	Gyvulių mėšlas		49274	9025	1534
7.	Žemės ūkio tarša		103,3	47,2	9,2
8.	Gyventojai, centralizuotai neprijungti prie nuotekų tinklų		1782,4	306,4	62,7

Daugiausia Šešupę teršia išaugusi Marijampolė ir joje susikongravusi didžioji dalis pramonės (Kilkus 2011). Pramonė – yra vienas iš pagrindinių Šešupės upės teršėjų (2.5 lentelė). Didžioji dalis iš 10 TIPK leidimus turinčių pramonės įmonių yra Marijampolėje. Manoma, kad ir toliau didžioji dalis pramonės koncentruosis Marijampolės mieste. Vadovaujantis Marijampolės regiono aplinkos apsaugos departamento (RAAD) duomenimis nustatyta, kad didžiausi Šešupės upės teršėjai pramonės sektoriuje yra UAB „Ikea industry“ (buvęs UAB „Girių bizonas“), UAB „Arvi cukrus“, UAB „Arvi fertis“, AB „Marijampolės pieno konservai“ Kalvarijos cechas ir kt. 2.2 paveiksle pavaizduoti Marijampolės miesto taršos šaltiniai, darantys įtaką Šešupės vandens kokybei. Remiantis VŠĮ „Baltijos aplinkos forumas“ parengtu ir įgyvendintu projektu „Pavojingų medžiagų apžvalga Lietuvos vandens aplinkoje“ (Screening of dangerous substances in the aquatic environment of Lithuania), nustatyta, kad kai kurie komponentai Šešupės vandenyje ir nuosėdose viršijo DLK ir gali turėti neigiamą poveikį vandens ekosistemoms, o pasklidosios taršos apkrovos Šešupėje beveik 3 kartus didesnės nei kitose upėse. Čia per metus su gyvulių mėšlu ir

mineralinėmis trąšomis į dirvožemį gali patekti apie 47 kg/ha bendrojo azoto ir apie 9,3 kg/ha bendrojo fosforo. Didesnės biogeninių medžiagų apkrovos taip pat būdingos Dubysos ir Jūros pabaseiniams (Kilkus 2011).

2.4 lentelė. Išleidžiamų teršalų kiekiai Marijampolės apskrityje 2002-2012 m. laikotrypyje (remtasi AAA duomenimis 2013)

Teršalų išleidimas Marijampolės apskrityje į paviršinius vandens telkinius, t/metus						
Metai	BDS ₇	Bendrasis azotas	Nitratinis azotas	Amonio azotas (NH ₄ -N)	Bendrasis fosforas	Fosfatinis fosforas
2002	115,49	90,07	-	-	7,2	-
2003	65,27	68,23	-	-	7,1	-
2004	60,98	78,26	-	-	6,12	-
2005	52,78	66,16	-	-	7,56	-
2006	61,56	85,96	-	-	11,88	-
2007	70,53	83,68	-	-	10,95	-
2008	54,72	80,37	-	-	10,33	-
2009	66,27	83,42	-	-	9,62	-
2010	94,37	87,79	-	-	10,29	-
2011	61,91	80,94	24,73	26,94	8,02	5,52
2012	54,43	76,43	5,65	23,03	6,93	1,30

2.5 lentelė. Marijampolės rajono ir Marijampolės miesto įmonės atskaitingos aplinkos apsaugos agentūrai (remtasi AAA duomenimis 2013)

Miestas/rajonas	Objekto pavadinimas	Miestas/rajonas	Objekto pavadinimas
Marijampolės rajonas	Tautkaičių, Smilgių, Padovinio, Užgirių, Dovinės, Želsvelės, Šešupės, Suvalkijos žemės ūkio bendrovės	Marijampolė	UAB „Alkesta“ Marijampolės filialas
	Žemės ūkio bendrovės „Gulbinas“ ir „Valavičiai“		UAB „Marijampolės muitinės terminalas“
	VĮ Marijampolės vaiko tėviškės namai		UAB „Marijampolės pieno konservai“
	Marijampolės apskrities viršininko administracijos Suvalkijos pensionatas		AB „Marijampolės regiono veislininkystė“
	„Kauno šilumos tinklai“ Palių katilinė		UAB „ARVI“ ir ko
	UAB „Šventragis“		UAB „Žemūktechnika“
	SP UAB „Sūduvos vandenys“		UAB „Lukoil Baltija“
	UAB „Kristada“ degalinė		UAB „Kemira Grow How“

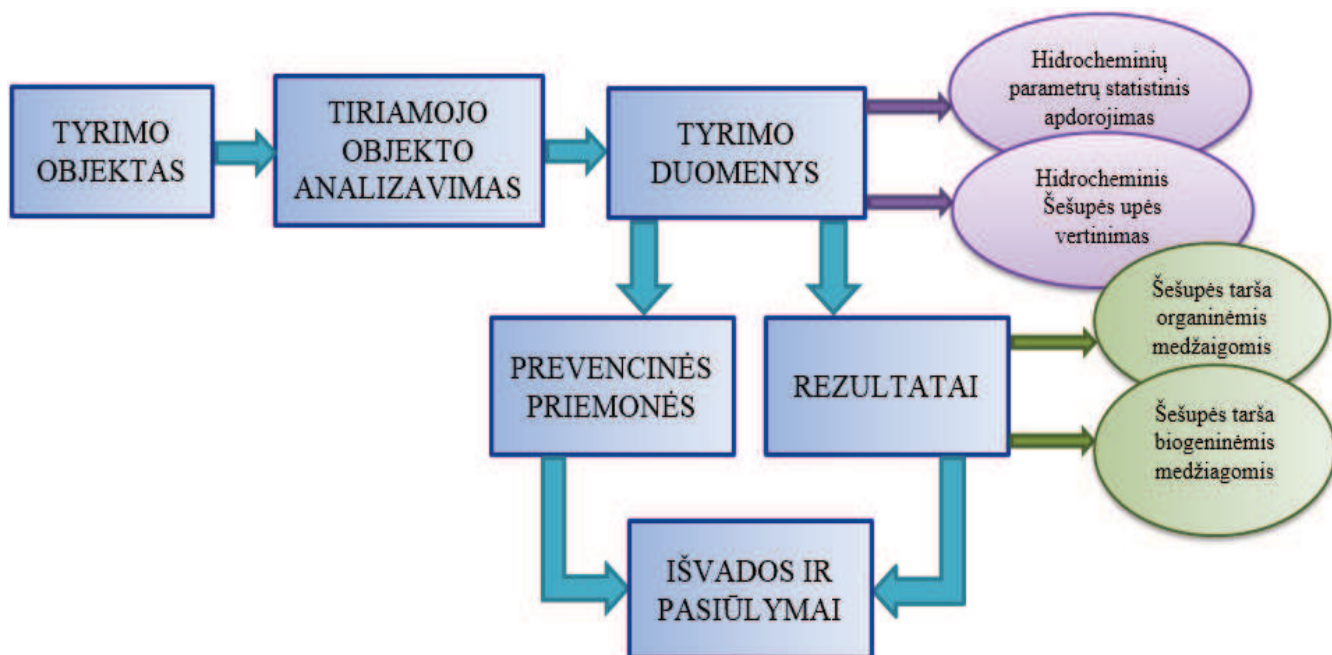


2.2 pav. Marijampolės miesto teršėjai. 1 – UAB „Arvi“ ir ko, 2 – UAB „Marijampolės pieno konservai“, 3 – Marijampolės miesto nuotekų valymo įrenginiai (remtasi Marijampolės RAAD duomenimis)

2.2. Tyrimo metodika

2.2.1. Tyrimo organizavimas

Tyrimas organizuojamas vadovaujantis sudaryta schema, kuri pateikta 2.3 pav.



2.3 pav. Principinė tyrimo schema

Kaip jau minėta 2.1 poskyryje, šiame darbe nagrinėjama Šešupės upės dalis, esanti Lietuvos teritorijoje nuo Lenkijos sienos iki Rusijos (Kaliningrado srities) sienos. Tyrime analizuojami Šešupės upės hidrocheminių parametrų – bendrojo azoto (N_b), nitratinio azoto (NO_3-N), amonio azoto (NH_4-N), bendro fosforo (P_b), fosfatinio fosforo (PO_4-P), biocheminio deguonies suvartojimo per 7 dienas (BDS_7) ir ištirpusio deguonies kiekio vandenyje (O_2) kaita atskiruose upės ruožo pjūviuose. Atliekant tyrimą yra nustatomos ir statistiškai įvertinamos visų tiriamųjų medžiagų tendencijos bei įvardijamos galimos tokių tendencijų priežastys, analizuojama Marijampolės miesto taršos šaltinių įtaka Šešupės upei.

2.2.2. Tyrimo duomenys

Šešupės upės hidrocheminiai vandens kokybės rodikliai analizuojami 2000–2012 m. laikotarpiu. Duomenys apie vandens kokybę Šešupės upėje buvo surinkti keliose skirtingose valstybinio monitoringo vietose, pagal tuo metu galiojantį aplinkos ministro patvirtintą upių monitoringo planą:

- 2000–2004 m. laikotarpiu – iš žemiau Kalvarijos, Lenkijos ir Kaliningrado pasieniuose, esančių valstybinio monitoringo postų.
- 2005 m. – iš žemiau Kalvarijos, Slabaduose, Lenkijos ir Kaliningrado pasieniuose bei ties Būdviečiais, esančių valstybinio monitoringo postuose.
- 2006–2007 m. laikotarpiu – tik iš Lenkijos ir Kaliningrado pasieniuose, esančių valstybinio monitoringo postų.
- 2008–2009 m. laikotarpiu – aukščiau Kalvarijos, Lenkijos ir Kaliningrado pasieniuose, esančių valstybinio monitoringo postų.
- 2010 m. – iš žemiau Nendrinių, Slabadų, Lenkijos ir Kaliningrado pasieniuose, esančių valstybinio monitoringo postų.
- 2011 m. – iš žemiau Kalvarijos, ties Kuktiškiais, Lenkijos ir Kaliningrado pasieniuose, esančių valstybinio monitoringo postų.
- 2012 m. – iš žemiau Aukštosios Butkos, ties Kuktiškiais, Lenkijos ir Kaliningrado pasieniuose, esančių valstybinio monitoringo postų (2.4 pav.).

Vandens kokybė šiuose punktuose stebima ištisus metus, o vandens mėginiai hidrocheminiams rodikliams nustatyti imami nustatytu periodu (AAA 2013). Upės vandens pavyzdžiuose nustatomi pagrindinių jonų, sunkiųjų metalų, specifinių organinių junginių, pesticidų kiekiai, atliekami mikrobiologiniai tyrimai, įvertinantys vandens sanitarinę būklę, tiriama biotos reakcija į visą antropogeninių veiksnių kompleksą (Daukšas 2004).

Šiame darbe analizuojami vandens kokybės parametrai buvo paimti iš aplinkos apsaugos agentūros (1 priedas) ir nustatomi šiais metodais (AAA 2013):

- BDS_7 ir O_2 – nustatomas jodometrinio arba elektrocheminio metodu (LST EN 1899-1:2000 ir LST EN 1899-2:2000).
- $\text{PO}_4\text{-P}$ – molekulinės absorbcijos spektrometriniu metodu, vartojant amonio molibdatą (LST EN ISO 6878:2004).
- P_b – spektrometriniu, oksiduojant su peroksodisulfatu (LST EN ISO 6878:2004).
- $\text{NH}_4\text{-N}$ – spektrofotometrinio metodu (LST ISO 7150-1:1998).
- $\text{NO}_3\text{-N}$ – spektrometriniu, redukcijos į nitritus metodu (LST EN ISO 10304-1:1999).
- N_b – nustatomas spektrofotometrinio, mineralizuojant kalio persulfatu (LST EN ISO 11905-1:2000).



2.4 pav. Monitoringo postų išdėstymas. 1 – Lenkijos pasienyje, 2 – aukščiau Kalvarijos, 3 – žemiau Kalvarijos, 4 – žemiau Aukštosios Butkos, 5 – ties Kuktiškiais, 6 – ties Būdviečiais, 7 – žemiau Nendrinių, 8 – Kaliningrado pasienyje (remtasi AAA duomenimis)

2.2.2. Hidrocheminis upės vertinimas

Apie vandens kokybę galima spręsti įvertinus biogeninių medžiagų ir organinės taršos apkrovas (BDS_7 rodiklis). Nagrinėjamų medžiagų koncentracijos vertinamos pagal šiuo metu taikomas medžiagų didžiausias leistinas koncentracijas (DLK), atitinkančias žuvininkystei keliamus

reikalavimus (2.6 lentelė). Šešupės upės ekologinė būklė vertinama pagal paviršinių vandens telkinių būklės nustatymo metodiką (D1-178 2010).

2.6 lentelė. Didžiausios leistinos medžiagų koncentracijos (DLK) upių vandenyse (Šaulys 2007)

Kokybės rodiklis	DLK
BDS ₇ , mgO ₂ /l	≤6
NH ₄ -N, mg/l	1
NO ₃ -N, mg/l	2,3
N _b , mg/l	2,5
PO ₄ -P, mg/l	0,0653
P _b , mg/l	0,1

Pagal medžiagų kitimo upės vandenyje grafikus nustatomas galimas tiriamų medžiagų cikliškumas, įvardijamos galimos svyravimų priežastys. Analizuojami kitimo trendai ir nustatomas jų statistinis reikšmingumas.

2.2.3. Hidrocheminių parametru statistinė analizė

Skaitinės duomenų charakteristikos naudojamos kai norima apibūdinti ir palyginti tarpusavyje dideles surinktų duomenų aibes. Charakteristikos skirstomos į dvi pagrindines grupes. Padėties charakteristikos (vidurkis, mediana, moda, kvartiliai) – apibūdina duomenų reikšmių didumą. Sklaidos charakteristikos (dispersija, standartinis nuokrypis, variacijos koeficientas) – apibūdina duomenų reikšmių išsisklaidymą (Čekanavičius 2008). Statistiniai duomenys gali būti apdorojami įvairiomis programomis: SSPS, Statistica, MS Excel ir kt. Šiame darbe hidrocheminių parametru kitimo trendai išvesti naudojantis MS Excel programa. Taip pat naudojantis šia programa sudaryti grafikai ir atliktas statistinis apdorojimas.

Apskaičiuotos šios statistinės charakteristikos:

1. **Aritmetinis imties vidurkis** – baigtinės aibės dydžių $x_1, x_2, \dots, x_n$ skaitinė charakteristika. Imties vidurkis, tai taškas, kuris vidutiniškai artimiausias visiems statistinės eilės elementams:

$$\bar{x} = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n x_i, \quad (2.2.4.1)$$

2. **Dispersija** – atsitiktinių dydžių sklaidos apie to dydžio vidurkį matas. Imties $x_1, x_2, \dots, x_n$ dispersija yra imties reikšmių nuokrypių nuo imties aritmetinio vidurkio kvadratų asimetrinis vidurkis. Imties dispersija parodo duomenų sklaidą apie vidurkį:

$$s^2 = \frac{1}{n-1} \sum_{i=1}^n (x_i - \bar{x})^2, \quad (2.2.4.2)$$

3. **Standartinis nuokrypis** (vidutinis kvadratinis nuokrypis arba standartas). Kintamųjų ($x_1, x_2, \dots, x_n$) standartinis nuokrypis, parodo **vidutinę** duomenų sklaidą apie vidurkį:

$$s = \sqrt{s^2} \text{ arba } s = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^n (x_i - \bar{x})^2}{n-1}}, \quad (2.2.4.3)$$

4. **Variacijos koeficientas** – standartinio nuokrypio ir vidurkio santykis. Ieškomo vidurkio matavimo santykinės paklaidos charakteristika. Kitimo variacijos koeficientas naudojamas lyginant skirtingų duomenų aibių sklaidas:

$$C_V = \frac{s}{\bar{x}} \text{ arba } C_V = \frac{\sqrt{\frac{\sum_{i=1}^n (x_i - \bar{x})^2}{n-1}}}{\frac{1}{n} \sum_{i=1}^n x_i}, \text{ arba procentinis kitimo koeficientas } C_V = \frac{s}{\bar{x}} 100, \quad (2.2.4.4)$$

5. **Vidurkio paklaida** s_x , bendru atveju aritmetinio imties vidurkio kitimo ribos $\bar{x} \pm s_x$:

$$s_x = \frac{s}{\sqrt{n}}, \quad (2.2.4.5)$$

6. **Pasikliautinis intervalas** nuo $\mu_1 = \bar{x} - z_\alpha s_x$ iki $\mu_2 = \bar{x} + z_\alpha s_x$, (2.2.4.6)

7.

Čia z_α – pasikliautinojo intervalo patikimumo charakteristika (Čekanavičius 2000).

Šiame darbe statistinės charakteristikos pateiktos 95 % patikimumu, nes aplinkos moksluose tiriant gamtinius procesus, toks patikimumas laikomas pakankamu.

Siekiant nustatyti ar priklausomojo kintamojo, išmatuoto skirtingose populiacijose, vidurkiai skiriasi, atlikta vienfaktorinė dispersinė analizė. Jai žymėti plačiai vartojama santrumpa ANOVA (ang. *ANalysis Of Variance*). Vienfaktorinė dispersinė analizė naudojama tada, kada populiacijas (imtis) vieną nuo kitos skiria tik pagal vieną požymį. Kategorinis kintamasis (populiacijos požymis), pagal kurį skiriame populiacijas viena nuo kitos, vadinamas nepriklausomuoju kintamuoju, arba faktoriumi (Čekanavičius 2008).

Statistinė hipotezė

$$\begin{cases} H_0 : \mu_1 = \mu_2 = \dots = \mu_k \\ H_1 : \text{ bent du vidurkiai skiriasi} \end{cases}$$

2.7 lentelė. ANOVA duomenys (Čekanavičius 2008)

X_{1l}	X_{2l}	X_{3l}	...	X_{kl}
X_{11}	X_{21}	X_{31}	...	X_{k1}
X_{12}	X_{22}	X_{32}	...	X_{k2}
X_{13}	X_{23}	X_{33}	...	X_{k3}
...	...	...	...	...
X_{1n_1}	X_{2n_2}	X_{3n_3}	...	X_{kn_k}

Čia $X_1, X_2, \dots, X_k$ – populacijų kintamieji;

$X_{kl}, X_{k2}, \dots, X_{kn}$ – paprastoji atsitiktinė imtis.

2.8 lentelė. ANOVA rezultatai (Čekanavičius 2008)

	Kvadratų suma	Laisvės laipsniai	Dispersijos įverčiai	Statistika
Grupių	SSB	$k - 1$	MSB	F
Vidinė	SSW	$N - k$	MSW	
Visa	SST	$N - 1$		

SSB – įvertina imčių vidurkių ir bendrojo vidurkio skirtumus ir vadinama grupių kvadratų suma (ang. *Sum of Squares Between*). SSB apskaičiuojama pagal formulę:

$$SSB = \sum_{i=1}^k \frac{T_i^2}{n} - \frac{T^2}{N}, \quad (2.2.4.7)$$

Čia k – nepriklausomų populiacijų skaičius;

T_i – duomenų suma eilėje:

$$T_i = \sum_{l=1}^n X_{li} = X_{1i} + X_{2i} + \dots + X_{ni}, \quad (2.2.4.8)$$

Čia T – bendra visų duomenų suma:

$$T = \sum_{i=1}^k T_i = T_1 + T_2 + \dots + T_k, \quad (2.2.4.9)$$

Čia n – narių skaičius eilėje;

N – bendras visų narių skaičius:

$$N = \sum_{i=1}^k n_i = n_1 + n_2 + \dots + n_k, \quad (2.2.4.10)$$

SSW – vidinė kvadratų suma (ang. *Sum of Squares Within*). Ji įvertina kiekvienos imties duomenų sklaidą (apie imties vidurkį) ir apskaičiuojama taip:

$$SSW = K - \sum_{i=1}^k \frac{T_i^2}{n_i}, \quad (2.2.4.11)$$

K – bendra visų duomenų kvadratų suma:

$$K = \sum_{i=1}^k K_i = K_1 + K_2 + \dots + K_k, \quad (2.2.4.12)$$

SST – apima visų duomenų ir bendrojo vidurkio skirtumus ir vadinama visa kvadratų suma (ang. *Sum of Squares Total*):

$$SST = K - \frac{T^2}{N}, \quad (2.2.4.13)$$

MSB ir MSW – dispersijos įverčiai:

$$MSB = \frac{SSB}{k-1}, \quad (2.2.4.14)$$

$$MSW = \frac{SSW}{N-k}, \quad (2.2.4.15)$$

F – statistika:

$$F = \frac{MSB}{MSW}, \quad (2.2.4.16)$$

Jei F reikšmė didelė, tai tikėtina, kad vidurkiai skiriasi, jei artima vienetui – ne. Hipotezė H_0 atmetama (vidurkiai statistiškai reikšmingai skiriasi), jeigu $F > F_\alpha$ (α – reikšmingumo lygmuo. Tiriamuoju atveju $\alpha = 0,05$). Hipotezė H_0 neatmetama, jeigu $F \leq F_\alpha$ (Čekanavičius 2008).

Koreliacijos ryšio patikimumą įvertina koreliacijos ryšio patikimumo kriterijus:

$$t_f = \frac{R}{S_R}, \quad (2.2.4.17)$$

Čia R – koreliacijos koeficientas, skaičiuojant Excel programa ir nubraižę $X=f(Y)$ grafiką, pasinaudojus funkcija „Trendline“ gausime R^2 , tai determinacijos koeficientas.

S_r – standartinė koreliacijos koeficiento paklaida:

$$S_r = \sqrt{\frac{1 - R^2}{n - 2}}, \text{ tada } t_f = \frac{R\sqrt{n - 2}}{\sqrt{1 - R^2}}, \quad (2.2.4.18)$$

2.9 lentelė. Koreliacijos koeficientas, nusakantis ryšio tarp kintamųjų stiprumą

Koreliacijos koeficiento reikšmė	Interpretacija, pagal SPSS 11.5 paketą
Nuo 0,9 iki 1,0	Labai stipri teigiama/neigiama tiesinė koreliacija
Nuo 0,7 iki 0,9	Stipri teigiama/neigiama tiesinė koreliacija
Nuo 0,5 iki 0,7	Vidutinė teigiama/neigiama tiesinė koreliacija
Nuo 0,3 iki 0,5	Silpna teigiama/neigiama tiesinė koreliacija
Nuo 0,3 iki -0,3	Labai silpna koreliacija

R apskaičiuojamas pasinaudojus Excel programa.

Jei $t_f > t_{0.05 \text{ ar } 0.01}$ reiškia koreliacijos ryšys esminis nurodytam patikimumo lygiui. $t_{0.05 \text{ ar } 0.01}$ gauname pagal Studento kriterijų iš lentelių (Čekanavičius 2008). Lentelė pateikta 4 priede.

3. TYRIMO REZULTATAI IR JŲ APTARIMAS

3.1. Šešupės upės tarša organinėmis medžiagomis

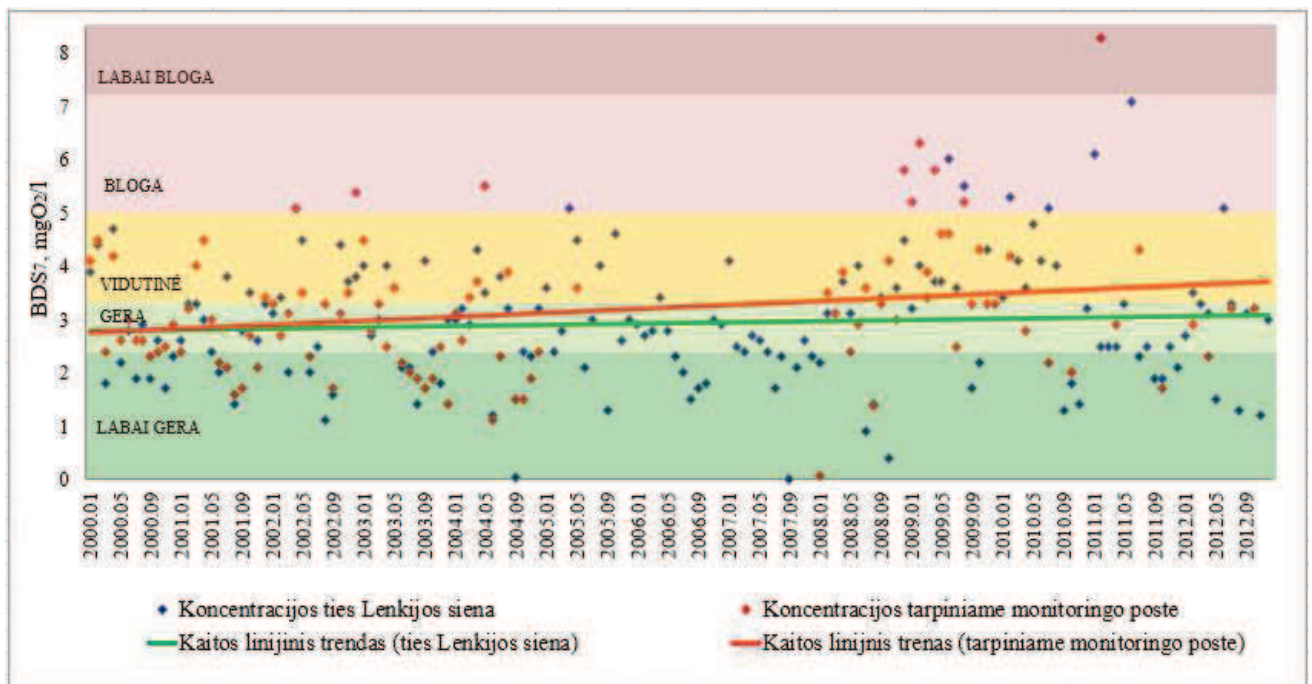
Atlikta 2000-2012 metų Marijampolės miesto įtakos Šešupės upės vandens kokybei duomenų analizė ir gauti rezultatai pateikti 2 ir 3, 4 priede.

Šiame skyriuje vertinama Šešupės upės apkrovos organinėmis medžiagomis. Organinės medžiagos – tai angliavandenių, baltymų ir riebalų produktų įvairovė. Kuo vandenyje didesnė faunos ir floros įvairovė, tuo vandenyje daugiau organinių medžiagų. Tačiau ne visada didesnis organinių medžiagų kiekis liudija intensyvų gyvybės vystymąsi, nes angliavandeniai, baltyminės ir riebalinės medžiagos patekusios į vandens telkinius dėl žmogaus ūkinės veiklos, trukdo vandens dujų režimui. Vandenyje organinė tarša būna pasklidusi nešmenų, koloidinių dalelių ir molekulinų junginių formomis (Tilickis 2005). Į vandenį jos patenka nuo baseino paviršiaus, su nuotekomis ir susidaro pačiame vandenyje kaip vandens organizmų gyvybinės veiklos ir irimo produktai. Paviršiniame vandenyje ištirpusio deguonies koncentracija gali kisti nuo 0 iki 14 mg O₂/l, priklausomai nuo metų ir paros laiko.

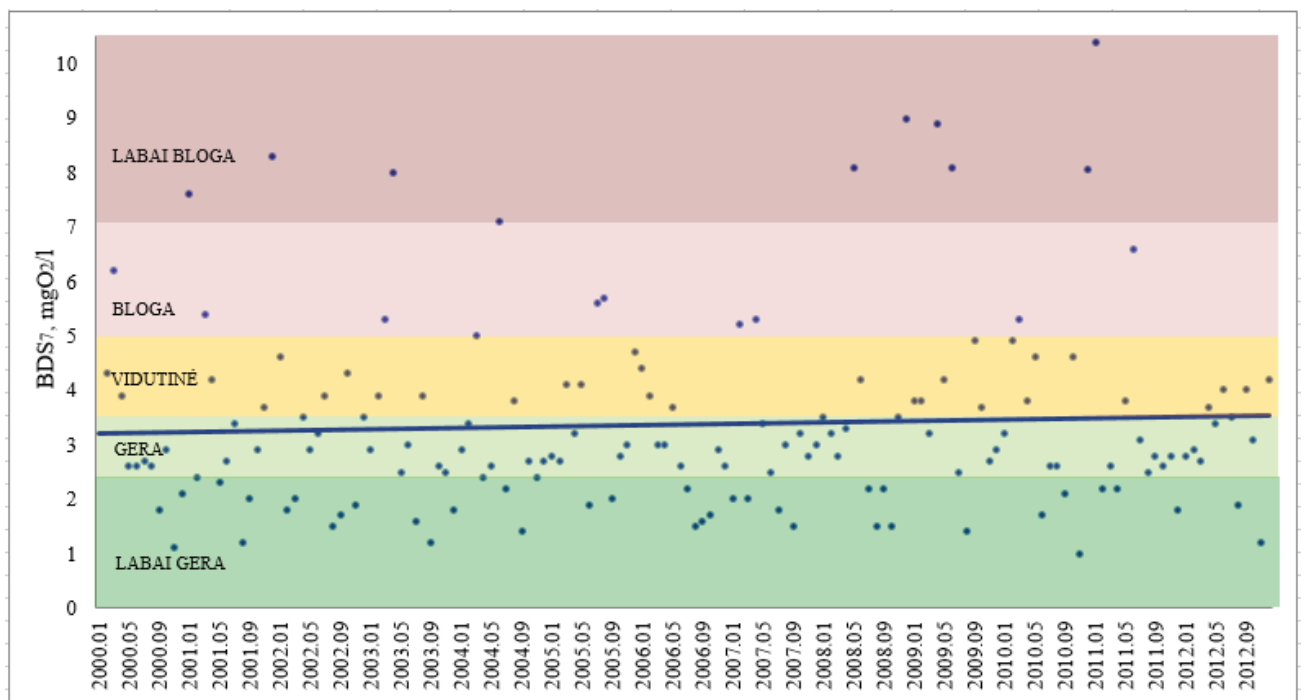
Biocheminis deguonies suvartojimas per septynias paras (BDS₇) – pagrindinis organinių medžiagų kiekį upių vandenyje nusakantis rodiklis. O ištirpusio deguonies kiekis (O₂) parodo vandens prisotinimą deguonimi.

Biocheminio deguonies suvartojimo per septynias paras koncentracijų kaita 2000-2012 m laikotarpyje ties Lenkijos pasieniu ir tarpiniame monitoringo poste (už Marijampolės miesto taršos šaltinių – UAB „Arvi“ ir kt.) pavaizduota 3.1 paveiksle. Tiriamu laikotarpiu BDS₇ koncentracijos ties Lenkijos siena kinta nuo 0,03 iki 7,1 mg O₂/l, DLK (6 mg O₂/l) buvo viršyta 2011 m. birželio mėnesį apie 1,2 karto. Apie 28 % momentinių koncentracijų atitinka labai gerą ekologinę upės būklės klasę. Tarpiniame monitoringo poste koncentracija kinta nuo 0,07 iki 8,3 O₂/l, o DLK viršijama 2011 m. vasario mėnesį apie 1,4 karto. Apie 21 % momentinių koncentracijų atitinka labai gerą ekologinę būklę.

BDS₇ būdingas sezoninis cikliškumas, kai šiltesniais metų mėnesiais organinių junginių koncentracijos upės vandenyje išauga, o šaltaisiais, atvirkščiai – sumažėja. Šis reiškinys siejamas su vegetacijos periodu, kai šaltaisiais metų laikais sparčiausiai vystosi gyvybinės funkcijos. Tačiau vertinant koncentracijų kaitą tarpiniame monitoringo poste galima pastebėti ir išimtinių atvejų.



3.1 pav. BDS₇ koncentracijų kaita ties Lenkijos siena ir tarpiniame monitoringo poste 2000–2012 m laikotarpyje



3.2 pav. BDS₇ koncentracijų kaita ties Kaliningrado siena 2000–2012 m laikotarpyje

BDS₇ koncentracijos ties Kaliningrado siena kinta nuo 1,0 iki 10,4 mg O₂/l (3.2 pav.). DLK buvo viršyta 2011 m. sausio mėnesį 1,7 karto. 23 % momentinių koncentracijų atitinka labai gerą ekologinę upės būklę. Organinių medžiagų koncentracijų kitimo tendencijos visais atvejais yra didėjančios, o tai parodo Šešupės upės vandens kokybės pablogėjimą. Statistinės BDS₇ koncentracijų charakteristikos visuose monitoringo postuose 2000–2012 m. laikotarpiu pateiktos 3.1, 3.2 ir 3.3 lentelėje.

3.1 lentelė. Statistinės BDS₇ koncentracijų charakteristikos ties Lenkijos ir Kaliningrado siena ir tarpiniame monitoringo poste

Postas	Vidurkis, $\bar{x}$	Dispersija, s^2	Standartinis nuokrypis, s	Variacijos koeficientas, C_v	Vidurkio paklaida, s_x	Pasikliautinis intervalas, 5%
Ties Lenkijos siena	2,95	1,33	1,16	0,39	0,092	$2,95 \pm 0,18$
Tarpiniame monitoringo poste	3,14	1,58	1,26	0,40	0,13	$3,14 \pm 0,25$
Ties Kaliningrado siena	3,38	2,95	1,72	0,51	0,14	$3,38 \pm 0,27$

Biocheminį deguonies suvartojimo (BDS₇) vidurkiai visuose monitoringo postuose yra panašūs, didžiausias vidurkis (3,38 mg O₂/l) ir vidurkio paklaida (0,14 mg O₂/l) yra ties Kaliningrado siena. Variacijos koeficientas parodo BDS₇ kaitos intensyvumą vidutinės reikšmės atžvilgiu. Didžiausias kaitos intensyvumas (55 %) nustatytas monitoringo poste ties Kaliningrado siena. Standartinis nuokrypis parodo vidutinę duomenų sklaidą apie vidurkį, didžiausia (1,72) yra ties Kaliningrado siena. Tarpiniame monitoringo poste (už pramonės įmonių) pasikliautinis intervalas, kai patikimumas 5 % yra nuo 2,89 mg O₂/l iki 3,39 mg O₂/l, ties Kaliningrado siena – nuo 3,11 mg O₂/l iki 3,65 mg O₂/l, o ties Lenkijos siena yra nuo 2,77 mg O₂/l iki 3,13 mg O₂/l.

3.2 lentelė. ANOVA rezultatai (BDS₇)

	Kvadratų suma		Laisvės laipsniai		Dispersijos įverčiai		Statistika	
Grupių	SSB	14,35	k-1	2	MSB	7,18	F	3,58
Vidinė	SSW	812,8	N-k	405	MSW	2,01		
Visa	SST	827,1	N-1	407				

Vienfaktorinė analizė atliekama tarp monitoringo postų ties Lenkijos ir Kaliningrado siena bei už pramonės įmonių. Gauta, kad $F=3,58 < F_{0,05}=3,94$. Tokiu atveju, nulinė hipotezė nėra atmetama, o turimi duomenys leidžia teigti, kad tarp visuose monitoringo postuose apskaičiuotų vidurkių esminio skirtumo nėra. Tai rodo, kad organinė tarša didėja, nors esminio skirtumo Šešupės upės vandens kokybei nėra.

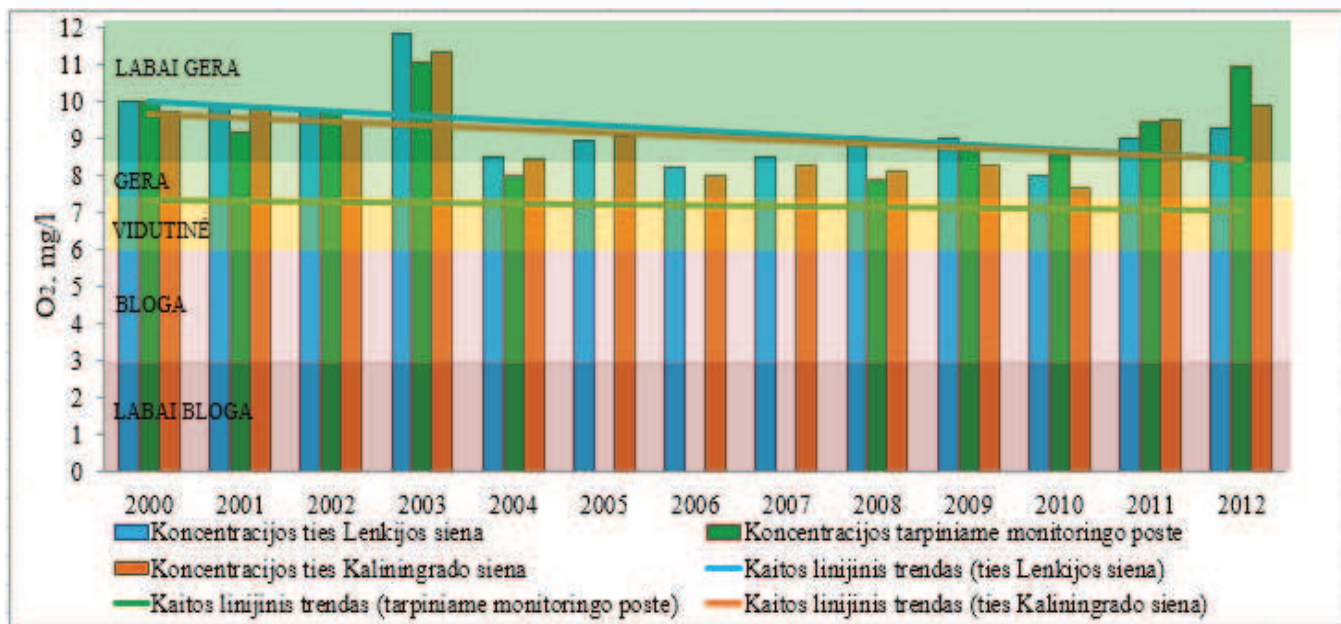
3.3 lentelė. Koreliacijos ryšio patikimumas (BDS₇)

BDS ₇	Ties Lenkijos siena	Tarpiniame monitoringo poste	Ties Kaliningrado siena
R ²	0,0055	0,049	0,003
R	0,074	0,22	0,06
S _r	0,08	0,10	0,08
t _r	0,92	2,22	0,69

Įvertinus kitimo trendų statistinį reikšmingumą, gauti rezultatai rodo, kad visuose tirtuose Šešupės upės pjūviuose, išskyrus pjūvį tarpiniame monitoringo poste (už pramonės įmonių), BDS₇ kitimo trendai nėra reikšmingi. Tai reiškia, kad BDS₇ koncentracijų kaita ties Lenkijos ir Kaliningrado siena neturėjo ryškių didėjimo ar mažėjimo tendencijų. Pjūvyje už pramonės įmonių

pagal faktines koncentracijų reikšmes išvestas linijinis kitimo trendas rodo koncentracijų didėjimą Šešupės upės vandenyje, tačiau reikia paminėti, kad 2005-2007 metais šiame Šešupės upės pjūvyje nebuvo atliekami hidrocheminiai matavimai, o tai galėjo turėti įtakos išvestam linijiniam trendui.

Ištirpusio deguonies kiekį (O_2) upėse ir upeliuose tiesiogiai nulemia BDS₇. Tai reiškia, kad per maža ištirpusio deguonies koncentracija vandenyje nulemia neigiamą poveikį vandens organizmams (Margenytė 2012). 3.3 paveiksle pavaizduotas ištirpusio deguonies kitimas Šešupės upėje tiriamuoju laikotarpiu.



3.3 pav. O_2 vidutinių metinių koncentracijų kaita ties Lenkijos ir Kaliningrado pasieniu bei tarpiniame monitoringo poste 2000–2012 m. laikotarpiu

Analizuojant O_2 koncentracijų kaitą visuose monitoringo postuose (2005–2007 m. matavimai tarpiniame monitoringo poste nebuvo atliekami) gauta, kad vidutinės metinės O_2 koncentracijos visuose postuose nežymiai skiriasi. Didžiausios koncentracijos išmatuotos 2003 m. O_2 koncentracijos kitimo tendencija visais atvejais yra mažėjanti. Tai reiškia, kad Šešupės upėje nevyksta pakankamai greitas savaiminis apsivalymas. Tačiau pagal šį rodiklį vertinant Šešupės upės ekologinę būklę gauta, kad visuose postuose Šešupė priskiriama labai gerai arba gerai upės ekologiškai būklės klasei. Statistinės O_2 koncentracijų charakteristikos visuose monitoringo postuose 2000–2012 m. laikotarpiu pateiktos 3.4, 3.5 ir 3.6 lentelėje.

3.4 lentelė. Statistinės O_2 koncentracijų charakteristikos ties Lenkijos ir Kaliningrado siena ir tarpiniame monitoringo poste

Postas	Vidurkis, $\bar{x}$	Dispersija, s^2	Standartinis nuokrypis, s	Variacijos koeficientas, C_v	Vidurkio paklaida, s_x	Pasikliautinis intervalas, 5%
Ties Lenkijos siena	9,22	4,52	2,13	0,23	0,17	9,22 ± 0,33
Tarpiniame monitoringo poste	9,30	5,18	2,28	0,24	0,23	9,30 ± 0,46
Ties Kaliningrado siena	9,04	5,33	2,31	0,26	0,19	9,04 ± 0,36

Ištirpusio deguonies kiekių (O_2) vidurkiai visuose monitoringo postuose yra panašūs, didžiausias vidurkis (9,30 mg/l) ir vidurkio paklaida (0,24 mg/l) yra tarpiniame monitoringo poste. Variacijos koeficientas parodo O_2 kaitos intensyvumą vidutinės reikšmės atžvilgiu. Intensyvumas visuose postuose yra apie 25 %. Standartinis nuokrypis parodo vidutinę duomenų sklaidą apie vidurkį, didžiausias (2,31) yra ties Kaliningrado siena. Ties Lenkijos siena pasikliautinis intervalas, kai patikimumas 5 % yra nuo 8,89 mg/l iki 9,55 mg/l, tarpiniame monitoringo poste – nuo 8,84 mg/l iki 9,76 mg/l, o ties Kaliningrado siena yra nuo 8,68 mg/l iki 9,4 mg/l.

3.5 lentelė. ANOVA rezultatai (O_2)

	Kvadratų suma		Laisvės laipsniai		Dispersijos įverčiai		Statistika	
Grupių	SSB	4,63	k-1	2	MSB	2,32	F	0,46
Vidinė	SSW	2017,7	N-k	405	MSW	4,98		
Visa	SST	2022,4	N-1	407				

Gauta, kad $F=0,46 < F_{0,05}=3,94$. Tokiu atveju, nulinė hipotezė priimama, o turimi duomenys leidžia teigti, kad taršos organinėmis medžiagomis vidurkis ties Lenkijos siena yra mažesnis nei ties Kaliningrado siena ar už pramonės įmonių, tačiau esant 95 % patikimumui esminio skirtumo nėra.

3.6 lentelė. Koreliacijos ryšio patikimumas (O_2)

BDS ₇	Ties Lenkijos siena	Tarpiniame monitoringo poste	Ties Kaliningrado siena
R ²	0,26	0,0005	0,15
R	-0,24	-0,16	-0,17
S _r	0,07	0,10	0,07
t _f	-3,44	-1,51	-2,30

Įvertinus kitimo tendų statistinį reikšmingumą, gauti rezultatai rodo, kad visuose tirtuose Šešupės upės pjūviuose, išskyrus pjūvį tarpiniame monitoringo poste (už pramonės įmonių), O_2 kitimo trendai yra reikšmingi. Koreliacijos ryšys esant 0,05 patikimumo lygiui yra esminis ties Lenkijos ir Kaliningrado siena. Pjūvyje už pramonės įmonių pagal faktines vidutines metines koncentracijų reikšmes išvestas linijinis kitimo trendas rodo koncentracijų mažėjimą Šešupės upės vandenyje, tačiau reikia paminėti, kad 2005–2007 metais šiame Šešupės upės pjūvyje hidrocheminiai matavimai nebuvo atliekami.

3.2. Šešupės upės tarša biogeninėmis medžiagomis

Prie biogeninių medžiagų grupės priskiriamas silicis bei azotas ir fosforas. Šie elementai yra labai svarbūs gyvybinei veiklai vandenyje, tačiau dideli azoto ir fosforo kiekiai, patekę į vandens telkinius gali sukelti neigiamą poveikį – eutrofikaciją, galinčią sąlygoti deguonies trūkumą

lėtos tėkmės upėse, taip pablogindami vandens telkinių ekologinę būklę. Pagrindiniai upių vandens taršos biogeninėmis medžiagomis šaltiniai yra žemės ūkio pasklidoji tarša ir buitinės nuotekos.

Azotas ir fosforas į Šešupę patenka iš skirtingų taršos šaltinių. Taršą azoto junginiais skatina išsklidusi tarša (žemės ūkis ir gamtinis fonas), azoto išsklaidyta tarša iš pramonės rajonų sudaro mažąją dalį (Lietuvoje apie 12 %). Fosforo junginių į Šešupės upę daugiausia patenka iš gyvulininkystės kompleksų bei pramonės įmonių, įsikūrusių Marijampolėje.

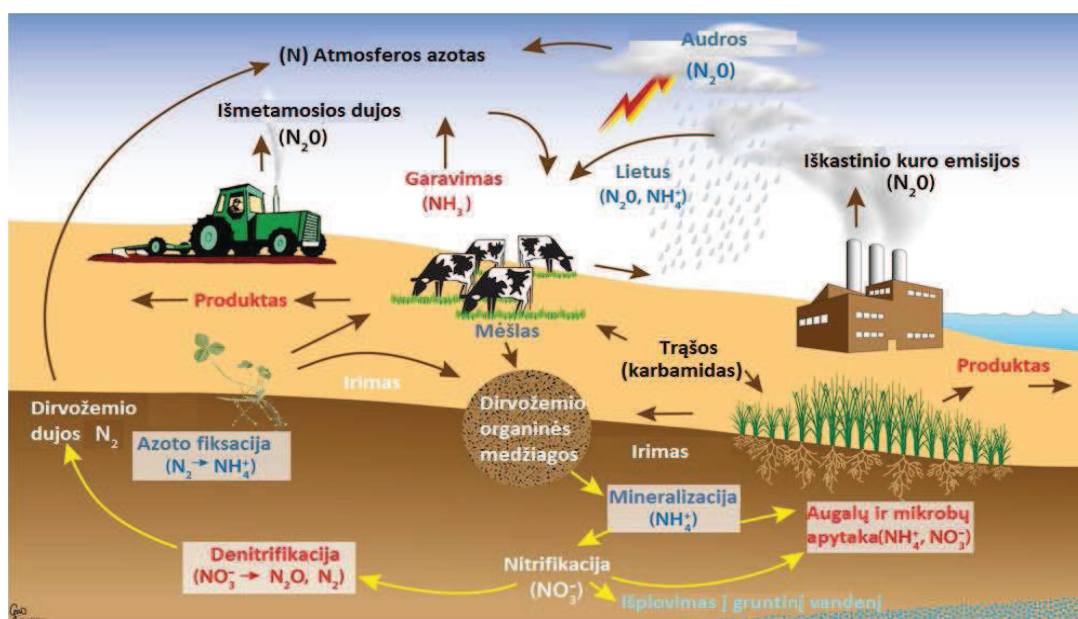
3.2.1. Šešupės upės tarša azoto junginiais

Azoto ciklas vandens ekosistemoje vyksta nenutrūkstamai (3.4 pav.). Azoto junginiai užtikrina visų gyvųjų organizmų ląstelių funkcionavimą. Azotas vandenyje gali būti: mineralinis arba organinis. Karbamidą, amino rūgštys yra pagrindinės tirpaus organinio azoto (TOA) formos. Tirpų mineralinį (neorganinį) azotą (TNO) sudaro:

- NH_4 – amonio azotas;
- NO_2 – nitrito azotas;
- NO_3 – nitratai.

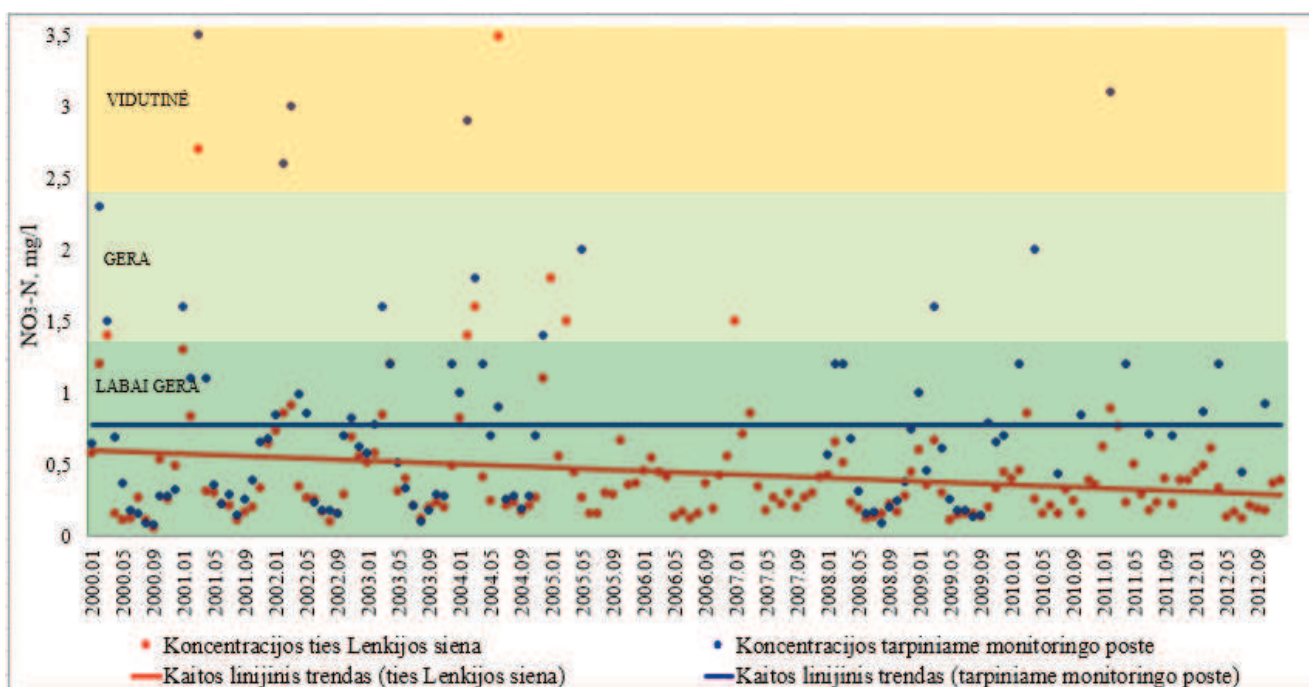
Neorganinius azoto junginius įsisavina vandens augalija ir gyvūnija. Intensyviai augant vandens augalams, šių junginių kiekis vandenyje mažėja.

Atvirkščias procesas vyksta mineralizuojantis vandenyje esančioms organinėms medžiagoms. Biocheminės organinių medžiagų oksidacijos produktas – amonio jonai. Juos specialios nitrifikuojančios bakterijos suoksiduoja iš pradžių į nitritus, o paskui į nitratus. Nitrifikacijos procesas vyksta tik esant aerobinėms sąlygoms. Susidarius vandenyje anaerobinėms sąlygoms, vyksta atvirkštinis denitrifikacijos procesas, kai nitratai redukuojami į laisvą azotą.



3.4 pav. Azoto apytakos ciklas (remtasi Ecology 2013 duomenimis)

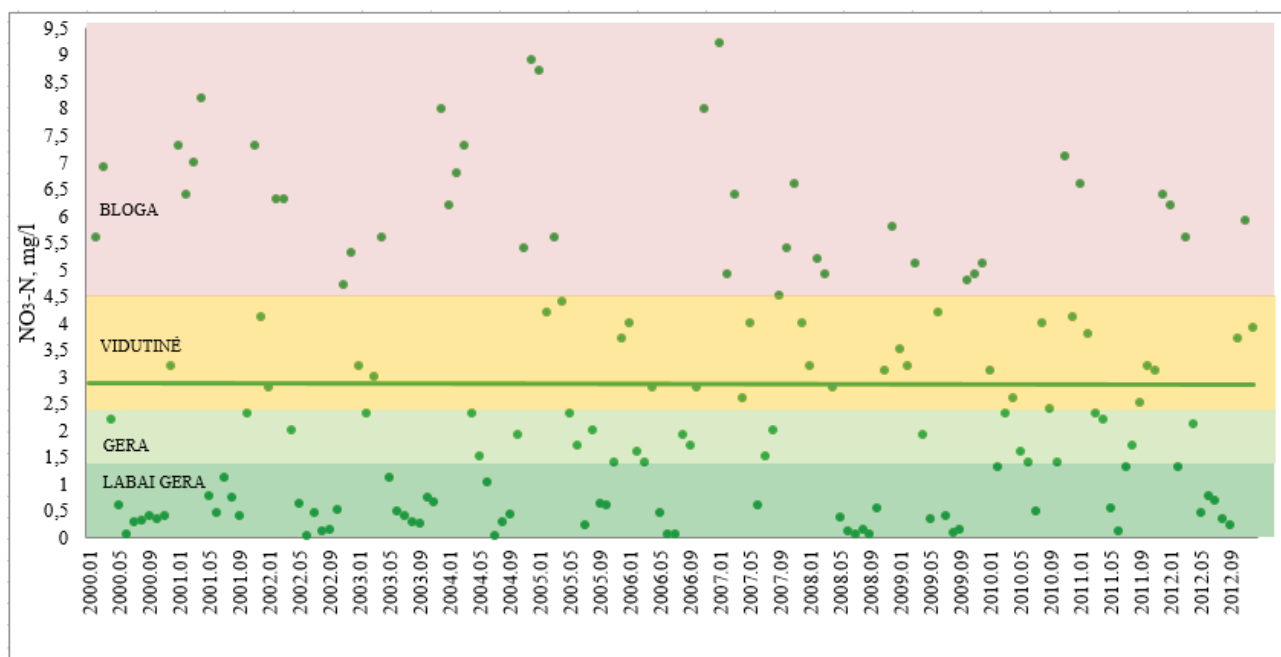
Nitratų azoto ($\text{NO}_3\text{-N}$) koncentracijų kaita ties Lenkijos siena ir tarpiniame monitoringo poste (už pramonės įmonių) 2000–2012 m. laikotarpiu pateikiama 3.5 paveiksle, o ties Kaliningrado siena – 3.6 paveiksle.



3.5 pav. $\text{NO}_3\text{-N}$ koncentracijų kaita ties Lenkijos siena ir tarpiniame monitoringo poste (už pramonės įmonių) 2000–2012 m. laikotarpiu

Vertinant $\text{NO}_3\text{-N}$ koncentracijas ties Lenkijos ir tarpiniame monitoringo poste matome, kad Šešupės upė ties Lenkijos siena nėra užteršta nitratais, o upės ekologinė būklė turi tendenciją gerėti. Tiriamu laikotarpiu $\text{NO}_3\text{-N}$ koncentracijos ties Lenkijos siena kinta nuo 0,06 iki 3,49 mg /l. DLK (2,3 mg $\text{O}_2\text{/l}$) buvo viršyta abiejuose punktuose, tačiau didžiausia koncentracija (3,5 mg/l) buvo išmatuota tarpiniame monitoringo poste 2001 m. kovo mėnesį. Abiejuose upės pėjviuose apie 80 % momentinių koncentracijų atitinka labai gerą ekologinę upės būklės klasę. Tarpiniame monitoringo poste koncentracija kinta nuo 0,08 iki 3,5mg/l.

Ties Kaliningrado siena $\text{NO}_3\text{-N}$ (3.6 pav.) koncentracijos kinta nuo 0,06 iki 9,2 mg/l. Tiriamuoju laikotarpiu apie 50 % momentinių koncentracijų viršijo DLK. Šiame upės pėjvyje Šešupės ekologinė būklė atitinka vidutinę ekologinės būklės klasę.



3.6 pav. NO₃-N koncentracijų kaita ties Kaliningrado siena 2000–2012 m. laikotarpiu

Azoto junginių koncentracijų didėjimas ar mažėjimas upės vandenyje priklauso nuo metų laiko. Nitratai yra patvariausi iš visų neorganinių junginių. Vegetacijos periodu vandenyje jų yra tik dešimtosios miligramo dalys, arba visai nerandama, o žiemą koncentracija gali padidėti iki kelių miligramų viename litre vandens. Ši tendencija pastebima ties Lenkijos siena ir tarpiniame monitoringo poste. Ties Kaliningrado siena buvo nustatytos didžiausios NO₃-N koncentracijos, kintančios didžiausia amplitude.

Statistinės NO₃-N koncentracijų charakteristikos visuose monitoringo postuose 2000–2012 m. laikotarpiu pateiktos 3.9, 3.10 ir 3.11 lentelėje.

3.7 lentelė. Statistinės NO₃-N koncentracijų charakteristikos ties Lenkijos ir Kaliningrado siena ir tarpiniame monitoringo poste

Postas	Vidurkis, $\bar{x}$	Dispersija, s^2	Standartinis nuokrypis, s	Variacijos koeficientas, C_v	Vidurkio paklaida, s_x	Pasikliautinis intervalas, 5%
Ties Lenkijos siena	0,45	0,20	0,45	1,01	0,04	0,45 ± 0,07
Tarpiniame monitoringo poste	0,78	0,52	0,72	0,93	0,07	0,78 ± 0,15
Ties Kaliningrado siena	2,87	6,50	2,55	0,89	0,20	2,87 ± 0,40

Nitratų (NO₃-N) koncentracijų vidurkiai ties Lenkijos siena ir tarpiniame monitoringo poste yra panašūs. Didžiausias vidurkis (2,87 mg/l) ir vidurkio paklaida (0,2 mg/l) yra ties Kaliningrado siena. Didžiausias kaitos intensyvumas (89 %) nustatytas monitoringo poste ties Kaliningrado siena. Tarpiniame monitoringo poste (už pramonės įmonių) pasikliautinis intervalas, kai patikimumas 5 % yra nuo 0,63 mg/l iki 0,93 mg /l, ties Kaliningrado siena – nuo 2,47 mg/l iki 3,27 mg/l, o ties Lenkijos siena yra nuo 0,38 mg/l iki 0,52 mg/l. NO₃-N koncentracijų vidurkiai

didėja link Kaliningrado sienos, t.y. žemiau Marijampolės esančių pramonės įmonių. Koncentracijų padidėjimą galėjo įtakoti nepakankamai tvarkingai surenkamos ir apdorojamos Marijampolės miesto paviršinės bei gamybinės nuotekos, kurios į Šešupės upę yra išleidžiamos nepilnai išvalytos arba visai nevalytos. Koncentracijų mažėjimą pėjūvyje ties Lenkijos siena galėjo lemti savaiminis upės apsivalymas.

3.8 lentelė. ANOVA rezultatai ($\text{NO}_3\text{-N}$)

	Kvadratų suma		Laisvės laipsniai		Dispersijos įverčiai		Statistika	
Grupių	SSB	512,34	k-1	2	MSB	256,17	F	95,86
Vidinė	SSW	1082,3	N-k	405	MSW	2,67		
Visa	SST	1594,6	N-1	407				

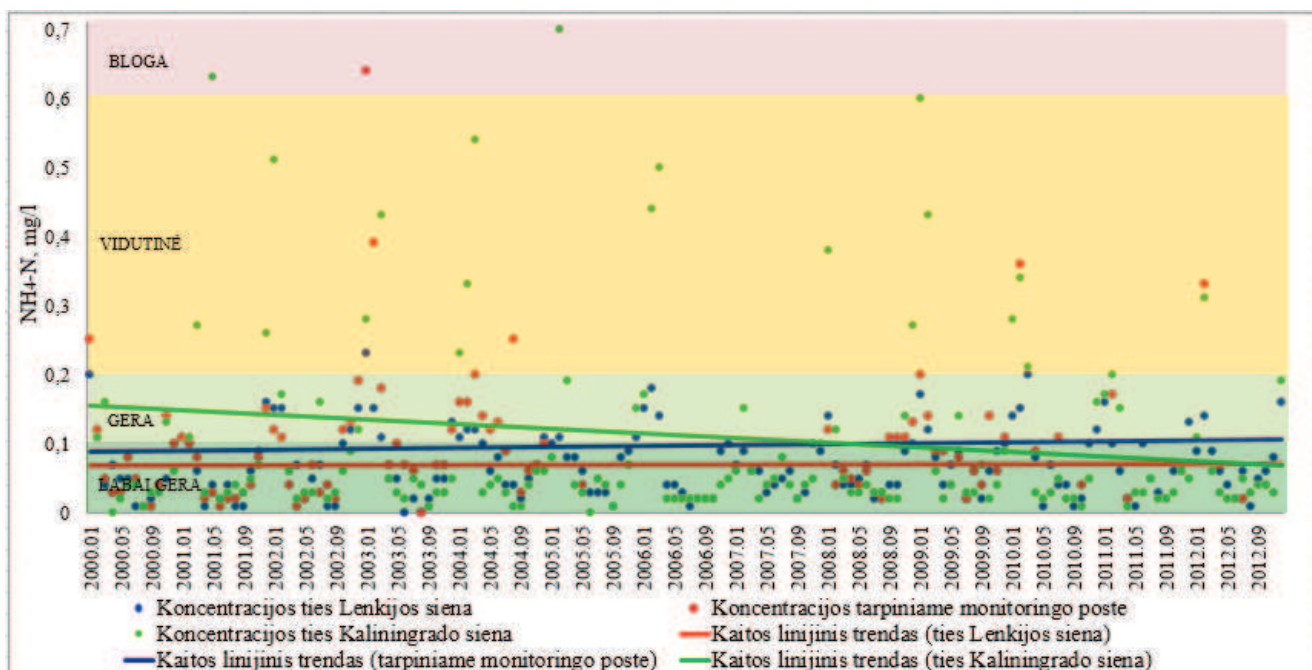
Atlikus vienfaktorinę analizę gauta, kad reikšmė $F=95,86 < F_{0,05}=3,94$. Esant 95 % patikimumui nulinė hipotezė yra atmetama, taigi tarp vidurkių yra esminis skirtumas, o tai rodo taršą nitratų azotu, kurie į upės vandenį gali patekti iš pasklidusios taršos šaltinių, esančių tie Kaliningrado siena.

3.9 lentelė. Koreliacijos ryšio patikimumas ($\text{NO}_3\text{-N}$)

$\text{NO}_3\text{-N}$	Ties Lenkijos siena	Tarpiniame monitoringo poste	Ties Kaliningrado siena
R^2	0,41	0,00001	0,00002
R	-0,20	-0,003	-0,005
S_r	0,08	0,10	0,08
t_r	-2,57	-0,03	-0,06

Įvertinus kitimo trendų statistinį reikšmingumą, gauti rezultatai rodo, kad visuose tirtuose Šešupės upės pėjūviuose, išskyrus pėjūvį ties Lenkijos siena, $\text{NO}_3\text{-N}$ koncentracijų koreliacijos ryšys nėra esminis. Pėjūvyje ties Lenkijos siena pagal faktines koncentracijų reikšmes išvestas linijinis kitimo trendas rodo reikšmingą koncentracijų mažėjimą Šešupės upės vandenyje. Tam įtakos galėjo turėti upės gebėjimas savaime apsivalyti bei naujai sutvarkytas vandentvarkos ūkis. Vertinant koncentracijų kaitos linijinius trendus, visuose upės pėjūviuose pastebimas ekologinės būklės gerėjimas.

Amonio azoto ($\text{NH}_4\text{-N}$) koncentracijų kaita ties Lenkijos siena, tarpiniame monitoringo poste (už pramonės įmonių) ir ties Kaliningrado siena pavaizduota 3.7 paveiksle. Vertinant $\text{NH}_4\text{-N}$ koncentracijas ties Lenkijos ir Kaliningrado siena bei tarpiniame monitoringo poste nustatyta, kad daugiau nei 60 % momentinių koncentracijų atitinka labai gerą ekologinės būklės klasę. DLK (1 mg/l) tiriamuoju laikotarpiu nebuvo viršyta nei viename monitoringo poste.



3.7 pav. $\text{NH}_4\text{-N}$ koncentracijų kaita ties Lenkijos ir Kaliningrado siena bei tarpiniame monitoringo poste (už pramonės įmonių) 2000–2012 m. laikotarpiu

Tiriamu laikotarpiu $\text{NH}_4\text{-N}$ koncentracijos ties Lenkijos siena kinta nuo 0 iki 0,23 mg /l. Tarpiniame monitoringo poste koncentracija kinta nuo 0,01 iki 0,64 mg/l, o ties Kaliningrado pasieniu nuo 0 iki 0,7 mg/l. Amonio jonų koncentracija sumažėja pavasarį ir vasarą, nes vandens augalija vegetaciniu periodu juos intensyviai asimiliuoja. Rudenį ir žiemą jų koncentracija vandenyje padidėja, irstant per vasarą susikaupusioms organinėms medžiagoms.

Statistinės $\text{NH}_4\text{-N}$ koncentracijų charakteristikos visuose monitoringo postuose 2000–2012 m. laikotarpiu pateiktos 3.12, 3.13 ir 3.14 lentelėse.

3.10 lentelė. Statistinės $\text{NH}_4\text{-N}$ koncentracijų charakteristikos ties Lenkijos ir Kaliningrado siena ir tarpiniame monitoringo poste

Postas	Vidurkis, $\bar{x}$	Dispersija, s^2	Standartinis nuokrypis, s	Variacijos koeficientas, C_v	Vidurkio paklaida, s_x	Pasikliautinis intervalas, 5%
Ties Lenkijos siena	0,07	0,0022	0,05	0,68	0,0038	$0,07 \pm 0,01$
Tarpiniame monitoringo poste	0,10	0,0086	0,09	0,98	0,0094	$0,10 \pm 0,02$
Ties Kaliningrado siena	0,11	0,030	0,17	1,57	0,014	$0,11 \pm 0,03$

$\text{NH}_4\text{-N}$ koncentracijų vidurkiai visuose monitoringo postuose yra panašūs, didžiausias vidurkis (0,1 mg/l) ir vidurkio paklaida (0,0094 mg/l) yra tarpiniame monitoringo poste. Ties Lenkijos siena pasikliautinis intervalas, kai patikimumas 95 % yra nuo 0,06 mg/l iki 0,08 mg/l, tarpiniame monitoringo poste – nuo 0,08 mg /l iki 0,12 mg/l, o ties Kaliningrado siena yra nuo 0,09 mg/l iki 0,14 mg/l.

3.11 lentelė. ANOVA rezultatai (NH₄-N)

	Kvadratų suma		Laisvės laipsniai		Dispersijos įverčiai		Statistika	
Grupių	SSB	0,14	k-1	2	MSB	0,07	F	4,74
Vidinė	SSW	5,9	N-k	405	MSW	0,01		
Visa	SST	6,0	N-1	407				

Nulinė hipotezė yra atmetama, nes $F=4,74 > F_{0,05}=3,94$. Turimi duomenys esant 95 % reikšmingumo lygmeniui leidžia teigti, kad imties vidurkiai esminiai skiriasi, o tai parodo Šešupės upės vandens taršą amonio azotu, kuris į upę gali patekti su mėšlu, ar pūvant orgaininėms medžiagoms.

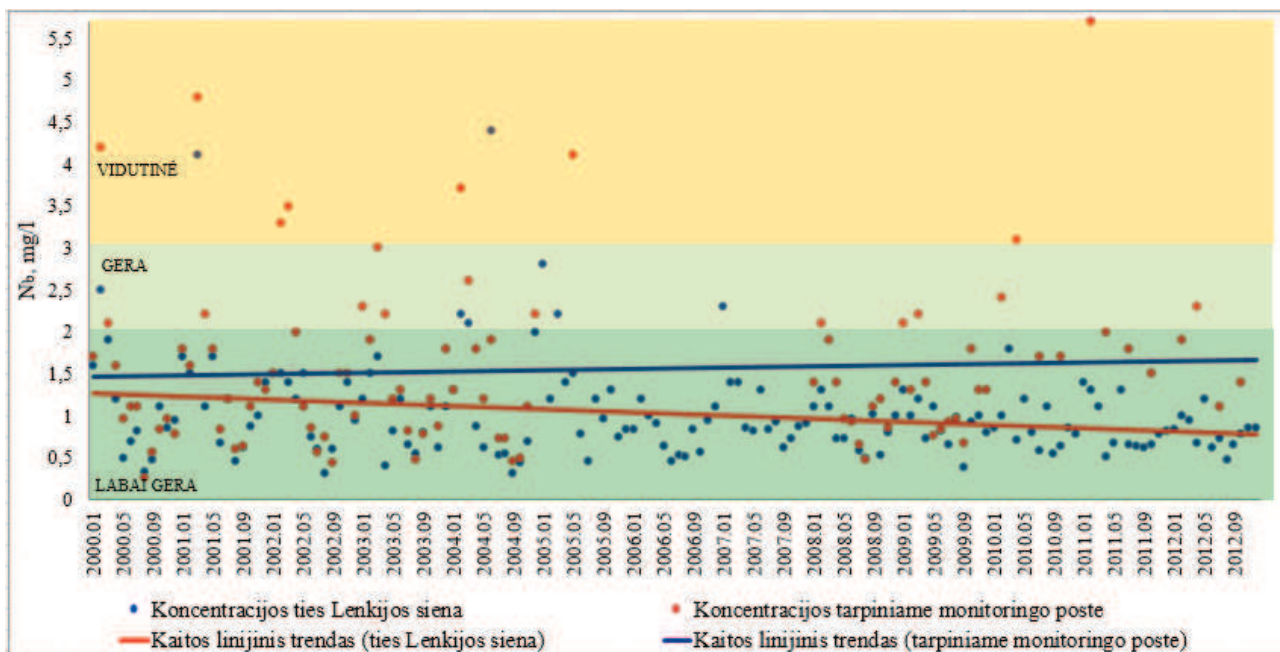
3.12 lentelė. Koreliacijos ryšio patikimumas (NH₄-N)

NH ₄ -N	Ties Lenkijos siena	Tarpiniame monitoringo poste	Ties Kaliningrado siena
R ²	0,003	0,0001	0,02
R	0,011	0,057	-0,143
S _r	0,08	0,10	0,08
t _f	0,14	0,56	-1,77

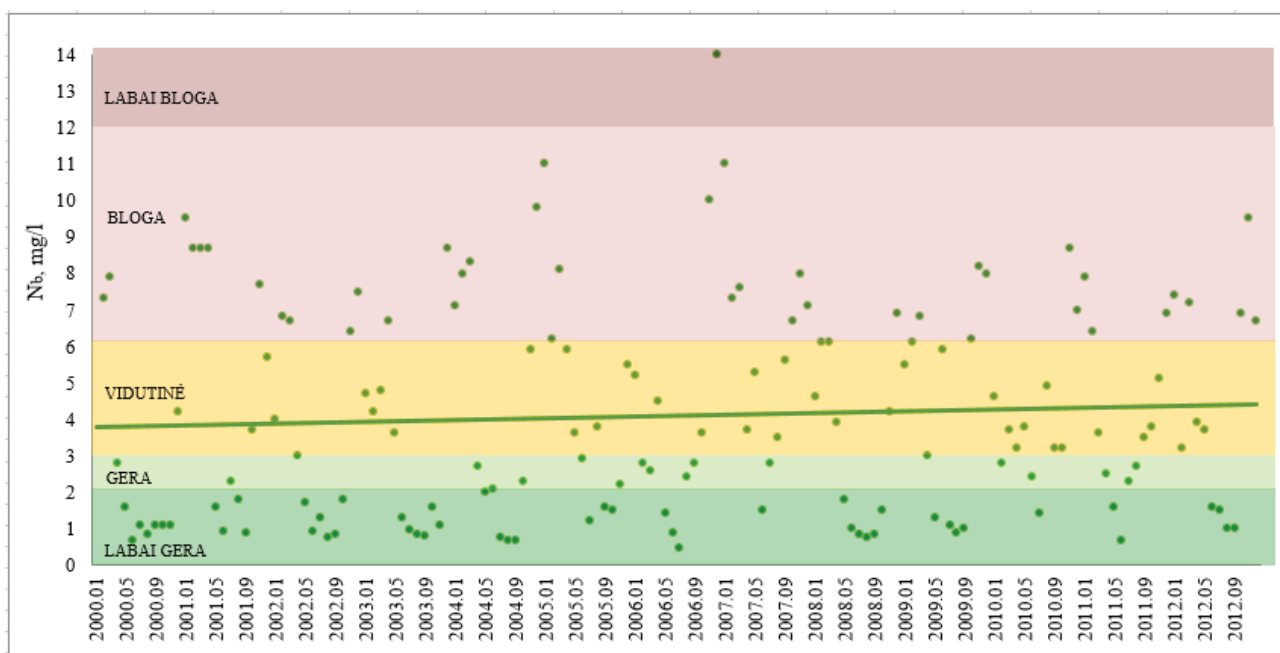
Įvertinus kitimo trendų statistinį reikšmingumą, gauti rezultatai rodo, kad visuose tirtuose Šešupės upės pjūviuose NH₄-N kitimo trendai nėra reikšmingi. Pjūvyje ties Lenkijos siena ir už pramonės įmonių esančiame monitoringo poste pagal faktines momentines koncentracijas išvestas linijinis kaitos trendas rodo koncentracijų didėjimą, o ties Kaliningrado siena matomas pakankamai ryškus koncentracijų mažėjimas. Tai reiškia, kad ties Kaliningrado siena Šešupės upės ekologinė būklė gerėja. Tačiau reikia paminėti, kad 2005–2007 tarpiniame Šešupės upės pjūvyje hidrocheminiai matavimai nebuvo atliekami.

Bendrojo azoto (N_b) koncentracijų kaita monitoringo postuose ties Lenkijos ir Kaliningrado siena bei tarpiniame monitoringo poste (už pramonės įmonių) 2000–20012 m. laikotarpiu yra labai panaši į NO₃-N koncentracijų kaitą (3.8 ir 3.9 pav.).

Vertinant N_b koncentracijas ties Lenkijos siena, matome, kad koncentracijos kinta nuo 0,31 iki 4,4 mg/l. DLK (2,5 mg/l) buvo viršyta kelis kartus, didžiausia iš jų (4,4 mg/l) buvo išmatuota 2004 m. birželio mėnesį. Daugiau nei 80 % momentinių koncentracijų atitinka labai gerą ekologinę upės būklės klasę. Tarpiniame monitoringo poste (už pramonės įmonių) N_b koncentracijos kinta nuo 0,25 iki 5,7 mg/l. Apie 12 % momentinių koncentracijų viršija DLK, o 75 % momentinių koncentracijų atitinka labai gerą ekologinę upės būklės klasę. Ties Kaliningrado momentinės N_b koncentracijos kinta nuo 0,47 iki 14 mg/l. Apie 65 % visų momentinių koncentracijų viršija DLK. Šiame upės pjūvyje N_b koncentracijų vertės priskiriamos vidutinei upės ekologinės būklės klasei.



3.8 pav. N_b koncentracijų kaita ties Lenkijos siena ir tarpiniame monitoringo poste (už pramonės įmonių) 2000–2012 m. laikotarpiu



3.9 pav. N_b koncentracijų kaita ties Kaliningrado siena 2000–2012 m. laikotarpiu

Statistinės N_b koncentracijų charakteristikos visuose monitoringo postuose 2000–2012 m. laikotarpiu pateiktos 3.15, 3.16 ir 3.17 lentelėje. Didžiausias bendro azoto (N_b) koncentracijų vidurkis (4,11 mg/l) yra ties Kaliningrado siena, taip pat ties šiuo postu yra didžiausias kaitos intensyvumas (70 %) ir standartinis nuokrypis (2,88), parodantis vidutinę duomenų sklaidą apie vidurkį. Šiame poste pasikliautinis intervalas, kai patikimumas yra 95 %, yra nuo 3,66 iki 4,56 mg/l.

3.13 lentelė. Statistinės N_b koncentracijų charakteristikos ties Lenkijos ir Kaliningrado siena ir tarpiniame monitoringo poste

Postas	Vidurkis, $\bar{x}$	Dispersija, s^2	Standartinis nuokrypis, s	Variacijos koeficientas, C_v	Vidurkio paklaida, s_x	Pasikliautinis intervalas, 5%
Ties Lenkijos siena	1,02	0,33	0,58	0,56	0,046	$1,02 \pm 0,09$
Tarpiniame monitoringo poste	1,55	0,93	0,96	0,62	0,098	$1,55 \pm 0,19$
Ties Kaliningrado siena	4,11	8,27	2,88	0,70	0,23	$4,11 \pm 0,45$

Tarpiniame monitoringo poste (už pramonės įmonių) N_b koncentracijų vidurkis (1,55 mg/l) yra didesnis nei poste ties Lenkijos siena (1,02 mg/l). Pasikliautinis intervalas, kai patikimumas 95 %, yra nuo 1,36 iki 1,74 mg/l, o ties Lenkijos siena – nuo 0,93 iki 1,11 mg/l.

3.14 lentelė. ANOVA rezultatai (N_b)

	Kvadratų suma		Laisvės laipsniai		Dispersijos įverčiai		Statistika	
Grupių	SSB	817,83	k-1	2	MSB	408,91	F	117,11
Vidinė	SSW	1414,1	N-k	405	MSW	3,49		
Visa	SST	2231,9	N-1	407				

Atlikus vienfaktorinę analizę gauta, kad reikšmė $F=117,11 < F_{0,05}=3,94$. Esant 95 % patikimumui nulinė hipotezė yra atmetama, taigi tarp vidurkių yra esminis skirtumas, o tai rodo didėjančią taršą azoto junginiais, upei tekant žemupio link.

3.15 lentelė. Koreliacijos ryšio patikimumas (N_b)

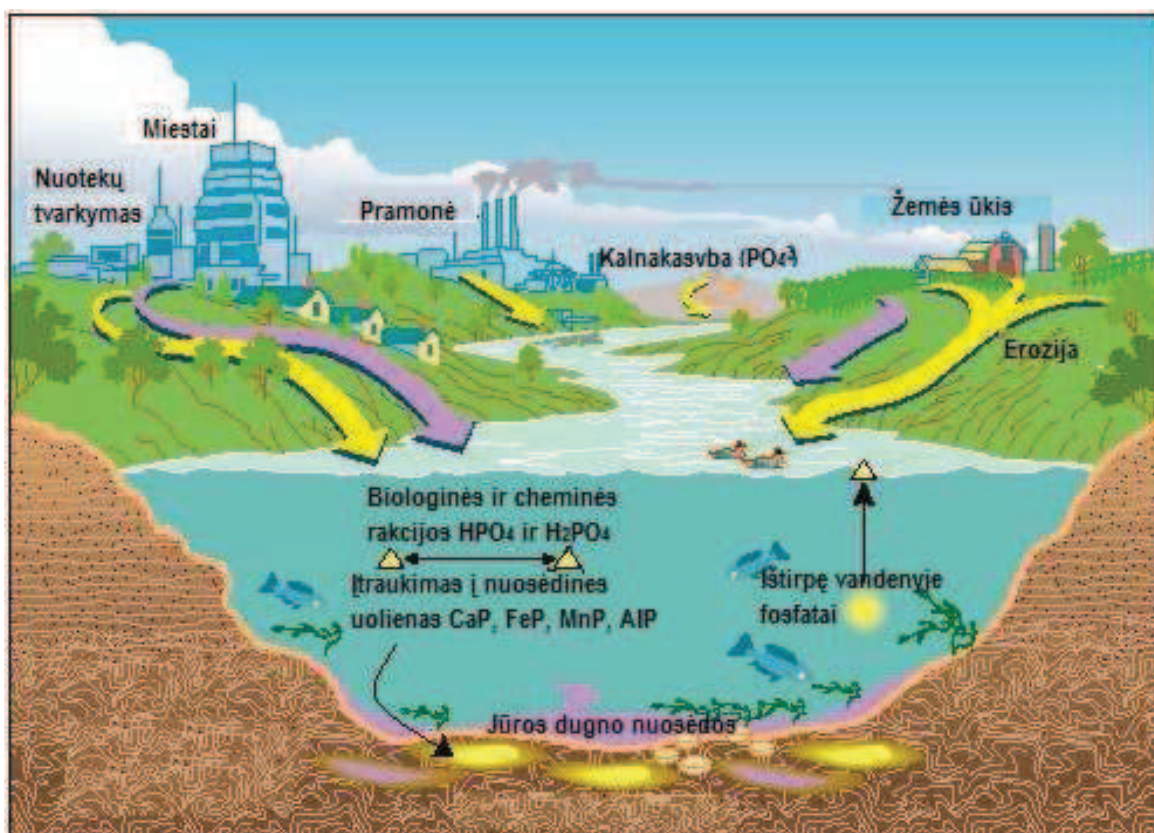
N_b	Ties Lenkijos siena	Tarpiniame monitoringo poste	Ties Kaliningrado siena
R^2	0,061	0,0034	0,004
R	-0,247	0,059	0,064
S_r	0,08	0,10	0,08
t_f	-3,16	0,57	0,79

Įvertinus kitimo trendų statistinį reikšmingumą, gauti rezultatai rodo, kad visuose tirtuose Šešupės upės pjūviuose, išskyrus pjūvį ties Lenkijos siena, N_b koncentracijų koreliacijos ryšys nėra esminis. Pjūvyje ties Lenkijos siena pagal faktines koncentracijų reikšmes išvestas linijinis kitimo trendas rodo reikšmingą koncentracijų mažėjimą Šešupės upės vandenyje. Pjūvyje ties Kaliningrado siena pastebimas ekologinės būklės prastėjimas, tam įtakos galėjo turėti tarša iš Marijampolės mieste įsikūrusių pramonės įmonių bei ūkio bendrovių ar gyvulininkystės kompleksų. Tam tikrą azoto apkrovų pasiskirstymo tendenciją nulemia ir skirtingos teršalų išplovimo sąlygos. Bendrojo azoto, patenkančio į Šešupės baseiną, kiekiai kito priklausomai nuo metų laiko, nuotėkio ir kritulių kiekio. Per didelis azoto junginių kiekis vandenyje sukelia eutrofikacijos procesus bei upės vandens dumblių augimą.

3.2.2. Šešupės upės tarša fosforo junginiais

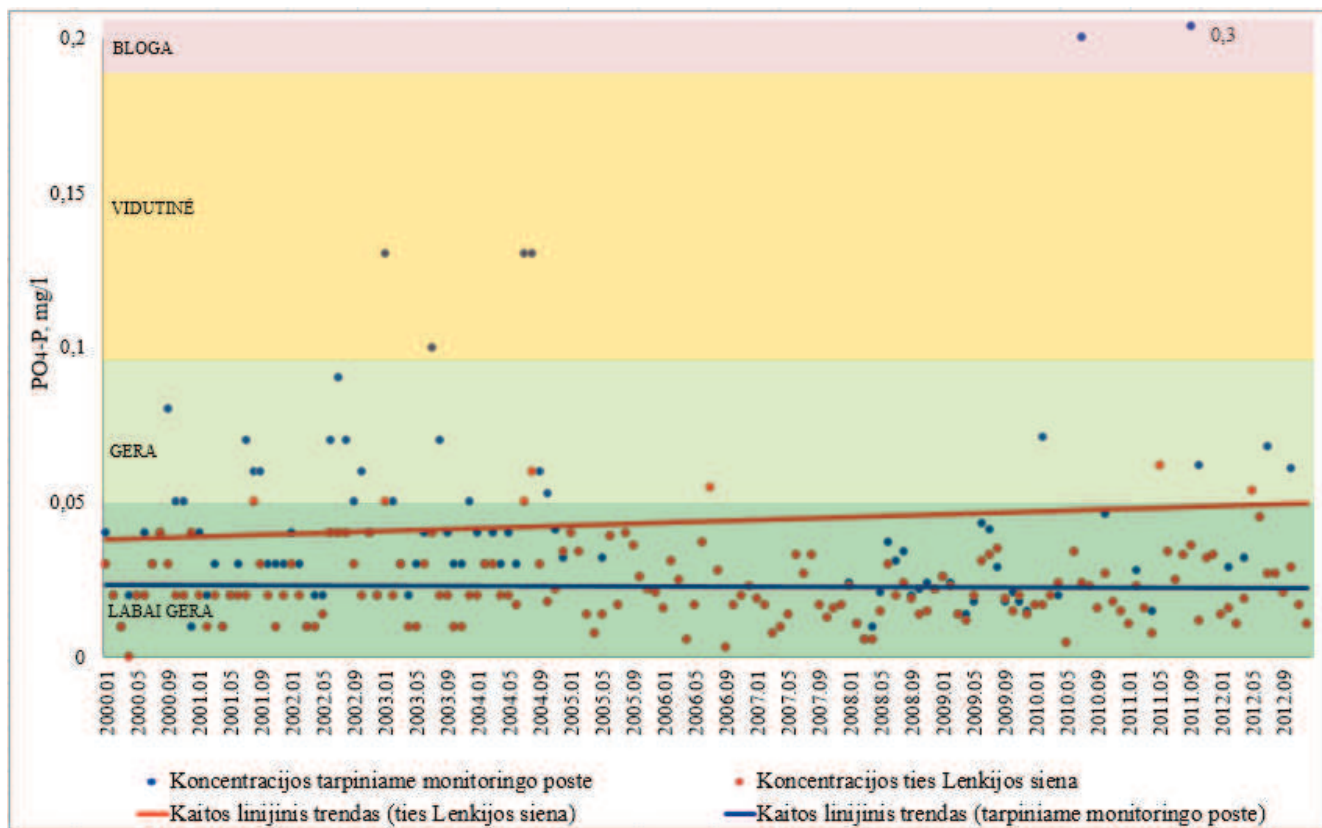
Fosforo junginiai yra vieni iš pagrindinių biogeninių medžiagų, lemiančių vandens telkinio produktyvumą. Iš dirvų išplaunamas fosforas patenka į paviršinius vandenis, taip pat gali būti išskiriamas kaip vandens organizmų gyvybės veiklos bei irimo produktas. Jis dažnai apibūdina augalų ir autotrofinių gyvūnų, kurie minta tik neorganinėmis medžiagomis, produktyvumą vandenyje.

Fosforo apytakos rate (3.10 pav.) pagrindiniu fosforo šaltiniu laikoma – žmogaus ūkinė veikla: dirvų tręšimas fosforo trąšomis, detergentai, kuriuose yra fosfatų, naudojamų vandens minkštinimui. Mineraliniai fosforo junginiai susidaro biologiškai valant buitines ir kai kurias pramonines nuotekas. Dalis fosforo patenka į vandens telkinius dėl dirvožemių erozijos (adsorbuotų ir /arba kolidinių organinių dalelių pavidalu), kita dalis yra išplaunama iš upės baseino ortofosfatinio fosforo pavidalu, dar kita dalis fosforo transformuojasi pačios upės vagoje ir egzistuoja pastoviai besikeičiančia forma. Fosfatų koncentracija natūraliuose paviršiniuose vandenyse paprastai yra šimtųjų ar net tūkstantųjų miligramo dalių dydžio, tačiau teršiamuose vandenyse gali siekti ir kelis miligramus litre.



3.10 pav. Fosforo apytakos ratas (remtasi Biogeochemical Cycles 2013 duomenimis)

Kaip matyti 3.11 paveiksle, Šešupės upėje ties Lenkijos siena ir tarpiniame monitoringo poste koncentracijos kinta periodiškai priklausomai nuo sezonų. Didžiausios koncentracijos stebimos žiemos ir rudens sezonais, nes šiltuoju metų laiku yra sunaudojamos biotos.

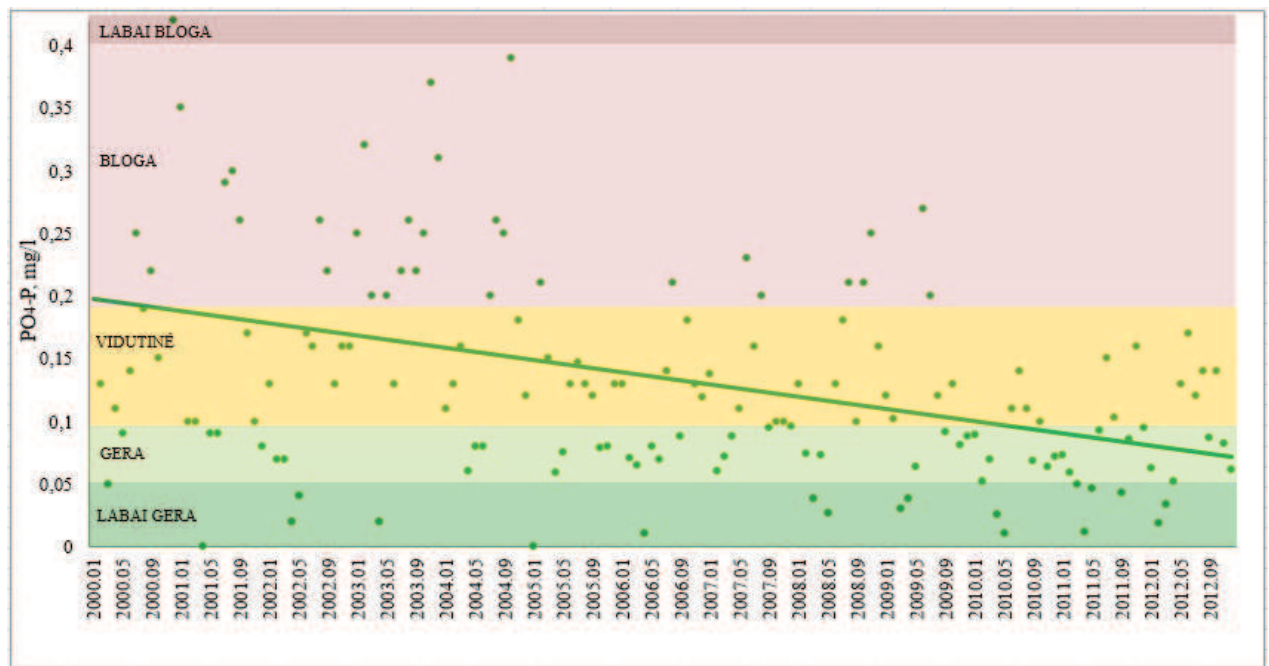


3.11 pav. $\text{PO}_4\text{-P}$ koncentracijų kaita ties Lenkijos siena ir tarpiniame monitoringo poste (už pramonės įmonių) 2000–2012 m. laikotarpiu

2000–2012 m. laikotarpiu fosfatų koncentracijos ties Lenkijos siena svyravo nuo 0 iki 0,062 mg/l, o tarpiniame monitoringo poste – nuo 0,01 iki 0,3 mg/l. Visais tiriamaisiais metais abiejuose punktuose buvo viršijama DLK (0,0653 mg/l). Maksimaliai ji buvo viršyta tarpiniame monitoringo poste 2011 m. liepos mėnesį 4,6 karto. Daugiau nei 80 % momentinių $\text{PO}_4\text{-P}$ koncentracijų atitinka labai gerą upės ekologinę būklę.

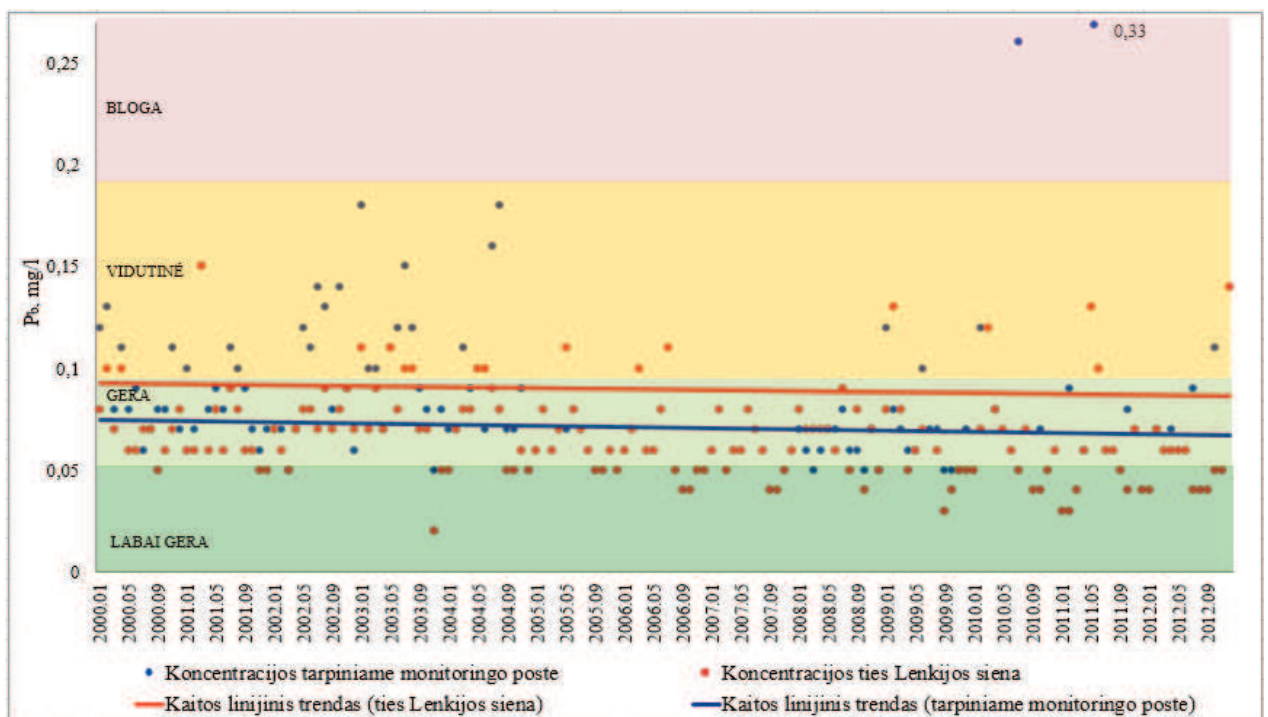
Pjūvyje ties Kaliningrado siena $\text{PO}_4\text{-P}$ koncentracijos kinta nuo 0 iki 0,85 mg/l (3.12 pav.). Maksimaliai DLK buvo viršyta 2011 m. lapkričio mėnesį apie 13 kartų. Kaitos linijinis trendas turi tendenciją mažėti, kas parodo Šešupės upės ekologinės būklės gerėjimą. Apie 48 % momentinių koncentracijų atitinka labai gerą ekologinę upės būklę.

Kaip matyti $\text{PO}_4\text{-P}$ koncentracijų kaita ties Lenkijos siena yra stabili, o ties tarpiniu monitoringo postu ir ties Kaliningrado siena pastebimas koncentracijų išsibarstymas didesne amplitude.



3.12 pav. PO₄-P koncentracijų kaita ties Kaliningrado siena 2000–2012 m. laikotarpiu

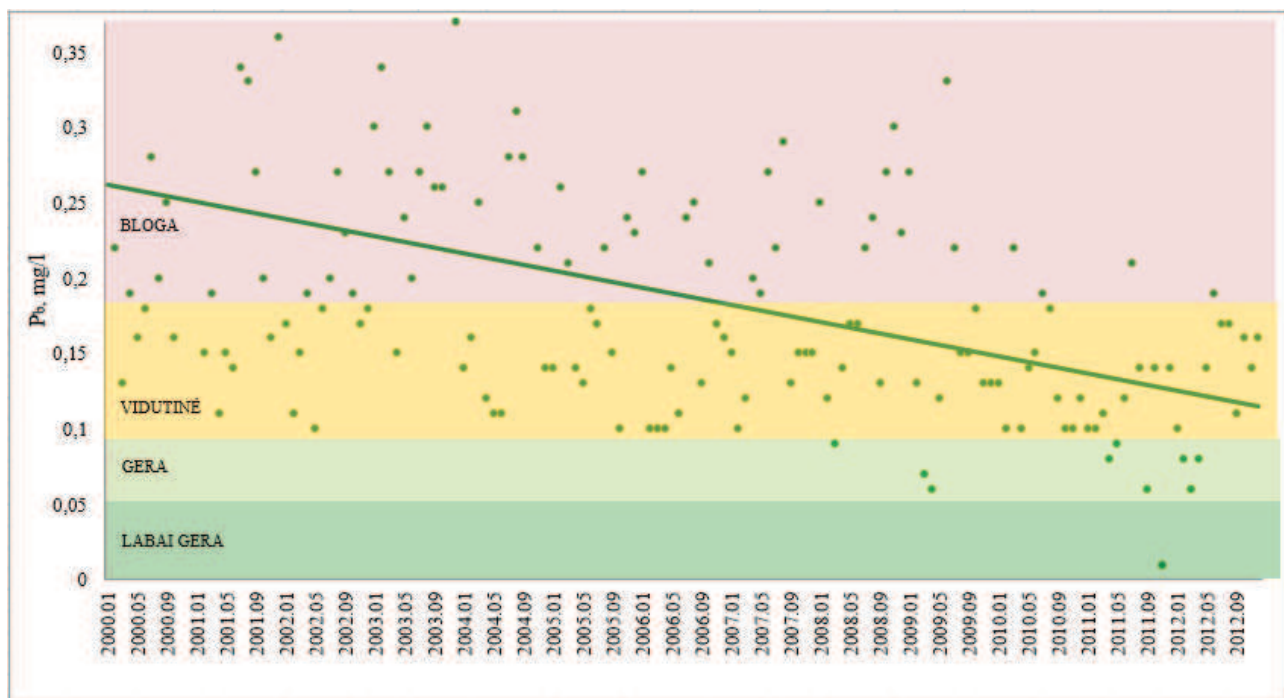
P_b koncentracijos upės vandenyje ties Lenkijos siena svyravo nuo 0,02 iki 0,14 mg/l (3.13 pav.). Maksimaliai DLK (0,1 mg/l) buvo viršyta 2001 m. kovo mėnesį apie 1,5 karto. Apie 94 % momentinių faktinių koncentracijų atitinka labai gerą ekologinę upės būklę. Kaitos linijinis trendas turi tendenciją mažėti. Pjūvyje ties tarpiniu punktu (už pramonę vystančių įmonių) P_b koncentracija kinta nuo 0,049 iki 0,33 mg/l (3.13 pav.). Maksimaliai DLK buvo viršyta 2011 metais liepos mėnesį apie 3,3 karto. Kaitos linijinis trendas neturi tendencijos nei didėti, nei mažėti.



3.13 pav. P_b koncentracijų kaita ties Lenkijos siena ir tarpiniame monitoringo poste (už pramonės įmonių) 2000–2012 m. laikotarpiu

Pjūvyje ties Kaliningrado siena P_b koncentracija kinta nuo 0,01 iki 0,87 mg/l (3.14 pav.). DLK buvo viršijama kiekvienais metais, o maksimaliai viršyta 2000 metais lapkričio mėnesį apie 8,7 karto. Kaitos linijinis trendas turi tendenciją mažėti, o tai rodo vandens būklės gerėjimą.

Galime teigti, kad ryški fosforo junginių mažėjimo tendencija yra susijusi su pagerėjusiu miesto nuotekų išvalymu.



3.14 pav. P_b koncentracijų kaita ties Kaliningrado siena 2000–2012 m. laikotarpiu

Statistinės PO_4-P ir P_b koncentracijų charakteristikos visuose monitoringo postuose 2000–2012 m. laikotarpiu pateiktos 3.18, 3.19 ir 3.20 lentelėje.

3.16 lentelė. Statistinės PO_4-P ir P_b koncentracijų charakteristikos ties Lenkijos ir Kaliningrado siena ir tarpiniame monitoringo poste

Postas	Rodiklis	Vidurkis, $\bar{x}$	Dispersija, s^2	Standartinis nuokrypis, s	Variacijos koeficientas, C_v	Vidurčio paklaida, s_x	Pasikliautinis intervalas, 5%
Ties Lenkijos siena	PO_4-P	0,02	0,00013	0,01	0,50	0,00092	$0,02 \pm 0,0018$
	P_b	0,07	0,0030	0,01	0,16	0,00092	$0,07 \pm 0,0018$
Tarpiniame monitoringo poste	PO_4-P	0,04	0,0016	0,04	0,93	0,0040	$0,04 \pm 0,01$
	P_b	0,09	0,0017	0,04	0,46	0,0042	$0,09 \pm 0,01$
Ties Kaliningrado siena	PO_4-P	0,13	0,0099	0,10	0,74	0,008	$0,13 \pm 0,016$
	P_b	0,19	0,010	0,10	0,53	0,0081	$0,19 \pm 0,016$

Didžiausias bendro azoto (P_b) koncentracijų vidurkis (0,19 mg/l) yra ties Kaliningrado siena, taip pat ties šiuo postu yra didžiausias kaitos intensyvumas (53 %) ir standartinis nuokrypis (0,1), parodantis vidutinę duomenų sklaidą apie vidurkį. Šiame poste pasikliautinis intervalas, kai

patikimumas yra 95 %, yra nuo 0,17 iki 0,21 mg/l. Vertinant PO₄-P ir P_b koncentracijų vidurkius galime teigti, kad Šešupės upės hidrocheminė būklė prastėja upei tekant žemupio link.

3.17 lentelė. ANOVA rezultatai (PO₄-P ir P_b)

	Rodiklis	Kvadratų suma		Laisvės laipsniai		Dispersijos įverčiai		Statistika	
Grupių	PO ₄ -P	SSB	1,06	k-1	2	MSB	0,53	F	126,23
	P _b	SSB	1,19			MSB	0,59	F	109,6
Vidinė	PO ₄ -P	SSW	1,7	N-k	405	MSW	0,0042		
	P _b	SSW	2,2			MSW	0,0054		
Visa	PO ₄ -P	SST	2,8	N-1	407				
	P _b	SST	3,4						

Atlikus vienfaktorinę dispersinę analizę tarp trijų monitoringo postų, esant 95 % patikimumui gauta, kad abiem atvejais PO₄-P ir P_b apskaičiuoti vidurkiai tarpusavyje esminiai skiriasi. Skaiciuojant PO₄-P statistikos reikšmę, gauta $F=126,23 > F=3,94$, o P_b gauta $F=106,6 > 3,94$.

3.18 lentelė. Koreliacijos ryšio patikimumas (PO₄-P ir P_b)

	Ties Lenkijos siena		Tarpiniame monitoringo poste		Ties Kaliningrado siena	
	PO ₄ -P	P _b	PO ₄ -P	P _b	PO ₄ -P	P _b
R ²	0,0076	0,0017	0,001	0,0015	0,13	0,18
R	-0,02	-0,054	0,087	-0,04	-0,362	-0,42
S _r	0,08	0,08	0,10	0,10	0,08	0,07
t _f	0,25	-0,67	0,84	-0,4	-4,81	-5,79

Įvertinus PO₄-P ir P_b kitimo tendų statistinį reikšmingumą, gauti rezultatai rodo, kad PO₄-P ir P_b kitimo tendai nėra reikšmingi tarpiniame monitoringo poste ir ties Lenkijos siena. Pjūvyje ties Lenkijos siena ir už pramonės įmonių esančiame monitoringo poste pagal faktines momentines koncentracijas išvestas linijinis kaitos trendas rodo koncentracijų PO₄-P didėjimą, o P_b - mažėjimą. Ties Kaliningrado siena matomas pakankamai ryškus PO₄-P ir P_b koncentracijų mažėjimas. Tai reiškia, kad ties Kaliningrado siena Šešupės upės ekologinė būklė gerėja. Tokioms koncentracijų pasiskirstymo tendencijoms įtakos galėjo turėti Šešupės upės tarša fosforo junginiais, kurie patenka į vandenį iš Marijampolės mieste įsikūrusių pramonės įmonių. Taip pat Šešupės baseine vyrauja vidutinio sunkumo ir sunkaus priemolio dirvožemiai, o Kylmar (Kylmar 2006) nustatė, kad fosforo daugiau patenka į upelius, kurių baseinuose daugiau molinių dirvožemių. Taip pat fosforo junginių koncentracija paviršiniuose vandenyse priklauso nuo sezono. Mažiausia koncentracija paprastai būna vegetacijos periodu, kai vyksta intensyvi fotosintezė, o didžiausia – šaltuoju laikotarpiu, kai vyksta organinių medžiagų mineralizacija.

4. PREVENCINIŲ PRIEMONIŲ EKOLOGINEI SITUACIJAI GERINTI VERTINIMAS

Pagrindinis prevencinių priemonių kūrimo ir taikymo, norint pagerinti ekologinę situaciją, tikslas – sukurti šiuolaikišką upių baseinų principu pagrįstą decentralizuotą vandens išteklių valdymo sistemą, kuri užtikrintų patikimą atvirų vandens telkinių ir vandens ekosistemų apsaugą, racionalų vandens išteklių naudojimą, didelį rekreacijos potencialą, vandens ekosistemų įvairovę bei biologinį produktyvumą.

4.1. Teisinės priemonės

Lietuvoje galioja nemažai įstatymų, teisės aktų, normų ir principų, kurie reguliuoja aplinkos apsaugos klausimus. Tačiau šiuo metu aplinkos apsaugos įstatymų peržiūra ir tobulinimas yra prioritetas ir neatidėliotinas uždavinys. Reikia tiksliau apibrėžti teisės aktų sistemos principus ir tikslus, nustatyti prioritetinę jų rengimo ar tobulinimo tvarką. Visa tai reikia atlikti atsižvelgiant į aplinkos apsaugai keliamus vis didesnius ES reikalavimus (APVA 2013).

Aplinkos apsaugos reikalavimų vykdymo kontrolę vykdančioms institucijoms reikėtų siūlyti:

- sustiprinti aplinkos apsaugos kontrolę vykdančius padalinius, daugiau dėmesio skirti prevencinių priemonių taikymui;
- tobulinti leidimų išdavimo procedūrą, kad būtų geriau sureguliuoti santykiai tarp ūkinę veiklą vykdančių objektų ir kontrolę vykdančių institucijų;
- patobulinti baudų taikymo sistemą, kad atitiktų principą „teršėjas (vartotojas) moka“, perskaičiuoti (padidinti) baudų taikymo svertus;

Kadangi Šešupės upės vandens hidrocheminei kokybei ir ekologiškai būklei įtakos turi Marijampolės mieste susitelkusi pramonė, viena veiksmingiausių teisinių priemonių, galinčių riboti šią taršą yra – teršėjas (vartotojas) moka principo taikymas. Šis principas reiškia, kad visa atsakomybė, taip pat ir materialinė, už taršą ar naudojant gamtos išteklius padarytą žalą aplinkai tenka teršėjams ar vartotojams, t.y. visus socialinius ir ekonominius nuostolius dėl teršimo privalo padengti patys teršėjai. Tačiau kartais žalos atlyginti iš viso neįmanoma, todėl prevencija yra racionali sprendimo būdas nei bandymas išspręsti problemą, kai ji jau yra iškilusi ar daro neigiamą poveikį gamtai.

4.2. Ekonominės priemonės

Ekonominės priemonės vadinama – mokesčiai už gamtos išteklių naudojimą, aplinkos teršimą, vartotojų mokesčiai, mokesčių lengvatos, mokesčių diferencijavimas, subsidijos, paskolos, fondai. Mokesčių už aplinkos teršimą taikymo priemonės derinamos su administracinėmis priemonėmis, t.y. mokesčių tarifų dydis priklauso nuo aplinkosauginių leidimų, suteikiamų ūkio subjektams, rūšies.

Taikomos ekonominės priemonės turi šių privalumų:

- yra lankstesnės negu administraciniai svertai (ūkio subjektams, vartotojams ir teršėjams mokėti baudą turi būti mažiau naudinga negu investuoti į švaresnę gamybą);
- yra dinamiškos ir skatina tobulėti.

Norint efektyviau panaudoti ekonomines priemones reikėtų:

- parengti daugiau informacinių leidinių, kurie supažindintų visuomenę su aplinkos apsaugos reikalavimais. Tokiu būdu visuomenė turės daugiau žinių ir įgūdžių įgyvendinant subalansuotos plėtros uždavinius, bus skatinama aktyviai dalyvauti aplinkos apsaugos politikoje ir veikloje realizuojant aplinkos apsaugos tikslus, gebės spręsti aplinkosaugines problemas gamyboje ir žemės ūkyje siekiant propaguoti ekologiškai švarios produkcijos gamybą ir vartojimą, energijos ir žaliavų taupymą;
- vykdyti partnerystės ir atsakomybės pasidalijimą, kad kiekvienas iš partnerių pripažintų savo atsakomybę už aplinkos apsaugos tikslų įgyvendinimą.

Mokesčiai už gamtos išteklių naudojimą galioja nuo 1992 m, o tarifai už naudojamus gamtos išteklius buvo atnaujinti 1995 ir 1997 m. Daugumos išteklių naudojimas pastaruoju metu sumažėjęs, tačiau padidėjęs kai kurių išteklių naudojimai (pvz., durpių, dalies biotos) būtų tikslinga sukurti naujus apmokestinimo principus biotos išteklių naudojimui reguliuoti, atnaujinti ir pakoreguoti senesnius tarifus (AAA 2013).

Subsidijos (pagalba) yra dviejų formų: atlyginimas už taršos mažinimą ir dalinis taršą mažinančių ir valymo įrenginių finansavimas. Pirmoji forma – kuo daugiau teršiam, tuo blogiau teršėjui finansiniu požiūriu, nes jis gauna mažesnę subsidiją arba jam skiriami didesni mokesčiai. Subsidijos kartais teikiamos ir turint tikslą padėti įmonėms pereiti prie naujų, ekologiškai švaresnių technologijų. Antroji forma – skiriama ekologinės kontrolės įrenginiams įsigyti.

Taršos licencijų pagalba valstybinės institucijos nustato, tokį vandens užterštumo lygį, kokį dar galima toleruoti viename ar kitame regione. Taršos leidimai parduodami aukcione, o jų kainą nulemia pasiūla ir paklausa. Kaina bus didesnė kuo bus mažiau leidimų, o suinteresuotų įmonių juos įsigyti – daugiau.

4.3. Finansinės priemonės

Didžiausią investicijų dalį į aplinkosaugą sudaro valstybės biudžeto asignavimai, o kitą dalį – užsienio valstybių bei tarptautinių organizacijų teikiami kreditai ir subsidijos, savivaldybių finansiniai ištekliai bei pačių įmonių lėšos.

Reikia stengtis pereiti nuo sistemos, pagal kurią visi mokesčių mokėtojai per valstybės biudžetą padengia vartotojų (teršėjų) padarytus nuostolius, prie sistemos, pagal kurią vartotojai (teršėjai) tiesiogiai padengia nuostolius dėl savo veiklos poveikio aplinkai.

Šiuo metu didžioji dalis ES investicijų skiriama vandentvarkos ūkio sektoriui. Siekiama kur reikalinga nutiesti naujus vandentiekio ir nuotekų surinkimo tinklus, rekonstruoti senuosius. Taip pat dalis fondų lėšų skiriama paviršinių vandens telkinių ekologinei būklei pagerinti (APVA 2013).

Todėl norint sumažinti Marijampolės miesto taršą, kuri turi neigiamą poveikį Šešupės upei ir norint pagerinti upės vandens ekologinę būklę būtų galima pasinaudoti valstybės teikiama parama ir išplėsti vandentvarkos infrastruktūrą – prijungti aplinkinių rajonų gyventojus prie nuotekų surinkimo tinklų, rekonstruoti nuotekų valymo įrenginius, taip sumažinant Marijampolės nuotekų valyklos apkrovas teršiančiomis medžiagomis. Būtų galima pasinaudoti parama, skirta upių ir upelių dugnų, pakrančių tvarkymui ir rekreacinių zonų įkūrimui ar atstatymui.

Marijampolės miesto pramonės įmonės galėtų pasinaudoti subsidijomis bei kita finansine parama, padedančia modernizuoti turimus valymo įrenginius ar įsigyjant naujus.

4.4. Techninės priemonės

Aplinkosaugoje pereinant prie neigiamų pasekmių priežasčių šalinimo, viena svarbiausių prevencinių priemonių gamtinių išteklių ir kraštovaizdžio apsaugos srityje yra aplinkosauginio teritorijų planavimo sistemos sukūrimas. Reikalinga tiksliai suplanuoti aplinkosaugines teritorijas rengiant bendruosius ir specialiuosius teritorijų planavimo planus. Tokiu būdu bus įgyvendinami keletas pagrindinių teritorijų planavimo tikslų – saugomi, racionaliai naudojami ir atkurti gamtos ištekliai, sudaromos prielaidos ekologinei pusiausvyrai palaikyti. Siekiama tinkamai suformuoti žemėnaudos struktūrą, stabdyti biologinės įvairovės nykimą bei ekosistemų degradavimą, saugoti natūralius upių ir ežerų krantus. Šiam tikslui pasiekti ūkininkams išmokamos išmokos, kurios padengia dėl priimtų įsipareigojimų atsirandančias išlaidas bei prarastas pajamas (AAA 2013). Ūkininkai kurių dirbami žemės plotai yra greta upių turėtų įsipareigoti prižiūrėti įrengtas pakrančių

apsaugos juostas. Taip būtų stabdoma atsirandanti erozija, išsaugomos pusiau natūralios pievų buveinės.

Siekiant sumažinti Šešupės upės vandens taršą pasklidąja tarša turėtų būti pertvarkomi finansavimo mechanizmai vandens sektoriuje įdiegiant „teršėjas moka“ principą. Žemės ūkis turėtų būti orientuojamas į ekologiškai subalansuotą žemės ūkį, turėtų būti skatinama ekologiškai švarių žemės ūkio produktų gamyba, užtikrinant auginamų augalų apsaugą nenaudojant arba naudojant tinkamomis porcijomis chemines medžiagas ir trąšas. Ūkininkai turėtų laikytis pažangaus ūkininkavimo taisyklių:

- gyvulių mėšlo ir srutų kiekis, įterptas į dirvą kiekvienais metais, ir gyvulių mėšlas, patenkantis į dirvą ganant gyvulius, neturi viršyti nustatyto kiekio hektarui žemės ūkio naudmenų;
- mėšlas ir srutos gali būti skleidžiami tik tais laikotarpiais, kai augalai gali pasisavinti maistines medžiagas.

Taip pat ūkininkai turėtų dalyvauti ūkininkams organizuojamuose mokymuose. Norint sumažinti taršą iš žemės ūkio, turėtų būti mažiau naudojama mineralinių trąšų, sintetinių pesticidų, nuotekų dumblo (Žemės...2013).

Marijampolės mieste Šešupės vandenį teršia pramonės įmonių bei buitinių nuotekos. Kenksmingų medžiagų į upės vandenį patenka su lietumi, ištirpusiu sniegu ir ledu. Į upę patenka dalis nevalytų nuotekų ir iš nuotekų valyklos, kai viršijamos jos darbinės apkrovos. Todėl norint sumažinti taršą iš pramonės įmonių, reikalinga, kad pramonės įmonės įsidiegtų apytakines sistemas, jų pagalba bus sutaupomas gamybai reikalingas vanduo, nes dalį vandens kiekio bus galima panaudoti pakartotiniuose procesuose.

Norint sumažinti Marijampolės miesto nuotekų valymo įrenginių apkrovas, reikėtų rekonstruoti įrenginius, nes dalis jų yra netoli eksploatavimo termino pabaigos. Taip pat Marijampolės regione yra prijungta daugiau žmonių prie nuotekų šalinimo tinklų nei buvo planuota ir jų skaičius planuojama toliau augti. Todėl Vilkaviškio rajone planuojama nutiesti 28,9 km nuotekų tinklų, įrengti 10 naujų nuotekų siurblių bei prijungti 1894 gyventojus prie centralizuotų nuotekų tinklų. Kituose rajonuose taip pat planuojama vandentvarkos ūkio sistemų plėtra (Marijampolės 2013).

Siekiant išsaugoti gerą Šešupės vandens kokybę, pagrindinis dėmesys skiriamas vandens eutrofikacijos procesams sumažinti arba pašalinti. Vandeniui esant ne daug užterštu organinėmis medžiagomis, jis gali pats apsivalyti. Tai priklauso nuo vandenyje ištirpusio deguonies kiekio, temperatūros ir kt. sąlygų. Tačiau į upės vandenį su miesto tarša patekusios sintetinės organinės medžiagos vandenyje lengvai pasisavinamos vandens gyvių. Šios medžiagos naudojamos kaip

plovikliai ne tik pramonėje, bet ir buityje. Norint sumažinti upių taršą šiomis medžiagomis, reikėtų riboti jų naudojimą.

Marijampolėje kaip ir visoje Lietuvoje vis daugiau žmonių pradeda suprasti, kokie svarbūs yra aplinkosauginiai klausimai. Žemės ūkyje naudojami vis mažesni trąšų kiekiai. Tačiau trąšų gamybos kiekiai (UAB „Arvi fertis“), cukraus gamyba (UAB „Arvi cukrus“) bei paukštynų vykdoma veikla nemažėja, todėl Marijampolės RAAD vykdo periodines patikras ir teikia metines atsakaitas aplinkos ministerijai.

IŠVADOS IR PASIŪLYMAI

1. Azoto ir fosforo junginiai į Šešupę patenka iš skirtingų taršos šaltinių. Taršą azoto junginiais daugiausia sudaro išsklidusi tarša (žemės ūkis), taip pat tarša iš Marijampolės mieste esančios trąšų gamybos įmonės (UAB „Arvi fertis“) bei paukštyno (UAB „Arvi paukštynas“). Fosforas į upę patenka iš sutelktųjų taršos šaltinių – Marijampolės miesto, pramonės įmonių, tokių kaip: UAB „Arvi cukrus“ ir kt.
2. Organinių ir biogeninių medžiagų koncentracijos 2000–2012 m. laikotarpiu žemiau Marijampolės miesto padidėja dėl išleidžiamų buitinių ir gamybinių nuotekų. Tiriamu laikotarpiu BDS₇ koncentracijos ties Lenkijos siena kinta nuo 0,03 iki 7,1 mg O₂/l. Tarpiniame monitoringo poste koncentracija kinta nuo 0,07 iki 8,3 O₂/l, Abiejuose postuose apie 25 % momentinių koncentracijų atitinka labai gerą ekologinę upės būklės klasę. Ties Kaliningrado siena kinta nuo 1,0 iki 10,4 mg O₂/l. DLK buvo viršyta 2011 m. sausio mėnesį 1,7 karto. 23 % momentinių koncentracijų atitinka labai gerą ekologinę upės būklę. Vertinant upės ekologinę būklę pagal momentinių koncentracijų pasiskirstymą, pastebima blogėjimo tendencija.
3. NO₃-N, PO₄-P ir P_b koncentracijas tarpiniame monitoringo poste (už Marijampolės mieste esančių pramonės įmonių) Šešupės upės vandens kokybė turi tendenciją blogėti, nors priskiriama labai gerai arba gerai ekologiškai upės būklei. NO₃-N koncentracija tarpiniame monitoringo poste (už pramonės įmonių) kinta nuo 0,08 iki 3,5 mg/l. Ties Kaliningrado siena NO₃-N koncentracijos kinta nuo 0,06 iki 9,2 mg/l. Tiriamuoju laikotarpiu DLK viršijo apie 50 % momentinių koncentracijų. Šiame upės pjūvyje Šešupės ekologinė būklė atitinka vidutinę ekologinės būklės klasę. NO₃-N koncentracijų vidurkiai didėja link Kaliningrado sienos, t.y. žemiau Marijampolės esančių pramonės įmonių.
4. N_b koncentracijos ties Lenkijos siena kinta nuo 0,31 iki 4,4 mg/l. DLK (2,5 mg/l) buvo viršyta kelis kartus, didžiausia iš jų (4,4 mg/l) buvo išmatuota 2004 m. birželio mėnesį. Daugiau nei 80 % momentinių koncentracijų atitinka labai gerą ekologinę upės būklės klasę. Tarpiniame monitoringo poste (už pramonės įmonių) N_b koncentracijos kinta nuo 0,25 iki 5,7 mg/l. Apie 12 % momentinių koncentracijų viršija DLK, o 75 % momentinių koncentracijų atitinka labai gerą ekologinę upės būklės klasę. Ties Kaliningrado momentinės N_b koncentracijos kinta nuo 0,47 iki 14 mg/l. Apie 65 % visų momentinių koncentracijų viršija DLK. Šiame upės pjūvyje N_b koncentracijų vertės priskiriamos vidutinei upės ekologinės būklės klasei.
5. Vertinant PO₄-P ir P_b koncentracijų vidurkius galime teigti, kad Šešupės upės vandens hidrocheminė būklė blogėja upei tekant pro Marijampolės miesto taršos šaltinius, o ties Kaliningrado siena Šešupės upės vandens ekologinė būklė ima gerėti. Tokims koncentracijų pasiskirstymo tendencijoms įtakos turi Šešupės upės tarša fosforo junginiais iš Marijampolės mieste

įsikūrusių pramonės įmonių. P_b koncentracijos upės vandenyje ties Lenkijos siena svyravo nuo 0,02 iki 0,14 mg/l. Maksimaliai DLK (0,1 mg/l) buvo viršyta 2001 m. kovo mėnesį apie 1,5 karto. Apie 94 % momentinių faktinių koncentracijų atitinka labai gerą ekologinę upės būklę. Kaitos linijinis trendas turi tendenciją mažėti. Pjūvyje ties tarpiniu punktu (už pramonę vystančių įmonių) P_b koncentracija kinta nuo 0,049 iki 0,33 mg/l. Maksimaliai DLK buvo viršyta 2011 metais liepos mėnesį apie 3,3 karto. Kaitos linijinis trendas neturi tendencijos nei didėti, nei mažėti.

6. Darbo duomenys yra naudingi kuriant Šešupės upės ar kitų upių vandens kokybės modeliavimo programą ar vertinant išleidžiamų į upę teršalų poveikį vandens ekosistemai, vykdant monitoringo programą.

7. Nuo 2005 iki 2008 m. vandens kokybės matavimai postuose tarp Lenkijos ir Kaliningrado sienos nebuvo vykdomi, o nuo 2008 iki 2012 m. kokybės matavimai buvo atliekami tik vieną ar kelis kartus per metus, todėl siekiant tinkamai įvertinti Marijampolės miesto daromą įtaką Šešupės upės hidrochemijai, reikėtų atnaujinti ir matavimus minėtuose punktuose, o matavimai turėtų būti atliekami 12 kartų per metus kiekvieną mėnesį.

8. Norint sumažinti Marijampolės miesto taršos įtaką Šešupės upės hidrochemijai, reikėtų plėsti Marijampolės miesto vandentvarkos infrastruktūrą – prijungti gyventojus prie nuotekų tinklų, renovuoti ar pastatyti naujus valymo įrenginius miesteliuose, esančiuose greta Marijampolės, taip pat pramonės įmonės turėtų įsirengti naujus, našesnius valymo įrenginius, taip sumažinant Marijampolės miesto nuotekų valyklos apkrovą.

Hipotezės patvirtinimas arba paneigimas

Iškelta hipotezė yra patvirtinama, nes vertinant Marijampolės miesto taršos įtaką Šešupės vandens kokybei pastebėta, kad ne visuose nagrinėtuose monitoringo postuose yra Šešupės upės ekologinės būklės gerėjimo tendencija. Postuose už Marijampolės miesto pramonės įmonių pastebima Šešupės upės vandens ekologinės būklės blogėjimo tendencija.

LITERATŪRA

1. Aksomaitienė, R. ir kt. *Mineralinio azoto apytakos agroekosistemoje ryšys su jos produktyvumu ir jį nulemiančiais veiksniais*, 2003. Vandens ūkio inžinerija, T. 23 (43)–24 (44), p. 69–78.
2. Aplinkos apsaugos agentūra [ineraktyvus]. [žiūrėta 2013-10-17]. Prieiga per internetą: <http://vanduo.gamta.lt/cms/index?rubricId=d5efb254-be50-41d0-9d07-f4ec05aba2ee>.
3. Aplinkos apsaugos agentūra [interaktyvus]. [žiūrėta 2013 m. sausio 10 d.]. Prieiga per internetą: <http://vanduo.gamta.lt/cms/index>.
4. Aplinkos projektų valdymo agentūra [interaktyvus]. [žiūrėta 2013-12-18]. Prieiga per internetą: <http://www.apva.lt/lt/projektu-vykdytojams.html>.
5. Bagdžiūnaitė–Litvinaitienė, L. *Biogeninių medžiagų kaitos upių vandenyje tyrimai ir vertinimas*, 2005. Daktaro disertacija. Vilniaus Gedimino technikos universitetas, Vilnius, Technika.
6. Bagdžiūnaitė–Litvinaitienė, L.; Litvinaitis, A. *Įvairių dydžių Lietuvos upių nuotėkio kaitos dėsningumai*, 2010. Vandens ūkio inžinerija, 36(56). Vilainiai, p. 74–81.
7. Barvidienė, O.; Šaulys, V. *Reguliuotų upelių pakrančių apsaugos juostų būklė*, 2008. Vandens ūkio inžinerija, 33(53), 80-86 ISSN 1392-2335.
8. *Baseinų valdymo plano požeminio vandens dalies Nemuno upių baseinų rajonui parengimas ir integravimas į bendrąjį valdymo planą, pirkimo numeris: 62298. Projekto veiklų rezultatai, V dalis. Taršos šaltiniai ir apkrovos. Pagrindinių priemonių poveikio vertinimas. Rizikos vandens telkiniai*, 2010. Aplinkos apsaugos agentūra, Vilnius.
9. Behrendt, H.; Opitz, D. *Retention of nutrients in river systems: Dependence on specific runoff and hydraulic load*, 2000. Hydrobiologia, 410.
10. Binzon, M.M and other. *National Academy Press*, 2002, p. 247.
11. Biogeochemical Cycles. Part I, The Nutrient Dynamics of Coral Reefs [interaktyvus]. [žiūrėta 2013-11-12]. Prieiga per internetą: <http://reefkeeping.com/issues/2006-08/cj/index.php>.
12. Buitinių/ komunalinių ir gamybinių nuotekų tvarkymas [interaktyvus]. Lietuvos respublikos aplinkos ministerija [žiūrėta 2014-01-10]. Prieiga per internetą: http://www.am.lt/VI/article.php3?article_id=6835.
13. Čekanavičius V., Murauskas G. *Statistika ir jos taikymai I*, 2000. Vilnius: TEV, p. 239.
14. Čekanavičius, V.; Murauskas, G. *Statistika ir jos taikymai. II*, 2008. Vilnius: TEV, p. 272.

15. Dauguvos upių baseinų rajono valdymo planas, patvirtintas Lietuvos Respublikos Vyriausybės nutarimu Nr. 1616, 2010 [interaktyvus]. [žiūrėta 2013-12-12]. Prieiga per internetą: http://vanduo.gamta.lt/files/patvirtinta_LRV_2010-11_17_d_nutarimu_Dauguvos_planas_patvirtintas.pdf.
16. Daukšas, J. *Aplinkos apsaugos technologijos*, 2004. Šiauliai: Šiaulių universiteto leidykla, p. 167.
17. *Dėl aplinkos ministro 2007 m. balandžio 12 d. Įsakymo Nr. D1-210 „Dėl Paviršinių vandens telkinių ekologinės būklės vertinimo tvarkos aprašo patvirtinimo“ pakeitimo. Lietuvos Respublikos aplinkos ministro 2010 m. kovo 4 d. Įsakymu Nr. D1-178 redakcija*, 2010. Valstybės žinios, Nr. 29-1363.
18. Ecology: Organisms and Their. The nitrogen cycle [interaktyvus]. [žiūrėta 2013-11-12]. Prieiga per internetą: <http://www.shmoop.com/ecology/nitrogen-cycle.html>.
19. Environmental Conditions in the Baltic Sea Region [interaktyvus]. Baltic Marine Environmental Bibliography [žiūrėta 2013-11-19]. Prieiga per internetą: <http://www.baltic.vtt.fi/demo/balful.html>.
20. Europos parlamento ir tarybos direktyva 2000. *Direktyva nustatanti Bendrijos veiksmų vandens politikos srityje pagrindus (2000/60/EB)*, 2000. Europos sąjungos oficialus leidinys, L 327/1.
21. European Atlas of the Seas [interaktyvus]. [žiūrėta 2014-05-27]. Prieiga per internetą: http://ec.europa.eu/maritimeaffairs/atlas/maritime_atlas/#lang=EN;bkgd=5:1;mode=1;pos=11.754:54.605:4;theme=11:0.9:1;.
22. Gailušis, B.; Jablonskis, J.; Kovalenkoviėnė, M. *Lietuvos upės: Hidrologija ir nuotėkis*, 2001. Kaunas: LEI.
23. Gizzetti, B.; Bouraoui, F.; Marsily, G.A. *Statistical method for source apportionment of riverine nitrogen loads*, 2005. Journal of Hydrology.
24. Haggard, B. E.; Storm, D. H. *Effects of a point source input on stream nutrient retention*, 2001. The Journal of the American Water Resources Association, 37: 1291-1299.
25. Helsinkio komisija. *HELCOM Baltic Sea action plan*, 2010. Helsinkis, Suomija, p. 103.
26. Jablonskis, J.; Kovalenkoviėnė, M.; Tomkeviėienė, A. *Lietuvos upių ir upelių vagų tinklas*, 2007. Annales Geographica, 40(1).
27. Kilkus, K.; Stoneviėius, E. *Lietuvos vandenų geografija*, 2011. Vadovėlis. Vilnius, p. 125-127.

28. Kyllmar, K.; Carlsson, C.; Gustafson, A.; Ulen, B.; Johnsson, H. *Nutrient discharge from small agricultural catchments in Sweden. Characterisation and trends*, 2006. Agric. Ecosyst. & Environment, vol. 115, p. 15–26.
29. Kutra, S.; Berankienė, L. *Vidutinio dydžio upių nuolatinė ir atsitiktinė tarša bendruoju fosforu*, 2007. Vandens ūkio inžinerija, 31(51). Vilainiai, p. 66–73.
30. Kutra, S.; Berankienė, L. *Vidutinio dydžio upių nuolatinė ir atsitiktinė tarša bendruoju fosforu. Vandens ūkio inžinerija*, 2007, 31(51): 66-73. ISSN 1392-2335.
31. Lielupės upių baseinų rajono valdymo planas, patvirtintas Lietuvos Respublikos Vyriausybės nutarimu Nr. 1618, 2010 [interaktyvus]. [žiūrėta 2013-12-12]. Prieiga per internetą: http://vanduo.gamta.lt/files/patvirtinta_LRV_2010-11-17_d_nutarimu_Lielupes_planas_patvirtintas.pdf.
32. Lietuvos Respublikos aplinkos apsaugos įstatymas, Nr. VIII-474, 1997 m. spalio 21 d. Nauja redakcija 2005.
33. Lietuvos Respublikos Aplinkos ministro 2010m. kovo 4 d. įsakymas Nr. D1-633 „*Dėl paviršinių vandens telkinių, kuriuose gali gyventi ir veistis gėlavandenės žuvys, apsaugos reikalavimų aprašo patvirtinimo*“, 2006. Valstybės žinios Nr. 5-159.
34. Lietuvos Respublikos vandens įstatymas. Nauja redakcija, Nr. IX-1388, 2003-03-25. Valstybės žinios, Nr. 36-1544, 2003-04-16.
35. Lietuvos upės, 2010 [interaktyvus]. [žiūrėta 2013-12-15]. Prieiga per internetą: [http://www.upese.lt/index.php/upes-pagal baseinus/sesupes-baseinas](http://www.upese.lt/index.php/upes-pagal-baseinus/sesupes-baseinas).
36. Lysovienė, J.; Gasiūnas V. *Reguliuotų upelių vandens savaiminis apsivalymas nuo fosforo junginių*, 2011. Vandens ūkio inžinerija, 39 (59). Vilainiai, p. 62–63.
37. Maikštėnienė S.; Arlauskienė A. *Sustainable cropping system for the sollution of enviroment protection problema*, 2007. Ekologija, Nr. 53, p. 88.
38. Margenytė, L.; Zigmontienė, A.; Tomaševskis, E. *Pagrindinių vandens užteršimo Vilnios upėje charakteristikų analizė*, 2012. Mokslas – Lietuvos ateitis, 4(5): 435-440, p. 435.
39. Marijampolės regiono plėtros planas 2014– 2020 metams. Galimybių studija 2013 [interaktyvus]. [žiūrėta 2014-02-10]. Prieiga per internetą: <http://www.nrp.vrm.lt/assets/files/Marijampole/Studija/Studija.pdf>.
40. Nemuno upių baseinų rajono valdymo planas, patvirtintas Lietuvos Respublikos Vyriausybės nutarimu Nr. 1098, 2010 [interaktyvus]. [žiūrėta 2013-12-12]. Prieiga per internetą: http://vanduo.gamta.lt/files/patvirtinta_Nemuno_UBR_Planas.pdf.
41. Pauliukevičius, H. *Žemės naudmenų transformacijų poveikis azoto ir fosforo koncentracijoms upių vandenyje*, 2000. Vandens ūkio inžinerija, 13 (35), p. 24–29.

42. Peterson, B. J. *Stream processes alter the amount and from of nitrogen exported from small watersheds*, 2001. Science, 292: 86–90.
43. Povilaitis, A. *Biogeninių medžiagų trendai pagal normalizuotą upių nuotėkį*, 2003. Vandens ūkio inžinerija, T. 23 (43)–24 (44), p. 33–42.
44. Ruminaitė, R.; Šileika, A. S. *Mūšos baseino upių vandens taršos fosforu analizė taikant Fyris modelį*, 2010. Vandens ūkio inžinerija, 36 (56). Vilainiai, p. 41–42.
45. Ruskule, A.; Kuris, M.; Leiputė, G.; Vetemaa, M.; Zableckis, Š. *See the Baltic Sea: unique assets we share*, 2009. Baltijos aplinkos forumas.
46. Rutkovienė, V. M.; Sabienė, N. Aplinkos tarša [interaktyvus]. [žiūrėta 2013-10-24]. Prieiga per internetą: <http://www.lzuu.lt/nm/l-projektas/-Aplinkos_tarsa/titlas.htm>.
47. Šaulys V. *Vandenių apsaugos politika ir teisė*, 2007. Mokomoji knyga. Vilnius: Technika.
48. Šileika, A. S.; Gaigalis K. *Fosforo kaitos Nemuno ir kai kurių jo intakų vandenyje tendencijos ir priežastys*, 2006. Vandens ūkio inžinerija, 30 (50). Vilainiai, p. 15–17.
49. *Taršos šaltiniai ir apkrovos. Pagrindinių priemonių poveikio vertinimas. Rizikos vandens telkiniai*, 2010. Aplinkos apsaugos agentūra, Vilnius.
50. Tilickis, B. *Vandens cheminės sudėties kaita Lietuvos baseinuose*, 2005. Klaipėdos universitetas.
51. Tumas R. *Hydroekological avaluation of small Lithuanian rivers. Reduction of agricultural Runoff to Baltic sea: Proceedings of International Conference/ Lithuanian Institute of Water Management*, 1999. Kėdainiai – Vilainiai, p. 29–33.
52. Tumas, R. *Vandens ekologija*, 2003. Kaunas.
53. Vaikasas, S. *Ekologinė hidraulika*, 2007. Mokomoji knyga, Vilnius, Technka.
54. *Valsybinė vandenių taršos iš žemės ūkio šaltinių mažinimo programa*. Patvirtinta Lietuvos Respublikos Vyriausybės nutarimu Nr. 1076, 2013-08-26.
55. Ventos upių baseinų rajono valdymo planas, patvirtintas Lietuvos Respublikos Vyriausybės nutarimu Nr. 1617, 2010 [interaktyvus]. [žiūrėta 2013-12-12]. Prieiga per internetą: http://vanduo.gamta.lt/files/patvirtinta_LRV_2010-11_17_d_nutarimu_Ventos_planas_patvirtintas.pdf.
56. Vorosmatry, C. J.; McIntyre, P. B.; Gessner, M. O. and others. *Global threats to human water security and river biodiversity*, 2010. Nature Journal, p. 555–561.
57. WWF Baltic Sea Scorecard. WWF Baltic ecoregion programme [interaktyvus]. Solna, Švedija, 2008. p. 27 [žiūrėta 2013-11-15]. Prieiga per internetą: www.wwf.fi/wwf/www/uploads/pdf/balticseascorecard2008.pdf.
58. Žemės ūkio rūmai [interaktyvus]. [žiūrėta 2013-12-18]. Prieiga per internetą: <http://www.zur.lt/index.php?-1396503062>.

59. Žikulinas J.; Česnuliavičius A. *Hidrografinio tinklo pokyčiai Lietuvos mažųjų upių baseinuose*, 2009. Geografija, T. 45, Nr. 1, p. 62–68.

PRIEDAI

1 Priedas

1.1 lentelė. Ištirpusio ir biochemiškai sunaudojamo deguonies, amonio azoto, nitratinio azoto, bendrojo azoto, fosfatinio fosforo ir bendrojo fosforo koncentracijos Šešupės upėje ties Lenkijos siena, tarpiniame monitoringo poste (už taršos šaltinio) ir ties Kaliningrado siena

Tyrimų data	Ties Lenkijos siena							Tarpiniame monitoringo poste (už taršos šaltinio)							Ties Kaliningrado siena						
	O ₂ , mgO ₂ /l	BDS ₇ , mgO ₂ /l	NH ₄ -N, mg/l	NO ₃ -N, mg/l	N _b , mg/l	PO ₄ -P, mg/l	P _b , mg/l	O ₂ , mgO ₂ /l	BDS ₇ , mgO ₂ /l	NH ₄ -N, mg/l	NO ₃ -N, mg/l	N _b , mg/l	PO ₄ -P, mg/l	P _b , mg/l	O ₂ , mgO ₂ /l	BDS ₇ , mgO ₂ /l	NH ₄ -N, mg/l	NO ₃ -N, mg/l	N _b , mg/l	PO ₄ -P, mg/l	P _b , mg/l
2000.01.01	10,30	3,90	0,20	0,58	1,60	0,030	0,08	8,60	4,10	0,25	0,64	1,70	0,040	0,12	-	-	-	-	-	-	-
2000.02.01	10,90	4,40	0,11	1,20	2,50	0,020	0,10	12,00	4,50	0,12	2,30	4,20	0,020	0,13	11,20	4,30	0,11	5,60	7,30	0,130	0,22
2000.03.01	11,30	1,80	0,04	1,40	1,90	0,010	0,07	11,50	2,40	0,	1,50	2,10	0,010	0,08	11,20	6,20	0,16	6,90	7,90	0,050	0,13
2000.04.01	9,30	4,70	0,07	0,15	1,20	0,000	0,10	7,60	4,20	0,03	0,69	1,60	0,020	0,11	7,60	3,90	0,00	2,20	2,80	0,110	0,19
2000.05.01	11,40	2,20	0,05	0,11	0,49	0,020	0,06	13,00	2,60	0,03	0,37	0,96	0,020	0,08	10,40	2,60	0,02	0,60	1,60	0,090	0,16
2000.06.01	9,90	2,80	0,05	0,12	0,70	0,020	0,06	9,10	3,00	0,08	0,18	1,10	0,040	0,09	9,00	2,60	0,04	0,06	0,69	0,140	0,18
2000.07.01	9,20	1,90	0,01	0,27	0,82	0,030	0,07	8,40	2,60	0,05	0,15	1,10	0,030	0,06	8,40	2,70	0,04	0,28	1,10	0,250	0,28
2000.08.01	8,70	2,90	0,01	0,11	0,33	0,040	0,07	9,80	2,60	0,01	0,09	0,25	0,040	0,07	8,60	2,60	0,01	0,32	0,83	0,190	0,20
2000.09.01	8,40	1,90	0,02	0,06	0,48	0,030	0,05	9,30	2,30	0,01	0,08	0,57	0,080	0,08	9,10	1,80	0,03	0,40	1,10	0,220	0,25
2000.10.01	9,60	2,60	0,04	0,53	1,10	0,020	0,06	10,50	2,40	0,04	0,28	0,83	0,050	0,08	10,80	2,90	0,03	0,33	1,10	0,150	0,16
2000.11.01	10,20	1,70	0,05	0,25	0,85	0,020	0,07	9,20	2,50	0,14	0,28	0,97	0,050	0,11	9,70	1,10	0,13	0,41	1,10	0,850	0,87
2000.12.01	11,00	2,30	0,10	0,49	0,95	0,040	0,08	11,20	2,90	0,10	0,32	0,79	0,010	0,07	11,20	2,10	0,06	3,20	4,20	0,420	0,50
2001.01.01	12,60	2,60	0,11	1,30	1,70	0,020	0,06	10,80	2,40	0,11	1,60	1,80	0,040	0,10	12,20	7,60	1,10	7,30	9,50	0,350	0,49
2001.02.01	12,10	3,30	0,10	0,83	1,50	0,010	0,06	11,30	3,20	0,10	1,10	1,60	0,020	0,07	12,60	2,40	0,11	6,40	8,70	0,100	0,15
2001.03.01	12,70	3,30	0,06	2,70	4,10	0,020	0,15	11,30	4,00	0,08	3,50	4,80	0,030	0,15	12,60	5,40	0,27	7,00	8,70	0,100	0,19
2001.04.01	11,70	3,00	0,01	0,31	1,10	0,010	0,06	10,80	4,50	0,02	1,10	2,20	0,010	0,08	11,20	4,20	0,03	8,20	8,70	0,000	0,11
2001.05.01	10,10	2,40	0,04	0,30	1,70	0,020	0,08	9,60	3,00	0,03	0,36	1,80	0,020	0,09	9,90	2,30	0,63	0,76	1,60	0,090	0,15
2001.06.01	9,80	2,00	0,02	0,22	0,68	0,020	0,06	9,10	2,20	0,01	0,22	0,84	0,030	0,08	9,90	2,70	0,02	0,46	0,93	0,090	0,14
2001.07.01	4,90	3,80	0,04	0,21	1,20	0,020	0,09	5,30	2,10	0,02	0,29	1,20	0,070	0,11	5,40	3,40	0,03	1,10	2,30	0,290	0,34
2001.08.01	6,30	1,40	0,01	0,11	0,46	0,050	0,08	5,90	1,60	0,02	0,14	0,60	0,060	0,10	7,10	1,20	0,04	0,75	1,80	0,300	0,33
2001.09.01	7,60	2,80	0,01	0,17	0,62	0,030	0,06	7,00	1,70	0,03	0,26	0,64	0,060	0,09	7,70	2,00	0,03	0,41	0,89	0,260	0,27
2001.10.01	9,10	3,50	0,06	0,20	0,88	0,020	0,06	9,00	2,70	0,04	0,39	1,10	0,030	0,07	8,50	2,90	0,05	2,30	3,70	0,170	0,20

Tyrimų data	Ties Lenkijos siena							Tarpiniame monitoringo poste (už taršos šaltinio)							Ties Kaliningrado siena						
	O ₂ , mgO ₂ /l	BDS ₇ , mgO ₂ /l	NH ₄ -N, mg/l	NO ₃ -N, mg/l	N _b , mg/l	PO ₄ -P, mg/l	P _b , mg/l	O ₂ , mgO ₂ /l	BDS ₇ , mgO ₂ /l	NH ₄ -N, mg/l	NO ₃ -N, mg/l	N _b , mg/l	PO ₄ -P, mg/l	P _b , mg/l	O ₂ , mgO ₂ /l	BDS ₇ , mgO ₂ /l	NH ₄ -N, mg/l	NO ₃ -N, mg/l	N _b , mg/l	PO ₄ -P, mg/l	P _b , mg/l
2001.11.01	10,90	2,60	0,09	0,33	1,00	0,010	0,05	9,80	2,10	0,08	0,66	1,40	0,030	0,06	10,90	3,70	0,07	7,30	7,70	0,100	0,16
2001.12.01	10,80	3,30	0,16	0,64	1,40	0,020	0,05	10,40	3,40	0,15	0,68	1,30	0,030	0,07	10,60	8,30	0,26	4,10	5,70	0,080	0,36
2002.01.01	10,20	3,10	0,15	0,73	1,50	0,030	0,07	10,10	3,30	0,12	0,84	1,50	0,040	0,07	10,70	4,60	0,51	2,80	4,00	0,130	0,17
2002.02.01	10,40	3,40	0,15	0,86	1,50	0,020	0,06	9,80	2,70	0,11	2,60	3,30	0,030	0,07	10,20	1,80	0,17	6,30	6,80	0,070	0,11
2002.03.01	10,70	2,00	0,06	0,91	1,40	0,010	0,05	10,10	3,10	0,04	3,00	3,50	0,010	0,05	10,30	2,00	0,06	6,30	6,70	0,070	0,15
2002.04.01	9,00	5,10	0,07	0,34	1,20	0,010	0,07	8,80	5,10	0,01	0,99	2,00	0,020	0,07	10,40	3,50	0,02	2,00	3,00	0,020	0,19
2002.05.01	8,70	4,50	0,02	0,27	1,50	0,014	0,08	11,10	3,50	0,02	0,86	1,10	0,020	0,12	8,20	2,90	0,03	0,63	1,70	0,040	0,10
2002.06.01	7,10	2,00	0,05	0,25	0,74	0,040	0,08	7,40	2,30	0,07	0,23	0,86	0,070	0,11	7,30	3,20	0,03	0,04	0,91	0,170	0,18
2002.07.01	7,20	2,50	0,07	0,17	0,60	0,040	0,07	6,20	2,90	0,03	0,18	0,57	0,090	0,14	5,80	3,90	0,16	0,47	1,30	0,160	0,20
2002.08.01	6,30	1,10	0,01	0,10	0,31	0,040	0,09	4,90	3,30	0,04	0,18	0,74	0,070	0,13	5,90	1,50	0,02	0,10	0,76	0,260	0,27
2002.09.01	10,30	1,60	0,01	0,15	0,60	0,030	0,07	11,60	1,70	0,02	0,16	0,43	0,050	0,08	8,60	1,70	0,03	0,15	0,82	0,220	0,23
2002.10.01	10,40	4,40	0,10	0,29	1,10	0,020	0,08	11,30	3,10	0,12	0,70	1,50	0,060	0,14	9,40	4,30	0,06	0,51	1,80	0,130	0,19
2002.11.01	13,30	3,70	0,12	0,69	1,40	0,040	0,09	12,90	3,50	0,13	0,82	1,50	0,040	0,09	13,10	1,90	0,09	4,70	6,40	0,160	0,17
2002.12.01	13,50	3,80	0,15	0,56	0,95	0,020	0,07	12,60	5,40	0,19	0,62	1,00	0,020	0,06	13,10	3,50	0,12	5,30	7,50	0,160	0,18
2003.01.01	10,70	4,00	0,23	0,51	1,20	0,050	0,11	10,70	4,50	0,64	0,58	2,30	0,130	0,18	10,80	2,90	0,28	3,20	4,70	0,250	0,30
2003.02.01	11,80	2,70	0,15	0,58	1,50	0,020	0,07	10,40	2,80	0,39	0,78	1,90	0,050	0,10	10,10	3,90	1,10	2,30	4,20	0,320	0,34
2003.03.01	12,40	3,00	0,11	0,84	1,70	0,030	0,09	12,10	3,30	0,18	1,60	3,00	0,030	0,10	11,40	5,30	0,43	3,00	4,80	0,200	0,27
2003.04.01	12,80	4,00	0,05	1,20	0,41	0,010	0,07	12,10	2,50	0,07	1,20	2,20	0,020	0,07	12,60	8,00	0,05	5,60	6,70	0,020	0,15
2003.05.01	9,70	3,60	0,05	0,31	0,82	0,010	0,11	9,10	3,60	0,10	0,51	1,20	0,030	0,11	11,80	2,50	0,03	1,10	3,60	0,200	0,24
2003.06.01	8,10	2,10	0,00	0,40	1,20	0,030	0,08	9,10	2,20	0,07	0,33	1,30	0,040	0,12	12,40	3,00	0,02	0,48	1,30	0,130	0,20
2003.07.01	12,80	2,10	0,02	0,21	0,65	0,040	0,10	9,60	2,00	0,06	0,21	0,82	0,100	0,15	7,60	1,60	0,05	0,39	0,95	0,220	0,27
2003.08.01	15,90	1,40	0,00	0,12	0,55	0,020	0,10	9,70	1,90	0,00	0,10	0,47	0,070	0,12	12,10	3,90	0,04	0,28	0,82	0,260	0,30
2003.09.01	9,10	4,10	0,02	0,20	0,80	0,020	0,07	11,40	1,70	0,01	0,18	0,78	0,040	0,09	9,10	1,20	0,01	0,25	0,81	0,220	0,26
2003.10.01	12,60	2,40	0,05	0,23	1,10	0,010	0,07	12,10	1,90	0,07	0,29	1,20	0,030	0,08	12,40	2,60	0,03	0,74	1,60	0,250	0,26
2003.11.01	13,10	1,80	0,05	0,20	0,62	0,010	0,02	13,40	2,50	0,07	0,28	0,88	0,030	0,05	12,80	2,50	0,03	0,65	1,10	0,370	0,46
2003.12.01	12,90	3,00	0,13	0,49	1,10	0,020	0,05	12,80	1,40	0,12	1,20	1,80	0,050	0,08	12,80	1,80	0,05	8,00	8,70	0,310	0,37
2004.01.01	11,20	3,00	0,11	0,82	1,30	0,020	0,05	10,40	3,10	0,16	1,00	1,30	0,040	0,07	10,00	2,90	0,23	6,20	7,10	0,110	0,14
2004.02.01	12,30	3,20	0,12	1,40	2,20	0,030	0,07	12,10	2,60	0,16	2,90	3,70	0,030	0,07	12,00	3,40	0,33	6,80	8,00	0,130	0,16

Tyrimų data	Ties Lenkijos siena							Tarpiniame monitoringo poste (už taršos šaltinio)							Ties Kaliningrado siena						
	O ₂ , mgO ₂ /l	BDS ₇ , mgO ₂ /l	NH ₄ -N, mg/l	NO ₃ -N, mg/l	N _b , mg/l	PO ₄ -P, mg/l	P _b , mg/l	O ₂ , mgO ₂ /l	BDS ₇ , mgO ₂ /l	NH ₄ -N, mg/l	NO ₃ -N, mg/l	N _b , mg/l	PO ₄ -P, mg/l	P _b , mg/l	O ₂ , mgO ₂ /l	BDS ₇ , mgO ₂ /l	NH ₄ -N, mg/l	NO ₃ -N, mg/l	N _b , mg/l	PO ₄ -P, mg/l	P _b , mg/l
2004.03.01	12,10	2,90	0,12	1,60	2,10	0,030	0,08	10,90	3,40	0,20	1,80	2,60	0,040	0,11	11,90	5,00	0,54	7,30	8,30	0,160	0,25
2004.04.01	9,80	4,30	0,10	0,41	0,88	0,020	0,08	10,10	3,70	0,14	1,20	1,80	0,030	0,09	9,50	2,40	0,03	2,30	2,70	0,060	0,12
2004.05.01	10,20	3,50	0,06	0,24	0,62	0,020	0,10	10,70	5,50	0,12	0,70	1,20	0,040	0,10	11,80	2,60	0,04	1,50	2,00	0,080	0,11
2004.06.01	10,60	1,20	0,08	3,49	4,40	0,017	0,10	9,80	1,10	0,13	0,90	1,90	0,030	0,07	9,70	7,10	0,05	1,04	2,10	0,080	0,11
2004.07.01	6,30	3,80	0,04	0,21	0,52	0,050	0,09	4,50	2,30	0,09	0,25	0,72	0,130	0,16	6,40	2,20	0,03	0,04	0,74	0,200	0,28
2004.08.01	7,60	3,20	0,04	0,23	0,54	0,060	0,08	8,00	3,90	0,25	0,28	0,72	0,130	0,18	7,30	3,80	0,01	0,29	0,68	0,260	0,31
2004.09.01	5,50	0,03	0,02	0,17	0,32	0,030	0,05	4,90	1,50	0,03	0,19	0,46	0,060	0,07	5,90	1,40	0,01	0,44	0,67	0,250	0,28
2004.10.01	5,00	2,40	0,05	0,21	0,44	0,018	0,05	4,30	1,50	0,06	0,28	0,50	0,053	0,07	5,70	2,70	0,04	1,90	2,30	0,390	0,45
2004.11.01	6,10	2,30	0,07	0,27	0,70	0,022	0,06	5,50	1,90	0,07	0,70	1,10	0,041	0,09	5,40	2,40	0,06	5,40	5,90	0,180	0,22
2004.12.01	5,20	3,20	0,11	1,10	2,00	0,034	0,05	5,10	2,40	0,10	1,40	2,20	0,032	0,05	5,80	2,70	0,06	8,90	9,80	0,120	0,14
2005.01.01	9,80	3,60	0,10	1,80	2,80	0,040	0,06	-	-	-	-	-	-	-	6,50	2,80	0,08	8,70	11,0	0,000	0,14
2005.02.01	6,60	2,40	0,11	0,55	1,20	0,034	0,08	-	-	-	-	-	-	-	6,40	2,70	0,70	4,20	6,20	0,210	0,26
2005.03.01	12,70	2,80	0,08	1,50	2,20	0,014	0,06	-	-	-	-	-	-	-	12,70	4,10	0,19	5,60	8,10	0,150	0,21
2005.04.01	9,50	5,10	0,08	0,44	1,40	0,008	0,07	-	-	-	-	-	-	-	10,60	3,20	0,04	4,40	5,90	0,059	0,14
2005.05.01	8,20	4,50	0,06	0,27	1,50	0,014	0,11	8,80	3,60	0,04	2,00	4,10	0,032	0,07	8,00	4,10	0,03	2,30	3,60	0,075	0,13
2005.06.01	7,80	2,10	0,03	0,16	0,78	0,039	0,08	-	-	-	-	-	-	-	10,30	1,90	0,00	1,70	2,90	0,130	0,18
2005.07.01	6,90	3,00	0,03	0,15	0,45	0,017	0,07	-	-	-	-	-	-	-	6,60	5,60	0,05	0,22	1,20	0,147	0,17
2005.08.01	5,70	4,00	0,03	0,30	1,20	0,040	0,06	-	-	-	-	-	-	-	6,00	5,70	0,04	2,00	3,80	0,130	0,22
2005.09.01	7,60	1,30	0,01	0,29	0,96	0,036	0,05	-	-	-	-	-	-	-	7,40	2,00	0,01	0,64	1,60	0,120	0,15
2005.10.01	8,80	4,60	0,08	0,67	1,30	0,026	0,05	-	-	-	-	-	-	-	9,30	2,80	0,04	0,59	1,50	0,079	0,10
2005.11.01	10,90	2,60	0,09	0,36	0,75	0,022	0,06	-	-	-	-	-	-	-	10,10	3,00	0,07	1,40	2,20	0,080	0,24
2005.12.01	12,70	3,00	0,11	0,37	0,84	0,021	0,05	-	-	-	-	-	-	-	14,60	4,70	0,15	3,70	5,50	0,130	0,23
2006.01.01	9,30	2,90	0,15	0,46	0,84	0,016	0,06	-	-	-	-	-	-	-	8,30	4,40	0,17	4,00	5,20	0,130	0,27
2006.02.01	10,00	2,70	0,18	0,54	1,20	0,031	0,07	-	-	-	-	-	-	-	10,00	3,90	0,44	1,60	2,80	0,071	0,10
2006.03.01	6,80	2,80	0,14	0,44	0,99	0,025	0,10	-	-	-	-	-	-	-	5,41	3,00	0,50	1,40	2,60	0,065	0,10
2006.04.01	8,70	3,40	0,04	0,41	0,90	0,006	0,06	-	-	-	-	-	-	-	10,00	3,00	0,02	2,80	4,50	0,010	0,10
2006.05.01	8,90	2,80	0,04	0,13	0,64	0,017	0,06	-	-	-	-	-	-	-	8,40	3,70	0,02	0,45	1,40	0,080	0,14
2006.06.01	6,60	2,30	0,03	0,17	0,46	0,037	0,08	-	-	-	-	-	-	-	7,14	2,60	0,02	0,06	0,87	0,070	0,11

Tyrimų data	Ties Lenkijos siena							Tarpiniame monitoringo poste (už taršos šaltinio)							Ties Kaliningrado siena						
	O ₂ , mgO ₂ /l	BDS ₇ , mgO ₂ /l	NH ₄ -N, mg/l	NO ₃ -N, mg/l	N _b , mg/l	PO ₄ -P, mg/l	P _b , mg/l	O ₂ , mgO ₂ /l	BDS ₇ , mgO ₂ /l	NH ₄ -N, mg/l	NO ₃ -N, mg/l	N _b , mg/l	PO ₄ -P, mg/l	P _b , mg/l	O ₂ , mgO ₂ /l	BDS ₇ , mgO ₂ /l	NH ₄ -N, mg/l	NO ₃ -N, mg/l	N _b , mg/l	PO ₄ -P, mg/l	P _b , mg/l
2006.07.01	4,60	2,00	0,01	0,12	0,52	0,055	0,11	-	-	-	-	-	-	-	4,30	2,20	0,02	0,05	0,47	0,140	0,24
2006.08.01	5,30	1,50	0,02	0,16	0,51	0,028	0,05	-	-	-	-	-	-	-	6,30	1,50	0,02	1,90	2,40	0,210	0,25
2006.09.01	9,30	1,70	0,02	0,37	0,84	0,003	0,04	-	-	-	-	-	-	-	7,60	1,60	0,02	1,70	2,80	0,088	0,13
2006.10.01	11,04	1,80	0,02	0,19	0,56	0,017	0,04	-	-	-	-	-	-	-	8,74	1,70	0,02	2,80	3,60	0,180	0,21
2006.11.01	8,89	3,00	0,09	0,42	0,94	0,020	0,05	-	-	-	-	-	-	-	9,40	2,90	0,04	8,00	10,0 0	0,130	0,17
2006.12.01	8,93	2,90	0,10	0,55	1,10	0,023	0,05	-	-	-	-	-	-	-	10,33	2,60	0,05	12,00	14,0 0	0,119	0,16
2007.01.01	8,36	4,10	0,07	1,50	2,30	0,019	0,06	-	-	-	-	-	-	-	8,37	2,00	0,06	9,20	11,0 0	0,138	0,15
2007.02.01	11,02	2,50	0,09	0,71	1,40	0,017	0,08	-	-	-	-	-	-	-	10,83	5,20	0,15	4,90	7,30	0,060	0,10
2007.03.01	8,69	2,40	0,06	0,85	1,40	0,008	0,05	-	-	-	-	-	-	-	8,62	2,00	0,06	6,40	7,60	0,072	0,12
2007.04.01	7,90	2,70	0,06	0,34	0,86	0,010	0,06	-	-	-	-	-	-	-	8,33	5,30	0,02	2,60	3,70	0,088	0,20
2007.05.01	8,10	2,60	0,03	0,18	0,81	0,014	0,06	-	-	-	-	-	-	-	5,70	3,40	0,04	4,00	5,30	0,110	0,19
2007.06.01	6,30	2,40	0,04	0,27	1,30	0,033	0,08	-	-	-	-	-	-	-	6,80	2,50	0,05	0,59	1,50	0,230	0,27
2007.07.01	7,12	1,70	0,05	0,22	0,83	0,027	0,07	-	-	-	-	-	-	-	5,38	1,80	0,08	1,50	2,80	0,160	0,22
2007.08.01	6,50	2,30	0,06	0,30	0,93	0,033	0,06	-	-	-	-	-	-	-	6,90	3,00	0,04	2,00	3,50	0,200	0,29
2007.09.01	8,74	0,00	0,02	0,20	0,61	0,017	0,04	-	-	-	-	-	-	-	7,52	1,50	0,02	4,50	5,60	0,095	0,13
2007.10.01	9,19	2,10	0,03	0,27	0,72	0,013	0,04	-	-	-	-	-	-	-	9,09	3,20	0,04	5,40	6,70	0,100	0,15
2007.11.01	9,95	2,60	0,10	0,30	0,88	0,016	0,05	-	-	-	-	-	-	-	9,97	2,80	0,05	6,60	8,00	0,100	0,15
2007.12.01	10,00	2,30	0,09	0,41	0,91	0,017	0,06	-	-	-	-	-	-	-	11,68	3,00	0,10	4,00	7,10	0,096	0,15
2008.01.01	8,00	2,20	0,14	0,42	1,10	0,023	0,08	8,00	0,07	0,12	0,57	1,40	0,024	0,07	8,61	3,50	0,38	3,20	4,60	0,130	0,25
2008.02.01	8,15	3,10	0,07	0,65	1,30	0,011	0,07	7,61	3,50	0,04	1,20	2,10	0,011	0,06	7,28	3,20	0,12	5,20	6,10	0,074	0,12
2008.03.01	8,60	3,10	0,04	0,51	1,10	0,006	0,07	8,69	3,10	0,06	1,20	1,90	0,006	0,05	9,09	2,80	0,05	4,90	6,10	0,038	0,09
2008.04.01	8,66	3,70	0,04	0,23	0,73	0,006	0,07	7,95	3,90	0,05	0,68	1,40	0,010	0,06	8,36	3,30	0,03	2,80	3,90	0,073	0,14
2008.05.01	9,80	3,10	0,05	0,19	0,72	0,015	0,07	8,05	2,40	0,04	0,31	0,97	0,021	0,07	10,41	8,10	0,03	0,38	1,80	0,027	0,17
2008.06.01	9,20	4,00	0,07	0,12	0,96	0,030	0,06	7,10	2,90	0,06	0,16	0,92	0,037	0,07	7,10	4,20	0,04	0,10	1,00	0,130	0,17
2008.07.01	9,30	0,91	0,02	0,13	0,59	0,020	0,09	7,43	3,60	0,03	0,17	0,65	0,031	0,08	6,55	2,20	0,03	0,07	0,84	0,180	0,22
2008.08.01	9,00	1,40	0,03	0,15	0,49	0,024	0,05	7,50	1,38	0,02	0,09	0,48	0,034	0,06	6,13	1,50	0,03	0,15	0,77	0,210	0,24
2008.09.01	7,00	3,40	0,04	0,22	1,02	0,019	0,08	6,12	3,30	0,11	0,20	1,10	0,020	0,06	6,75	2,20	0,02	0,06	0,83	0,100	0,13

Tyrimų data	Ties Lenkijos siena							Tarpiniame monitoringo poste (už taršos šaltinio)							Ties Kaliningrado siena						
	O ₂ , mgO ₂ /l	BDS ₇ , mgO ₂ /l	NH ₄ -N, mg/l	NO ₃ -N, mg/l	N _b , mg/l	PO ₄ -P, mg/l	P _b , mg/l	O ₂ , mgO ₂ /l	BDS ₇ , mgO ₂ /l	NH ₄ -N, mg/l	NO ₃ -N, mg/l	N _b , mg/l	PO ₄ -P, mg/l	P _b , mg/l	O ₂ , mgO ₂ /l	BDS ₇ , mgO ₂ /l	NH ₄ -N, mg/l	NO ₃ -N, mg/l	N _b , mg/l	PO ₄ -P, mg/l	P _b , mg/l
2008.10.01	7,98	0,40	0,04	0,17	0,52	0,014	0,04	8,08	4,10	0,11	0,24	1,20	0,022	0,05	8,26	1,50	0,02	0,55	1,50	0,210	0,27
2008.11.01	10,07	3,60	0,09	0,28	0,80	0,015	0,07	9,47	3,00	0,11	0,38	0,85	0,024	0,07	9,97	3,50	0,14	3,10	4,20	0,250	0,30
2008.12.01	12,69	4,50	0,10	0,44	1,00	0,022	0,05	9,02	5,80	0,13	0,74	1,40	0,022	0,05	8,98	9,00	0,27	5,80	6,90	0,160	0,23
2009.01.01	9,32	3,20	0,17	0,60	1,30	0,026	0,08	9,44	5,20	0,20	1,00	2,10	0,026	0,12	9,59	3,80	0,60	3,50	5,50	0,120	0,27
2009.02.01	12,19	4,00	0,12	0,36	1,00	0,023	0,13	12,90	6,30	0,14	0,46	1,30	0,024	0,08	12,46	3,80	0,43	3,20	6,10	0,102	0,13
2009.03.01	8,31	3,40	0,08	0,67	1,20	0,014	0,08	7,91	3,90	0,09	1,60	2,20	0,014	0,07	8,76	3,20	0,06	5,10	6,80	0,030	0,07
2009.04.01	8,37	3,70	0,04	0,30	0,72	0,012	0,05	10,76	5,80	0,09	0,61	1,40	0,014	0,06	9,63	8,90	0,02	1,90	3,00	0,038	0,06
2009.05.01	7,33	3,70	0,07	0,11	1,10	0,020	0,06	8,05	4,60	0,04	0,25	0,77	0,018	0,06	6,13	4,20	0,04	0,35	1,30	0,064	0,12
2009.06.01	7,17	6,00	0,09	0,14	0,82	0,031	0,07	6,80	4,60	0,08	0,18	0,84	0,043	0,10	7,16	8,10	0,14	4,20	5,90	0,270	0,33
2009.07.01	7,81	3,60	0,02	0,15	0,65	0,033	0,7	5,89	2,50	0,02	0,18	0,93	0,041	0,07	5,45	2,50	0,03	0,40	1,10	0,200	0,22
2009.08.01	9,06	5,50	0,06	0,15	0,98	0,035	0,06	6,81	5,20	0,06	0,13	0,97	0,029	0,07	6,37	1,40	0,03	0,08	0,86	0,120	0,15
2009.09.01	8,02	1,70	0,02	0,13	0,38	0,019	0,03	7,00	3,30	0,04	0,14	0,68	0,018	0,05	6,62	4,90	0,07	0,13	1,00	0,091	0,15
2009.10.01	9,93	2,20	0,06	0,20	0,93	0,015	0,04	9,68	4,30	0,14	0,79	1,80	0,021	0,05	6,71	3,70	0,02	4,80	6,20	0,130	0,18
2009.11.01	10,05	4,30	0,09	0,33	0,99	0,020	0,05	9,98	3,30	0,06	0,65	1,30	0,018	0,05	9,32	2,70	0,04	4,90	8,20	0,081	0,13
2009.12.01	10,45	3,30	0,10	0,44	0,80	0,014	0,05	10,35	3,30	0,11	0,70	1,30	0,015	0,07	10,84	2,90	0,09	5,10	8,00	0,088	0,13
2010.01.01	10,20	3,40	0,14	0,40	0,86	0,017	0,05	-	-	-	-	-	-	-	9,61	3,20	0,28	3,10	4,60	0,089	0,13
2010.02.01	7,90	5,30	0,15	0,46	1,00	0,017	0,07	11,47	4,20	0,36	1,20	2,40	0,071	0,12	5,49	4,90	0,34	1,30	2,80	0,052	0,10
2010.03.01	8,97	4,10	0,20	0,86	1,80	0,020	0,12	-	-	-	-	-	-	-	8,98	5,30	0,21	2,30	3,70	0,069	0,22
2010.04.01	7,47	3,60	0,08	0,26	0,71	0,024	0,08	8,76	2,80	0,09	2,00	3,10	0,020	0,08	8,74	3,80	0,03	2,60	3,20	0,026	0,10
2010.05.01	7,36	4,80	0,01	0,16	1,20	0,005	0,07	-	-	-	-	-	-	-	8,20	4,60	0,02	1,60	3,80	0,011	0,14
2010.06.01	7,24	4,10	0,07	0,21	0,80	0,034	0,06	-	-	-	-	-	-	-	7,01	1,70	0,03	1,40	2,40	0,110	0,15
2010.07.01	5,64	5,10	0,04	0,16	0,59	0,024	0,05	5,47	2,20	0,11	0,43	1,70	0,200	0,26	5,11	2,60	0,05	0,49	1,40	0,140	0,19
2010.08.01	6,21	4,00	0,04	0,32	1,10	0,023	0,07	-	-	-	-	-	-	-	6,12	2,60	0,02	4,00	4,90	0,110	0,18
2010.09.01	6,78	1,30	0,01	0,24	0,54	0,016	0,04	-	-	-	-	-	-	-	6,66	2,10	0,02	2,40	3,20	0,068	0,12
2010.10.01	9,87	1,80	0,02	0,15	0,64	0,027	0,04	9,22	2,00	0,04	0,84	1,70	0,046	0,07	8,42	4,60	0,01	1,40	3,20	0,100	0,10
2010.11.01	8,82	1,40	0,10	0,39	0,85	0,018	0,05	-	-	-	-	-	-	-	8,61	1,00	0,05	7,10	8,70	0,064	0,10
2010.12.01	9,69	3,20	0,12	0,36	0,78	0,015	0,06	-	-	-	-	-	-	-	9,17	8,05	0,16	4,10	7,00	0,072	0,12
2011.01.01	12,02	6,10	0,16	0,62	1,40	0,011	0,03	-	-	-	-	-	-	-	11,81	10,40	0,17	6,60	7,90	0,073	0,10

Tyrimų data	Ties Lenkijos siena							Tarpiniame monitoringo poste (už taršos šaltinio)							Ties Kaliningrado siena						
	O ₂ , mgO ₂ /l	BDS ₇ , mgO ₂ /l	NH ₄ -N, mg/l	NO ₃ -N, mg/l	N _b , mg/l	PO ₄ -P, mg/l	P _b , mg/l	O ₂ , mgO ₂ /l	BDS ₇ , mgO ₂ /l	NH ₄ -N, mg/l	NO ₃ -N, mg/l	N _b , mg/l	PO ₄ -P, mg/l	P _b , mg/l	O ₂ , mgO ₂ /l	BDS ₇ , mgO ₂ /l	NH ₄ -N, mg/l	NO ₃ -N, mg/l	N _b , mg/l	PO ₄ -P, mg/l	P _b , mg/l
2011.02.01	10,40	2,50	0,10	0,89	1,30	0,023	0,03	11,00	8,30	0,17	3,10	5,70	0,028	0,09	10,80	2,20	0,20	3,80	6,40	0,059	0,10
2011.03.01	8,40	2,50	0,06	0,77	1,10	0,016	0,04	-	-	-	-	-	-	-	9,15	2,60	0,15	2,30	3,60	0,050	0,11
2011.04.01	8,90	2,50	0,02	0,23	0,51	0,008	0,06	11,51	2,90	0,02	1,20	2,00	0,015	0,06	8,70	2,20	0,01	2,20	2,50	0,012	0,08
2011.05.01	12,40	3,30	0,01	0,50	0,68	0,062	0,13	-	-	-	-	-	-	-	12,92	3,80	0,03	0,55	1,60	0,046	0,09
2011.06.01	7,90	7,10	0,10	0,29	1,30	0,034	0,10	-	-	-	-	-	-	-	8,02	6,60	0,03	0,11	0,67	0,093	0,12
2011.07.01	6,12	2,30	0,05	0,18	0,65	0,025	0,06	5,86	4,30		0,71	1,80	0,300	0,33	6,15	3,10	0,05	1,30	2,30	0,150	0,21
2011.08.01	6,87	2,50	0,03	0,23	0,64	0,033	0,06	-	-	-	-	-	-	-	6,20	2,50	0,02	1,70	2,70	0,103	0,14
2011.09.01	6,35	1,90	0,02	0,40	0,62	0,036	0,05	-	-	-	-	-	-	-	6,57	2,80	0,02	2,50	3,50	0,043	0,06
2011.10.01	7,92	1,90	0,06	0,22	0,65	0,012	0,04	9,32	1,70		0,70	1,50	0,062	0,08	9,64	2,60	0,03	3,20	3,80	0,086	0,14
2011.11.01	9,37	2,50	0,06	0,39	0,79	0,032	0,07	-	-	-	-	-	-	-	9,37	2,80	0,06	3,10	5,10	0,160	0,01
2011.12.01	11,57	2,10	0,13	0,39	0,81	0,033	0,04	-	-	-	-	-	-	-	14,92	1,80	0,05	6,40	6,90	0,095	0,14
2012.01.01	12,37	2,70	0,09	0,44	0,83	0,014	0,04	-	-	-	-	-	-	-	13,51	2,80	0,11	6,20	7,40	0,063	0,10
2012.02.01	10,03	3,50	0,14	0,49	1,00	0,016	0,07	12,72	2,90	0,33	0,87	1,90	0,029	0,07	8,55	2,90	0,31	1,30	3,20	0,018	0,08
2012.03.01	12,50	3,30	0,09	0,61	0,95	0,011	0,06	-	-	-	-	-	-	-	13,61	2,70	0,06	5,60	7,20	0,034	0,06
2012.04.01	11,32	3,10	0,06	0,33	0,68	0,019	0,06	14,77	2,30	0,07	1,20	2,30	0,032	0,07	14,81	3,70	0,03	2,10	3,90	0,052	0,08
2012.05.01	9,13	1,50	0,04	0,13	1,20	0,054	0,06	-	-	-	-	-	-	-	7,32	3,40	0,02	0,46	3,70	0,130	0,14
2012.06.01	7,55	5,10	0,02	0,17	0,61	0,045	0,06	-	-	-	-	-	-	-	8,62	4,00	0,02	0,77	1,60	0,170	0,19
2012.07.01	8,33	3,30	0,06	0,12	0,72	0,027	0,04	7,00	3,20	0,02	0,44	1,10	0,068	0,09	8,07	3,50	0,05	0,69	1,50	0,120	0,17
2012.08.01	6,90	1,30	0,01	0,21	0,47	0,027	0,04	-	-	-	-	-	-	-	7,07	1,90	0,03	0,33	1,00	0,140	0,17
2012.09.01	9,39	3,10	0,05	0,19	0,66	0,021	0,04	-	-	-	-	-	-	-	9,55	4,00	0,04	0,22	0,99	0,087	0,11
2012.10.01	7,45	3,20	0,06	0,18	0,78	0,029	0,05	9,21	3,20	0,04	0,92	1,40	0,061	0,11	7,89	3,10	0,04	3,70	6,90	0,140	0,16
2012.11.01	7,62	1,20	0,08	0,37	0,86	0,017	0,05	-	-	-	-	-	-	-	8,78	1,20	0,03	5,90	9,50	0,082	0,14
2012.12.01	8,51	3,00	0,16	0,39	0,86	0,011	0,14	-	-	-	-	-	-	-	10,87	4,20	0,19	3,90	6,70	0,061	0,16

* - neturima duomenų

2 Priedas

2.1 lentelė. Statistinių charakteristikų ties Lenkijos siena skaičiavimo rezultatai

Koncentracija	Vidurkis, $\bar{x}$	Dispersija, s^2	Standartinis nuokrypis, s	Variacijos koeficientas, C_v	Vidurkio paklaida, s_x	Pasikliautinis intervalas, 5%
O ₂	9,22	4,52	2,13	0,23	0,17	9,22 ± 0,33
BDS ₇	2,95	1,33	1,16	0,39	0,092	2,95 ± 0,18
NH ₄ -N	0,07	0,0022	0,05	0,68	0,0038	0,07 ± 0,01
NO ₃ -N	0,45	0,20	0,45	1,01	0,04	0,45 ± 0,07
N _b	1,02	0,33	0,58	0,56	0,046	1,02 ± 0,09
PO ₄ -P	0,02	0,00013	0,01	0,50	0,00092	0,02 ± 0,0018
P _b	0,07	0,0030	0,01	0,16	0,00092	0,07 ± 0,0018

2.2 lentelė. Statistinių charakteristikų tarpiniame monitoringo poste skaičiavimo rezultatai

Koncentracija	Vidurkis, $\bar{x}$	Dispersija, s^2	Standartinis nuokrypis, s	Variacijos koeficientas, C_v	Vidurkio paklaida, s_x	Pasikliautinis intervalas, 5%
O ₂	9,30	5,18	2,28	0,24	0,23	9,30 ± 0,46
BDS ₇	3,14	1,58	1,26	0,40	0,13	3,14 ± 0,25
NH ₄ -N	0,10	0,0086	0,09	0,98	0,0094	0,10 ± 0,02
NO ₃ -N	0,78	0,52	0,72	0,93	0,07	0,78 ± 0,15
N _b	1,55	0,93	0,96	0,62	0,098	1,55 ± 0,19
PO ₄ -P	0,04	0,0016	0,04	0,93	0,0040	0,04 ± 0,01
P _b	0,09	0,0017	0,04	0,46	0,0042	0,09 ± 0,01

2.3 lentelė. Statistinių charakteristikų ties Kaliningrado siena skaičiavimo rezultatai

Koncentracija	Vidurkis, $\bar{x}$	Dispersija, s^2	Standartinis nuokrypis, s	Variacijos koeficientas, C_v	Vidurkio paklaida, s_x	Pasikliautinis intervalas, 5%
O ₂	9,04	5,33	2,31	0,26	0,19	9,04 ± 0,36
BDS ₇	3,38	2,95	1,72	0,51	0,14	3,38 ± 0,27
NH ₄ -N	0,11	0,030	0,17	1,57	0,014	0,11 ± 0,03
NO ₃ -N	2,87	6,50	2,55	0,89	0,20	2,87 ± 0,40
N _b	4,11	8,27	2,88	0,70	0,23	4,11 ± 0,45
PO ₄ -P	0,13	0,0099	0,10	0,74	0,008	0,13 ± 0,016
P _b	0,19	0,010	0,10	0,53	0,0081	0,19 ± 0,016

3 Priedas

3.1 lentelė. Biocheminio deguonies sunaudojimo (BDS₇) statistiniai skaičiavimai

Data	Ties Lenkijos siena	$x - \bar{x}$	$(x - \bar{x})^2$	Tarpiniame monitoringo poste	$x - \bar{x}$	$(x - \bar{x})^2$	Ties Kaliningrado siena	$x - \bar{x}$	$(x - \bar{x})^2$
2000.01.01	3,9	0,95	0,90	4,1	0,96	0,92	-	-	-
2000.02.01	4,4	1,45	2,10	4,5	1,36	1,85	4,3	0,92	0,85
2000.03.01	1,8	-1,15	1,32	2,4	-0,74	0,55	6,2	2,82	7,95
2000.04.01	4,7	1,75	3,06	4,2	1,06	1,12	3,9	0,52	0,27
2000.05.01	2,2	-0,75	0,56	2,6	-0,54	0,29	2,6	-0,78	0,61
2000.06.01	2,8	-0,15	0,02	3	-0,14	0,02	2,6	-0,78	0,61
2000.07.01	1,9	-1,05	1,10	2,6	-0,54	0,29	2,7	-0,68	0,46
2000.08.01	2,9	-0,05	0,00	2,6	-0,54	0,29	2,6	-0,78	0,61
2000.09.01	1,9	-1,05	1,10	2,3	-0,84	0,71	1,8	-1,58	2,50
2000.10.01	2,6	-0,35	0,12	2,4	-0,74	0,55	2,9	-0,48	0,23
2000.11.01	1,7	-1,25	1,56	2,5	-0,64	0,41	1,1	-2,28	5,20
2000.12.01	2,3	-0,65	0,42	2,9	-0,24	0,06	2,1	-1,28	1,64
2001.01.01	2,6	-0,35	0,12	2,4	-0,74	0,55	7,6	4,22	17,81
2001.02.01	3,3	0,35	0,12	3,2	0,06	0,00	2,4	-0,98	0,96
2001.03.01	3,3	0,35	0,12	4	0,86	0,74	5,4	2,02	4,08
2001.04.01	3	0,05	0,00	4,5	1,36	1,85	4,2	0,82	0,67
2001.05.01	2,4	-0,55	0,30	3	-0,14	0,02	2,3	-1,08	1,17
2001.06.01	2	-0,95	0,90	2,2	-0,94	0,88	2,7	-0,68	0,46
2001.07.01	3,8	0,85	0,72	2,1	-1,04	1,08	3,4	0,02	0,00
2001.08.01	1,4	-1,55	2,40	1,6	-1,54	2,37	1,2	-2,18	4,75
2001.09.01	2,8	-0,15	0,02	1,7	-1,44	2,07	2	-1,38	1,90
2001.10.01	3,5	0,55	0,30	2,7	-0,44	0,19	2,9	-0,48	0,23
2001.11.01	2,6	-0,35	0,12	2,1	-1,04	1,08	3,7	0,32	0,10
2001.12.01	3,3	0,35	0,12	3,4	0,26	0,07	8,3	4,92	24,21
2002.01.01	3,1	0,15	0,02	3,3	0,16	0,03	4,6	1,22	1,49
2002.02.01	3,4	0,45	0,20	2,7	-0,44	0,19	1,8	-1,58	2,50
2002.03.01	2	-0,95	0,90	3,1	-0,04	0,00	2	-1,38	1,90
2002.04.01	5,1	2,15	4,62	5,1	1,96	3,84	3,5	0,12	0,01
2002.05.01	4,5	1,55	2,40	3,5	0,36	0,13	2,9	-0,48	0,23
2002.06.01	2	-0,95	0,90	2,3	-0,84	0,71	3,2	-0,18	0,03
2002.07.01	2,5	-0,45	0,20	2,9	-0,24	0,06	3,9	0,52	0,27
2002.08.01	1,1	-1,85	3,42	3,3	0,16	0,03	1,5	-1,88	3,53
2002.09.01	1,6	-1,35	1,82	1,7	-1,44	2,07	1,7	-1,68	2,82
2002.10.01	4,4	1,45	2,10	3,1	-0,04	0,00	4,3	0,92	0,85
2002.11.01	3,7	0,75	0,56	3,5	0,36	0,13	1,9	-1,48	2,19
2002.12.01	3,8	0,85	0,72	5,4	2,26	5,11	3,5	0,12	0,01
2003.01.01	4	1,05	1,10	4,5	1,36	1,85	2,9	-0,48	0,23
2003.02.01	2,7	-0,25	0,06	2,8	-0,34	0,12	3,9	0,52	0,27
2003.03.01	3	0,05	0,00	3,3	0,16	0,03	5,3	1,92	3,69

Data	Ties Lenkijos siena	$x - \bar{x}$	$(x - \bar{x})^2$	Tarpiniame monitoringo poste	$x - \bar{x}$	$(x - \bar{x})^2$	Ties Kaliningrado siena	$x - \bar{x}$	$(x - \bar{x})^2$
2003.04.01	4	1,05	1,10	2,5	-0,64	0,41	8	4,62	21,34
2003.05.01	3,6	0,65	0,42	3,6	0,46	0,21	2,5	-0,88	0,77
2003.06.01	2,1	-0,85	0,72	2,2	-0,94	0,88	3	-0,38	0,14
2003.07.01	2,1	-0,85	0,72	2	-1,14	1,30	1,6	-1,78	3,17
2003.08.01	1,4	-1,55	2,40	1,9	-1,24	1,54	3,9	0,52	0,27
2003.09.01	4,1	1,15	1,32	1,7	-1,44	2,07	1,2	-2,18	4,75
2003.10.01	2,4	-0,55	0,30	1,9	-1,24	1,54	2,6	-0,78	0,61
2003.11.01	1,8	-1,15	1,32	2,5	-0,64	0,41	2,5	-0,88	0,77
2003.12.01	3	0,05	0,00	1,4	-1,74	3,03	1,8	-1,58	2,50
2004.01.01	3	0,05	0,00	3,1	-0,04	0,00	2,9	-0,48	0,23
2004.02.01	3,2	0,25	0,06	2,6	-0,54	0,29	3,4	0,02	0,00
2004.03.01	2,9	-0,05	0,00	3,4	0,26	0,07	5	1,62	2,62
2004.04.01	4,3	1,35	1,82	3,7	0,56	0,31	2,4	-0,98	0,96
2004.05.01	3,5	0,55	0,30	5,5	2,36	5,57	2,6	-0,78	0,61
2004.06.01	1,2	-1,75	3,06	1,1	-2,04	4,16	7,1	3,72	13,84
2004.07.01	3,8	0,85	0,72	2,3	-0,84	0,71	2,2	-1,18	1,39
2004.08.01	3,2	0,25	0,06	3,9	0,76	0,58	3,8	0,42	0,18
2004.09.01	0,03	-2,92	8,53	1,5	-1,64	2,69	1,4	-1,98	3,92
2004.10.01	2,4	-0,55	0,30	1,5	-1,64	2,69	2,7	-0,68	0,46
2004.11.01	2,3	-0,65	0,42	1,9	-1,24	1,54	2,4	-0,98	0,96
2004.12.01	3,2	0,25	0,06	2,4	-0,74	0,55	2,7	-0,68	0,46
2005.01.01	3,6	0,65	0,42	-	-	-	2,8	-0,58	0,34
2005.02.01	2,4	-0,55	0,30	-	-	-	2,7	-0,68	0,46
2005.03.01	2,8	-0,15	0,02	-	-	-	4,1	0,72	0,52
2005.04.01	5,1	2,15	4,62	-	-	-	3,2	-0,18	0,03
2005.05.01	4,5	1,55	2,40	3,6	0,46	0,21	4,1	0,72	0,52
2005.06.01	2,1	-0,85	0,72	-	-	-	1,9	-1,48	2,19
2005.07.01	3	0,05	0,00	-	-	-	5,6	2,22	4,93
2005.08.01	4	1,05	1,10	-	-	-	5,7	2,32	5,38
2005.09.01	1,3	-1,65	2,72	-	-	-	2	-1,38	1,90
2005.10.01	4,6	1,65	2,72	-	-	-	2,8	-0,58	0,34
2005.11.01	2,6	-0,35	0,12	-	-	-	3	-0,38	0,14
2005.12.01	3	0,05	0,00	-	-	-	4,7	1,32	1,74
2006.01.01	2,9	-0,05	0,00	-	-	-	4,4	1,02	1,04
2006.02.01	2,7	-0,25	0,06	-	-	-	3,9	0,52	0,27
2006.03.01	2,8	-0,15	0,02	-	-	-	3	-0,38	0,14
2006.04.01	3,4	0,45	0,20	-	-	-	3	-0,38	0,14
2006.05.01	2,8	-0,15	0,02	-	-	-	3,7	0,32	0,10
2006.06.01	2,3	-0,65	0,42	-	-	-	2,6	-0,78	0,61
2006.07.01	2	-0,95	0,90	-	-	-	2,2	-1,18	1,39
2006.08.01	1,5	-1,45	2,10	-	-	-	1,5	-1,88	3,53
2006.09.01	1,7	-1,25	1,56	-	-	-	1,6	-1,78	3,17
2006.10.01	1,8	-1,15	1,32	-	-	-	1,7	-1,68	2,82
2006.11.01	3	0,05	0,00	-	-	-	2,9	-0,48	0,23

Data	Ties Lenkijos siena	$x - \bar{x}$	$(x - \bar{x})^2$	Tarpiniame monitoringo poste	$x - \bar{x}$	$(x - \bar{x})^2$	Ties Kaliningrado siena	$x - \bar{x}$	$(x - \bar{x})^2$
2006.12.01	2,9	-0,05	0,00	-	-	-	2,6	-0,78	0,61
2007.01.01	4,1	1,15	1,32	-	-	-	2	-1,38	1,90
2007.02.01	2,5	-0,45	0,20	-	-	-	5,2	1,82	3,31
2007.03.01	2,4	-0,55	0,30	-	-	-	2	-1,38	1,90
2007.04.01	2,7	-0,25	0,06	-	-	-	5,3	1,92	3,69
2007.05.01	2,6	-0,35	0,12	-	-	-	3,4	0,02	0,00
2007.06.01	2,4	-0,55	0,30	-	-	-	2,5	-0,88	0,77
2007.07.01	1,7	-1,25	1,56	-	-	-	1,8	-1,58	2,50
2007.08.01	2,3	-0,65	0,42	-	-	-	3	-0,38	0,14
2007.09.01	0	-2,95	8,70	-	-	-	1,5	-1,88	3,53
2007.10.01	2,1	-0,85	0,72	-	-	-	3,2	-0,18	0,03
2007.11.01	2,6	-0,35	0,12	-	-	-	2,8	-0,58	0,34
2007.12.01	2,3	-0,65	0,42	-	-	-	3	-0,38	0,14
2008.01.01	2,2	-0,75	0,56	0,07	-3,07	9,42	3,5	0,12	0,01
2008.02.01	3,1	0,15	0,02	3,5	0,36	0,13	3,2	-0,18	0,03
2008.03.01	3,1	0,15	0,02	3,1	-0,04	0,00	2,8	-0,58	0,34
2008.04.01	3,7	0,75	0,56	3,9	0,76	0,58	3,3	-0,08	0,01
2008.05.01	3,1	0,15	0,02	2,4	-0,74	0,55	8,1	4,72	22,28
2008.06.01	4	1,05	1,10	2,9	-0,24	0,06	4,2	0,82	0,67
2008.07.01	0,91	-2,04	4,16	3,6	0,46	0,21	2,2	-1,18	1,39
2008.08.01	1,4	-1,55	2,40	1,38	-1,76	3,10	1,5	-1,88	3,53
2008.09.01	3,4	0,45	0,20	3,3	0,16	0,03	2,2	-1,18	1,39
2008.10.01	0,4	-2,55	6,50	4,1	0,96	0,92	1,5	-1,88	3,53
2008.11.01	3,6	0,65	0,42	3	-0,14	0,02	3,5	0,12	0,01
2008.12.01	4,5	1,55	2,40	5,8	2,66	7,08	9	5,62	31,58
2009.01.01	3,2	0,25	0,06	5,2	2,06	4,24	3,8	0,42	0,18
2009.02.01	4	1,05	1,10	6,3	3,16	9,99	3,8	0,42	0,18
2009.03.01	3,4	0,45	0,20	3,9	0,76	0,58	3,2	-0,18	0,03
2009.04.01	3,7	0,75	0,56	5,8	2,66	7,08	8,9	5,52	30,47
2009.05.01	3,7	0,75	0,56	4,6	1,46	2,13	4,2	0,82	0,67
2009.06.01	6	3,05	9,30	4,6	1,46	2,13	8,1	4,72	22,28
2009.07.01	3,6	0,65	0,42	2,5	-0,64	0,41	2,5	-0,88	0,77
2009.08.01	5,5	2,55	6,50	5,2	2,06	4,24	1,4	-1,98	3,92
2009.09.01	1,7	-1,25	1,56	3,3	0,16	0,03	4,9	1,52	2,31
2009.10.01	2,2	-0,75	0,56	4,3	1,16	1,35	3,7	0,32	0,10
2009.11.01	4,3	1,35	1,82	3,3	0,16	0,03	2,7	-0,68	0,46
2009.12.01	3,3	0,35	0,12	3,3	0,16	0,03	2,9	-0,48	0,23
2010.01.01	3,4	0,45	0,20	-	-	-	3,2	-0,18	0,03
2010.02.01	5,3	2,35	5,52	4,2	1,06	1,12	4,9	1,52	2,31
2010.03.01	4,1	1,15	1,32	-	-	-	5,3	1,92	3,69
2010.04.01	3,6	0,65	0,42	2,8	-0,34	0,12	3,8	0,42	0,18
2010.05.01	4,8	1,85	3,42	-	-	-	4,6	1,22	1,49
2010.06.01	4,1	1,15	1,32	-	-	-	1,7	-1,68	2,82
2010.07.01	5,1	2,15	4,62	2,2	-0,94	0,88	2,6	-0,78	0,61

Data	Ties Lenkijos siena	$x - \bar{x}$	$(x - \bar{x})^2$	Tarpiniame monitoringo poste	$x - \bar{x}$	$(x - \bar{x})^2$	Ties Kaliningrado siena	$x - \bar{x}$	$(x - \bar{x})^2$
2010.08.01	4	1,05	1,10	-	-	-	2,6	-0,78	0,61
2010.09.01	1,3	-1,65	2,72	-	-	-	2,1	-1,28	1,64
2010.10.01	1,8	-1,15	1,32	2	-1,14	1,30	4,6	1,22	1,49
2010.11.01	1,4	-1,55	2,40	-	-	-	1	-2,38	5,66
2010.12.01	3,2	0,25	0,06	-	-	-	8,05	4,67	21,81
2011.01.01	6,1	3,15	9,92	-	-	-	10,4	7,02	49,28
2011.02.01	2,5	-0,45	0,20	8,3	5,16	26,63	2,2	-1,18	1,39
2011.03.01	2,5	-0,45	0,20	-	-	-	2,6	-0,78	0,61
2011.04.01	2,5	-0,45	0,20	2,9	-0,24	0,06	2,2	-1,18	1,39
2011.05.01	3,3	0,35	0,12	-	-	-	3,8	0,42	0,18
2011.06.01	7,1	4,15	17,22	-	-	-	6,6	3,22	10,37
2011.07.01	2,3	-0,65	0,42	4,3	1,16	1,35	3,1	-0,28	0,08
2011.08.01	2,5	-0,45	0,20	-	-	-	2,5	-0,88	0,77
2011.09.01	1,9	-1,05	1,10	-	-	-	2,8	-0,58	0,34
2011.10.01	1,9	-1,05	1,10	1,7	-1,44	2,07	2,6	-0,78	0,61
2011.11.01	2,5	-0,45	0,20	-	-	-	2,8	-0,58	0,34
2011.12.01	2,1	-0,85	0,72	-	-	-	1,8	-1,58	2,50
2012.01.01	2,7	-0,25	0,06	-	-	-	2,8	-0,58	0,34
2012.02.01	3,5	0,55	0,30	2,9	-0,24	0,06	2,9	-0,48	0,23
2012.03.01	3,3	0,35	0,12				2,7	-0,68	0,46
2012.04.01	3,1	0,15	0,02	2,3	-0,84	0,71	3,7	0,32	0,10
2012.05.01	1,5	-1,45	2,10	-	-	-	3,4	0,02	0,00
2012.06.01	5,1	2,15	4,62	-	-	-	4	0,62	0,38
2012.07.01	3,3	0,35	0,12	3,2	0,06	0,00	3,5	0,12	0,01
2012.08.01	1,3	-1,65	2,72	-	-	-	1,9	-1,48	2,19
2012.09.01	3,1	0,15	0,02	-	-	-	4	0,62	0,38
2012.10.01	3,2	0,25	0,06	3,2	0,06	0,00	3,1	-0,28	0,08
2012.11.01	1,2	-1,75	3,06	-	-	-	1,2	-2,18	4,75
2012.12.01	3	0,05	0,00	-	-	-	4,2	0,82	0,67

* - neturima duomenų

3.2 lentelė. Vienfaktorinė dispersinė analizė (BDS₇)

Data	Ties Lenkijos siena	Tarpiniame monitoringo poste	Ties Kaliningrado siena	X_a^2	X_b^2	X_c^2
2000.01.01	3,9	4,1	-	15,2	16,81	-
2000.02.01	4,4	4,5	4,3	19,4	20,25	18,49
2000.03.01	1,8	2,4	6,2	3,2	5,76	38,44
2000.04.01	4,7	4,2	3,9	22,1	17,64	15,21
2000.05.01	2,2	2,6	2,6	4,8	6,76	6,76
2000.06.01	2,8	3	2,6	7,8	9	6,76
2000.07.01	1,9	2,6	2,7	3,6	6,76	7,29
2000.08.01	2,9	2,6	2,6	8,4	6,76	6,76
2000.09.01	1,9	2,3	1,8	3,6	5,29	3,24
2000.10.01	2,6	2,4	2,9	6,8	5,76	8,41
2000.11.01	1,7	2,5	1,1	2,9	6,25	1,21
2000.12.01	2,3	2,9	2,1	5,3	8,41	4,41
2001.01.01	2,6	2,4	7,6	6,8	5,76	57,76
2001.02.01	3,3	3,2	2,4	10,9	10,24	5,76
2001.03.01	3,3	4	5,4	10,9	16	29,16
2001.04.01	3	4,5	4,2	9,0	20,25	17,64
2001.05.01	2,4	3	2,3	5,8	9	5,29
2001.06.01	2	2,2	2,7	4,0	4,84	7,29
2001.07.01	3,8	2,1	3,4	14,4	4,41	11,56
2001.08.01	1,4	1,6	1,2	2,0	2,56	1,44
2001.09.01	2,8	1,7	2	7,8	2,89	4
2001.10.01	3,5	2,7	2,9	12,3	7,29	8,41
2001.11.01	2,6	2,1	3,7	6,8	4,41	13,69
2001.12.01	3,3	3,4	8,3	10,9	11,56	68,89
2002.01.01	3,1	3,3	4,6	9,6	10,89	21,16
2002.02.01	3,4	2,7	1,8	11,6	7,29	3,24
2002.03.01	2	3,1	2	4,0	9,61	4
2002.04.01	5,1	5,1	3,5	26,0	26,01	12,25
2002.05.01	4,5	3,5	2,9	20,3	12,25	8,41
2002.06.01	2	2,3	3,2	4,0	5,29	10,24
2002.07.01	2,5	2,9	3,9	6,3	8,41	15,21
2002.08.01	1,1	3,3	1,5	1,2	10,89	2,25
2002.09.01	1,6	1,7	1,7	2,6	2,89	2,89
2002.10.01	4,4	3,1	4,3	19,4	9,61	18,49
2002.11.01	3,7	3,5	1,9	13,7	12,25	3,61
2002.12.01	3,8	5,4	3,5	14,4	29,16	12,25
2003.01.01	4	4,5	2,9	16,0	20,25	8,41
2003.02.01	2,7	2,8	3,9	7,3	7,84	15,21
2003.03.01	3	3,3	5,3	9,0	10,89	28,09
2003.04.01	4	2,5	8	16,0	6,25	64
2003.05.01	3,6	3,6	2,5	13,0	12,96	6,25
2003.06.01	2,1	2,2	3	4,4	4,84	9

Data	Ties Lenkijos siena	Tarpiniame monitoringo poste	Ties Kaliningrado siena	X_a^2	X_b^2	X_c^2
2003.07.01	2,1	2	1,6	4,4	4	2,56
2003.08.01	1,4	1,9	3,9	2,0	3,61	15,21
2003.09.01	4,1	1,7	1,2	16,8	2,89	1,44
2003.10.01	2,4	1,9	2,6	5,8	3,61	6,76
2003.11.01	1,8	2,5	2,5	3,2	6,25	6,25
2003.12.01	3	1,4	1,8	9,0	1,96	3,24
2004.01.01	3	3,1	2,9	9,0	9,61	8,41
2004.02.01	3,2	2,6	3,4	10,2	6,76	11,56
2004.03.01	2,9	3,4	5	8,4	11,56	25
2004.04.01	4,3	3,7	2,4	18,5	13,69	5,76
2004.05.01	3,5	5,5	2,6	12,3	30,25	6,76
2004.06.01	1,2	1,1	7,1	1,4	1,21	50,41
2004.07.01	3,8	2,3	2,2	14,4	5,29	4,84
2004.08.01	3,2	3,9	3,8	10,2	15,21	14,44
2004.09.01	0,03	1,5	1,4	0,0	2,25	1,96
2004.10.01	2,4	1,5	2,7	5,8	2,25	7,29
2004.11.01	2,3	1,9	2,4	5,3	3,61	5,76
2004.12.01	3,2	2,4	2,7	10,2	5,76	7,29
2005.01.01	3,6	-	2,8	13,0	-	7,84
2005.02.01	2,4	-	2,7	5,8	-	7,29
2005.03.01	2,8	-	4,1	7,8	-	16,81
2005.04.01	5,1	-	3,2	26,0	-	10,24
2005.05.01	4,5	3,6	4,1	20,3	12,96	16,81
2005.06.01	2,1	-	1,9	4,4	-	3,61
2005.07.01	3	-	5,6	9,0	-	31,36
2005.08.01	4	-	5,7	16,0	-	32,49
2005.09.01	1,3	-	2	1,7	-	4
2005.10.01	4,6	-	2,8	21,2	-	7,84
2005.11.01	2,6	-	3	6,8	-	9
2005.12.01	3	-	4,7	9,0	-	22,09
2006.01.01	2,9	-	4,4	8,4	-	19,36
2006.02.01	2,7	-	3,9	7,3	-	15,21
2006.03.01	2,8	-	3	7,8	-	9
2006.04.01	3,4	-	3	11,6	-	9
2006.05.01	2,8	-	3,7	7,8	-	13,69
2006.06.01	2,3	-	2,6	5,3	-	6,76
2006.07.01	2	-	2,2	4,0	-	4,84
2006.08.01	1,5	-	1,5	2,3	-	2,25
2006.09.01	1,7	-	1,6	2,9	-	2,56
2006.10.01	1,8	-	1,7	3,2	-	2,89
2006.11.01	3	-	2,9	9,0	-	8,41
2006.12.01	2,9	-	2,6	8,4	-	6,76
2007.01.01	4,1	-	2	16,8	-	4
2007.02.01	2,5	-	5,2	6,3	-	27,04
2007.03.01	2,4	-	2	5,8	-	4

Data	Ties Lenkijos siena	Tarpiniame monitoringo poste	Ties Kaliningrado siena	X_a^2	X_b^2	X_c^2
2007.04.01	2,7	-	5,3	7,3	-	28,09
2007.05.01	2,6	-	3,4	6,8	-	11,56
2007.06.01	2,4	-	2,5	5,8	-	6,25
2007.07.01	1,7	-	1,8	2,9	-	3,24
2007.08.01	2,3	-	3	5,3	-	9
2007.09.01	0	-	1,5	0,0	-	2,25
2007.10.01	2,1	-	3,2	4,4	-	10,24
2007.11.01	2,6	-	2,8	6,8	-	7,84
2007.12.01	2,3	-	3	5,3	-	9
2008.01.01	2,2	0,07	3,5	4,8	0,0049	12,25
2008.02.01	3,1	3,5	3,2	9,6	12,25	10,24
2008.03.01	3,1	3,1	2,8	9,6	9,61	7,84
2008.04.01	3,7	3,9	3,3	13,7	15,21	10,89
2008.05.01	3,1	2,4	8,1	9,6	5,76	65,61
2008.06.01	4	2,9	4,2	16,0	8,41	17,64
2008.07.01	0,91	3,6	2,2	0,8	12,96	4,84
2008.08.01	1,4	1,38	1,5	2,0	1,9044	2,25
2008.09.01	3,4	3,3	2,2	11,6	10,89	4,84
2008.10.01	0,4	4,1	1,5	0,2	16,81	2,25
2008.11.01	3,6	3	3,5	13,0	9	12,25
2008.12.01	4,5	5,8	9	20,3	33,64	81
2009.01.01	3,2	5,2	3,8	10,2	27,04	14,44
2009.02.01	4	6,3	3,8	16,0	39,69	14,44
2009.03.01	3,4	3,9	3,2	11,6	15,21	10,24
2009.04.01	3,7	5,8	8,9	13,7	33,64	79,21
2009.05.01	3,7	4,6	4,2	13,7	21,16	17,64
2009.06.01	6	4,6	8,1	36,0	21,16	65,61
2009.07.01	3,6	2,5	2,5	13,0	6,25	6,25
2009.08.01	5,5	5,2	1,4	30,3	27,04	1,96
2009.09.01	1,7	3,3	4,9	2,9	10,89	24,01
2009.10.01	2,2	4,3	3,7	4,8	18,49	13,69
2009.11.01	4,3	3,3	2,7	18,5	10,89	7,29
2009.12.01	3,3	3,3	2,9	10,9	10,89	8,41
2010.01.01	3,4	-	3,2	11,6	-	10,24
2010.02.01	5,3	4,2	4,9	28,1	17,64	24,01
2010.03.01	4,1	-	5,3	16,8	-	28,09
2010.04.01	3,6	2,8	3,8	13,0	7,84	14,44
2010.05.01	4,8	-	4,6	23,0	-	21,16
2010.06.01	4,1	-	1,7	16,8	-	2,89
2010.07.01	5,1	2,2	2,6	26,0	4,84	6,76
2010.08.01	4	-	2,6	16,0	-	6,76
2010.09.01	1,3	-	2,1	1,7	-	4,41
2010.10.01	1,8	2	4,6	3,2	4	21,16
2010.11.01	1,4	-	1	2,0	-	1
2010.12.01	3,2	-	8,05	10,2	-	64,8025

Data	Ties Lenkijos siena	Tarpiniame monitoringo poste	Ties Kaliningrado siena	X_a^2	X_b^2	X_c^2
2011.01.01	6,1	-	10,4	37,2	-	108,16
2011.02.01	2,5	8,3	2,2	6,3	68,89	4,84
2011.03.01	2,5	-	2,6	6,3	-	6,76
2011.04.01	2,5	2,9	2,2	6,3	8,41	4,84
2011.05.01	3,3	-	3,8	10,9	-	14,44
2011.06.01	7,1	-	6,6	50,4	-	43,56
2011.07.01	2,3	4,3	3,1	5,3	18,49	9,61
2011.08.01	2,5	-	2,5	6,3	-	6,25
2011.09.01	1,9	-	2,8	3,6	-	7,84
2011.10.01	1,9	1,7	2,6	3,6	2,89	6,76
2011.11.01	2,5	-	2,8	6,3	-	7,84
2011.12.01	2,1	-	1,8	4,4	-	3,24
2012.01.01	2,7	-	2,8	7,3	-	7,84
2012.02.01	3,5	2,9	2,9	12,3	8,41	8,41
2012.03.01	3,3	-	2,7	10,9	-	7,29
2012.04.01	3,1	2,3	3,7	9,6	5,29	13,69
2012.05.01	1,5	-	3,4	2,3	-	11,56
2012.06.01	5,1	-	4	26,0	-	16
2012.07.01	3,3	3,2	3,5	10,9	10,24	12,25
2012.08.01	1,3	-	1,9	1,7	-	3,61
2012.09.01	3,1	-	4	9,6	-	16
2012.10.01	3,2	3,2	3,1	10,2	10,24	9,61
2012.11.01	1,2	-	1,2	1,4	-	1,44
2012.12.01	3	-	4,2	9,0	-	17,64
n	156	97	155			
N	408					
T _i	459,6	305,1	523,3			
T	1287,9					
$\bar{x}$	2,95	3,14	3,38			
$\sum X_{a,b,c}^2$				1561,1	1110,9	2220,7
$\frac{T_i^2}{n}$	1354,29	959,34	1766,39			
$\frac{T^2}{N}$	4065,66					
K	4892,8					

* - neturima duomenų

3.3 lentelė. ANOVA rezultatai (BDS₇)

	Kvadratų suma		Laisvės laipsniai		Dispersijos įverčiai		Statistika	
Grupių	SSB	14,35	k-1	2	MSB	7,18	F	3,58
Vidinė	SSW	812,8	N-k	405	MSW	2,01		
Visa	SST	827,1	N-1	407				

Čia X_a^2 , X_b^2 , X_c^2 – BDS₇ koncentracija.

Ištirpusio deguonies, amonio azoto, nitratų azoto, bendrojo azoto, fosfatų fosforo ir bendrojo fosforo statistinės charakteristikos ir vienfaktorinė dispersinė analizė skaičiuojama analogiškai.

4 Priedas

4.1 lentelė. Lentelė pagal Stjudento kriterijų

Laisvės laipsnio kiekis n-2	Tikimybės lygis		
	0,95 (0,05)	0,99 (0,01)	0,999 (0,001)
1	12,7	63,7	637,0
2	4,3	9,9	31,6
3	3,2	5,8	12,9
4	2,8	4,6	8,6
5	2,6	4,0	6,9
6	2,4	3,7	6,0
7	2,4	3,5	5,3
8	2,3	3,4	5,0
9	2,3	3,3	4,8
10	2,2	3,2	4,6
11	2,2	3,1	4,4
12	2,2	3,1	4,3
13	2,2	3,0	4,1
14–15	2,1	3,0	4,1
16–17	2,1	2,9	4,0
18–20	2,1	2,9	3,9
21–24	2,1	2,8	3,9
25–28	2,1	2,8	3,7
29–30	2,0	2,8	3,7
31–34	2,0	2,7	3,7
35–42	2,0	2,7	3,6
43–62	2,0	2,7	3,5
63–175	2,0	2,6	3,4
176 ir daugiau	2,0	2,6	3,3

4.2 lentelė. Koreliacijos ryšio patikimumas

BDS ₇	Ties Lenkijos siena	Tarpiniame monitoringo poste	Ties Kaliningrado siena
R ²	0,0055	0,049	0,003
R	0,074	0,22	0,06
S _r	0,08	0,10	0,08
t _f	0,92	2,22	0,69

Koreliacijos ryšio kriterijus analogiškai nustatomas ir kitų hidrocheminių parametrų koncentracij



MARIJAMPOLĖS MIESTO TARŠOS ĮTAKA ŠEŠUPĖS UPĖS HIDROCHEMIJAI

Kristina Bartkutė¹, Valentinas Šaulys²

VGTU AIF Hidraulikos katedra

El. p. ¹*kristinosbartk@gmail.com*; ²*valentinas@vgtu.lt*;

Anotacija. Straipsnyje pateikiamas Šešupės upės hidrocheminis vertinimas 2000-2012 m. laikotarpiu. Aptiriamos BDS₇, N_b, P_b koncentracijų kaitų tendencijos. Tyrimais nustatyta, kad apie 80 % momentinių N_b koncentracijų atitinka labai gerą ekologinę upės būklę. Kaitos linijinis trendas pjūvyje ties Kaliningrado pasieniu turi tendenciją mažėti. Fosforo koncentracija Šešupės aukštupyje nedidelė, kinta nuo 0,02 iki 0,15 mg/l. Tarša fosforo junginiais išauga upei tekant pro Marijampolės miestą. Upės pjūviuose už pramonės įmonių fosforo koncentracija kinta nuo 0,049 iki 0,33 mg/l, o upės žemupyje kinta nuo 0,01 iki 0,87 mg/l. Norint pagerinti Šešupės vandens kokybę reikia mažinti išsklidusią taršą azoto junginiais ir koncentruotą taršą fosforu ne tik iš Marijampolės miesto, bet ir iš pramonės įmonių, gerinti bendrą Marijampolės miesto vandentvarkos infrastruktūrą.

Reikšminiai žodžiai: Upės hidrocheminis vertinimas, azotas, fosforas.

Įvadas

Lietuva turtinga vandens ištekliais, kuriuos sudaro požeminiai ir paviršiniai vandenys. Dalį Lietuvos teritorijos (3 %) užima vidaus vandenys. Vidaus vandenyse upių tinklo vandens paviršiaus plotas tesudaro 0,5 %. Tačiau iš šio ploto upių vagomis į Baltijos jūrą kiekvienais metais nuteka apie 26 km³ vandens (Gailušis ir kt. 2001). Baltijos jūra dėl jauno geologinio amžiaus, intensyvių sedimentacinių procesų, uždaro, lėtos vandens apytakos su Šiaurės jūra ir didelio gėlo paviršinio vandens nuotėkio labai jautriai reaguoja į bet kokią žmogaus įsikišimą (Maikštėnienė ir kt. 2007).

Vandenių sektorius viena iš prioritetinių ES aplinkosaugos sričių. Šioje srityje galioja per 300 teisinių aktų – direktyvų, nutarimų ir rekomendacijų (Šaulys 2007). Todėl Lietuva tapusi Europos sąjungos nare įsipareigojo vykdyti visus ES Vandens apsaugos politikos reikalavimus. Pagal Bendrąją vandens politikos direktyvą, Lietuvoje iki 2015 m. turi būti užtikrinta gera paviršinių vandenių būklė (Aplinkos 2010).

Vandens kokybė priklauso nuo daugelio veiksnių: nuotėkio, klimato, geografinių sąlygų, vandens augalijos ir gyvūnijos, hidrologinių ir hidrodinaminių procesų (Bagdžiūnaitė – Litvinaitienė ir kt. 2010). Tačiau gera upių ekologinė būklė ir vandens kokybė priklauso nuo į vandenį patenkančių teršalų savybių ir jų kiekių.

Didžiausiems paviršinių vandenių taršos šaltiniams priskiriami ne tik pasklidusios, bet ir sutelktosios taršos šaltiniai: miestuose, kaimuose, pramonės įmonėse ir kt. susidariusios nuotekos. Teršalai iš pramonės įmonių, degalinių ir kitų sutelktosios taršos šaltinių rečiau pastebimi prie upių intakų, dažniau jų grėsmė išauga upei tekant pasroviui (pvz.: Huanghės ir Nilo upės), tačiau yra upių, kur tarša labiau pastebima upės ištakose, o upei tekant pasroviui išsisklaido (pvz.: Amazonės upė). Urbanizuotose, tankiai apgyvendintose teritorijose upių taršą galima pastebėti per visą jų ilgį. Todėl norint užtikrinti sėkmingą vandens išteklių strategijos įgyvendinimą, reikia užtikrinti pusiausvyrą tarp žmoniškųjų išteklių naudojimo ir upių ekosistemų apsaugos (C. J. Vorosmetry ir kt. 2010).

Tiriant upių taršą, daug dėmesio skiriama azoto ir fosforo junginiams (Ruminaitė 2010), tačiau nemažiau svarbu įvertinti biocheminio deguonies suvartojimo (BDS₇) bei ištirpusio deguonies kiekio (O₂) koncentracijų įtaką upių vandens kokybei. Jei vanduo aprūpinamas deguonimi, vyksta spartesni apšvalymo procesai, o tai pagerina vandens kokybę (Lysovienė 2011).

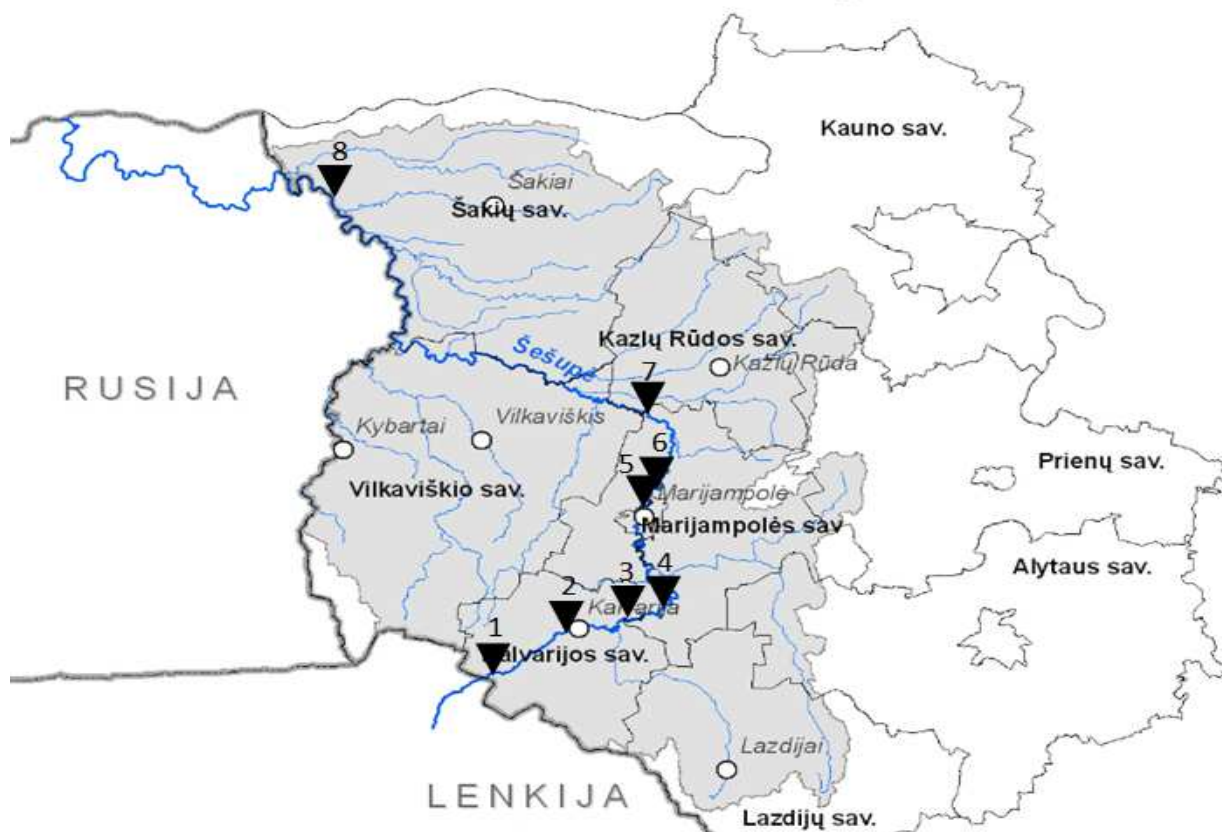
Plačiau Lietuvos upių vandens kokybės kaitos tendencijas nagrinėjo Vaitiekūnienė (2005, 2006). Vaitiekūnienė (2006) konstatuoja, kad didžiausi teršalų kiekiai – apie 72 % viso fosforo, 65 % amonio, 98 % nitratų kiekio – į upes patenka su išsklidusia žemės ūkio tarša, ta-

čiau vis didesnę įtaką upių vandens kokybei daro iš pramonės įmonių ir gyvenviečių patenkanti tarša (Šileika 2006).

Darbo tikslas – analizuoti Šešupės upės hidrocheminius rodiklius 2000-2012 m. laikotarpyje, įvertinti Marijampolės miesto taršos įtaką upės ekosistemai bei pasiūlyti prevencines priemones, kurios padėtų pagerinti upės ekologinę būklę.

Tyrimų objektas ir metodika

Tyrimui pasirinkta Šešupės upė. Ši upė teka Lenkijos, Lietuvos ir Kaliningrado srities teritorija. Tai Nemuno upės kairysis intakas (1 pav.). Nemuno didžiausių intakų sąrašė ji yra ketvirta pagal ilgį (297,6 km) ir šešta pagal baseino plotą – 6104,8 km², iš jų 4898,0 km² yra Lietuvoje (Kilkus 2011).



1 pav. Tyrimo vieta ir monitoringo postų išdėstymas

Lietuvoje Šešupė teka Užnemunės žemuma, o jos pačios ir intakų aukštupiai drenuoja Sūduvos aukštumą. Baseino paviršiuje vyrauja vidutinio sunkumo ir sunkūs priemoliai. Šešupės baseine telkšo 269 ežerai (didesni kaip 0,5 ha), kurių bendras plotas 68,2 km² (baseino ežeringumas 1,1 %). Pelkėms, daugiausia žemapelkėms, tenka apie 8 % Šešupės baseino ploto. Pelkingiausia yra pietrytinė baseino dalis. Didžiausia (68,5 km²) yra Žuvinto pelkė, susidariusi limnoglacialinio baseino dugne. Miškingumas apie 15 %, didžiausias miškų masyvas – Kazlų Rūdos miškai. Šešupė nuosekli upė, tekanti reljefo pagrindinio nuolydžio kryptimi ir suformavusi klasikinį – įgaubtą – vagos profilį. Vidutinis nuolydis yra 0,50 m/km. Upės vaga vingiuota, vingiai stambūs ir palyginti reti. Nors melioruojant žemes, kai kurių upių vingiuoti ruožai buvo ištiesinti, dėl to pasikeitė jų ilgis. Šešupės

baseiną drenuoja tankus upių tinklas (1,35 km/km²), kuriame svarbiausia yra mažų upelių ir melioravimo griovių (trumpesnių kaip 3 km) dalis (62 % viso upės tinklo). Ši upė turi 13 intakų, ilgesnių kaip 20 km (1 lentelė), iš kurių didžiausi yra Nova, Siesartis, Pilvė, Rausvė, Jotija, Dovinė, Višakis, Širvinta ir Kirsna (Lietuvos upės 2010).

Bendruoju požiūriu antropogeninės taršos šaltiniai pagal jų poveikio būdą yra skirstomi į dvi grupes: sutelktosios ir pasklidosios taršos šaltinius. Sutelktosios taršos šaltiniams priskiriami miestų, gyvenviečių, pramonės įmonių bei paviršinių nuotekų išleistuvai, o žemės ūkyje susidaranti mėšlo ir mineralinių trąšų apkrovos bei gyventojų, kurių namų ūkiai neprijungti prie nuotekų surinkimo tinklų, taršos apkrovos, vadinamos pasklidąja tarša (2 lentelė) (AAA 2010).

Šešupės baseinas yra tankiai gyvenamas. Upės baseine (Lietuvoje) gyvena per 200 tūkst. gyventojų, ketvirtadalis jų – prie pačios Šešupės išaugusioje pramoninėje Marijampolėje. Kadangi taršos šaltinių yra visame baseine, biogeninių medžiagų daugėja žemupio link, nors kita vertus, žemiau miestų ir gyvenviečių būna šuoliškų vandens kokybės pokyčių. Daugiausia Šešupę teršia išaugusi Marijampolė ir joje susikoncentravusi didžioji dalis pra-

monės (Kilkus 2011). Pramonė – yra vienas iš pagrindinių Šešupės upės teršėjų. Vadovaujantis Marijampolės RAAD duomenimis, nustatyta, kad didžiausi Šešupės upės teršėjai pramonės sektoriuje yra: UAB „Ikea industry“ (buvęs UAB „Girių bizonas“), UAB „Arvi cukrus“, UAB „Arvi fertis“, AB „Marijampolės pieno konservai“ Kalvarijos cechas ir kt.

1 lentelė. Šešupės pabaseinio pagrindinių upių ilgiai ir baseinų plotai (AAA 2009)

Upė	Vyresnė upė	Ilgis, km		Baseino plotas, km ²		Upė	Vyresnė upė	Ilgis, km		Baseino plotas, km ²	
		Bendras	LT	Bendras	LT			Bendras	LT	Bendras	LT
Šešupė	Nemunas	297,6	157,5	6104,8	4899	Siesartis	Šešupė	60,5	60,5	197,6	197,6
		51,2 – siena				Jotija	Šešupė	47,9	47,9	275,0	275,0
Kirsna	Šešupė	28,1	28,1	457,8	457,8	Gasda	Kirsna	14,4	14,4	112,8	112,8
Dovinė	Šešupė	47,0	47,0	588,7	588,7	Amalė-Šalavanta	Dovinė	25,6	25,6	137,4	137,4
Sasna	Šešupė	21,3	21,3	102,2	102,2	Jūrė	Višakis	39,3	39,3	111,3	111,3
Rausvė	Šešupė	48,6	48,6	204,1	204,1	Liepona	Širvinta	35,1	12,2	104,6	78,0
Pilvė	Šešupė	57,1	57,1	329,8	329,8			22,9-siena			
Višakis	Šešupė	44,5	44,5	332,8	332,8	Šeimena	Širvinta	49,1	49,1	648,1	648,1
Širvinta	Šešupė	43,8	17,9	1312,9	1011,0	Širvinta	Šeimena	54,5	54,5	363,1	363,1
		20,2				Penta	Nova	31,3	31,3	112,7	112,7
Nova	Šešupė	69,3	69,3	403,3	403,3	Orija	Jotija	32,1	32,1	102,8	102,8

2 lentelė. Šešupės pabaseinio taršos šaltiniai (AAA 2010)

Nr.	Šešupės pabaseinis				
	Taršos šaltinis	Kiekis, tūkst. m ³ /m	BDS ₇ , t/m	N _b , t/m	P _b , t/m
1.	Nuotekų išleistuvai (2000-10000 GE, 9 vnt.)	1196,9	13,6	25,2	3,3
2.	Nuotekų išleistuvai (<2000 GE, 34 vnt.)	24,9	2,76	1,05	0,19
3.	Pramonės įmonių nuotekų išleistuvai (4 vnt.)	298,4	1,15	4,61	0,74
4.	Paviršinių nuotekų išleistuvai (96 vnt.)	2781,7	16,48	14,99	2,41
5.	Mineralinių trąšų poveikis			13474	2832
6.	Gyvulių mėšlas		49274	9025	1534
7.	Žemės ūkio tarša		103,3	47,2	9,2
8.	Gyventojai, centralizuotai neprijungti prie nuotekų tinklų		1782,4	306,4	62,7

Remiantis VŠĮ „Baltijos aplinkos forumas“ parengtu ir įgyvendintu projektu „Pavojingų medžiagų apžvalga Lietuvos vandens aplinkoje“ (angl. *Screening of dangerous substances in the aquatic environment of Lithuania*), nustatyta, kad kai kurie komponentai Šešupės vandenyje ir nuosėdose viršijo DLK ir gali turėti neigiamą poveikį vandens ekosistemoms. O norint nustatyti, kokia upės ekologinė būklė, naudojama aplinkos ministro patvirtinta paviršinių vandens telkinių būklės nustatymo metodika (2007, D1-210). Upės ekologinė būklė vertinama pagal fizinius-cheminius kokybės elementus (3 lentelė).

Straipsnyje nagrinėjama biocheminio deguonies suvartojimo (BDS₇), bendrojo azoto (N_b) ir bendrojo fosfo-

ro (P_b) junginių daugiametė kaita trijuose Šešupės upės postuose nuo ištakų iki žiočių (Lenkijos pasienyje, tarpiniame punkte už pramonės įmonių („Arvi grupė“) ir Kaliningrado pasienyje). Taip pat aptariama ar šių rodiklių koncentracijos neviršija, Aplinkos ministro įsakymu (2006, D1-236) patvirtintame nuotekų tvarkymo reglamente, nustatytų didžiausių leistinų koncentracijų (DLK). Reglamente didžiausia leidžiama koncentracija (DLK) traktuojama kaip teisės aktuose nustatyta didžiausia leidžiama tam tikro teršalo ar teršalų grupės koncentracija nuotekose, vandens telkinyje, nuosėdose ar biotoje (Šaulys 2007).

3 lentelė. Upių ekologinės būklės klasės pagal fizikinių-cheminių kokybės elementų rodiklius (D1-210, 2 priedas)

Eil. Nr.	Kokybės elementas		Rodiklis	Upės tipas	Etaloninių sąlygų rodiklių vertė	Upių ekologinės būklės klasių kriterijai pagal fizikinių-cheminių kokybės elementų rodiklių vertes				
						Labai gera	Gera	Vidutinė	Bloga	Labai bloga
3	Bendri reikalai	Maistingosios medžiagos	N_b , mg/l	1–5	1,40	<2,00	2,00–3,00	3,01–6,00	6,01–12,00	>12,00
5			P_b , mg/l	1–5	0,06	<0,10 0	0,100– 0,140	0,141– 0,230	0,231–0,470	>0,470
6		Organinės medžiagos	BDS_7 , mg/l	1–5	1,80	<2,30	2,30–3,30	3,31–5,00	5,01–7,00	>7,00

Duomenys apie vandens kokybę Šešupės upėje buvo surinkti keliuose skirtinguose valstybinio monitoringo vietose, pagal tuo metu galiojantį aplinkos ministro patvirtintą upių monitoringo planą (1 pav.): Lenkijos pasienyje (1), aukščiau Kalvarijos (2), žemiau Kalvarijos (3), žemiau Aukštosios Butkos (4), ties Kuktiškiais (5), ties Būdviečiais (6), žemiau Nendrinų (7), Kaliningrado pasienyje (8). Vandens kokybė šiuose punktuose stebima ištisus metus, o vandens mėginiai hidrocheminiams rodikliams nustatyti imami nustatytu periodu (Aplinkos 2012).

Analizuojami duomenys buvo gauti iš Aplinkos apsaugos agentūros publikuojamų ataskaitų 2000-2012 m. laikotarpyje. Atliekant tyrimą buvo nustatytos ir statistiškai įvertintos visų tirtų medžiagų tendencijos bei įvardintos galimos tokių tendencijų priežastys.

Straipsnyje pateiktų valstybinių monitoringo duomenų apdorojimui ir analizei, grafikų sudarymui ir kitimo trendų išvedimui buvo pasinaudota MS Excel programa.

2000-2012 m. tyrimų laikotarpis pasirinktas neatsiktinai, nes kaip tik šiuo laikotarpiu vyko didelės permainos pramonės, žemės ūkio bei vandentvarkos sektoriuose. Nors vandens suvartojimas sumažėjo, tačiau pramoninės veiklos mastai išaugo, o trąšų naudojimas žemės ūkyje nesumažėjo arba sumažėjo nežymiai. Dėl šių priežasčių poveikis Šešupės upės vandeniui vyksta nuolatos, tačiau tik nuo poveikio intensyvumo ir trukmės priklauso ar vandens telkinys jau paveiktas tiek, kad gamtinė aplinka pakitusi, ar telkinio gebėjimas atsistatyti dėl patiriamo poveikio vis dar yra išlikęs. Taip pat šiuo laikotarpiu buvo įgyvendinami vandentvarkos projektai, kuriuos Lietuvai padėjo įgyvendinti ES struktūriniai paramos fondai (ISPA, Sanglaudos fondas bei SAPARD).

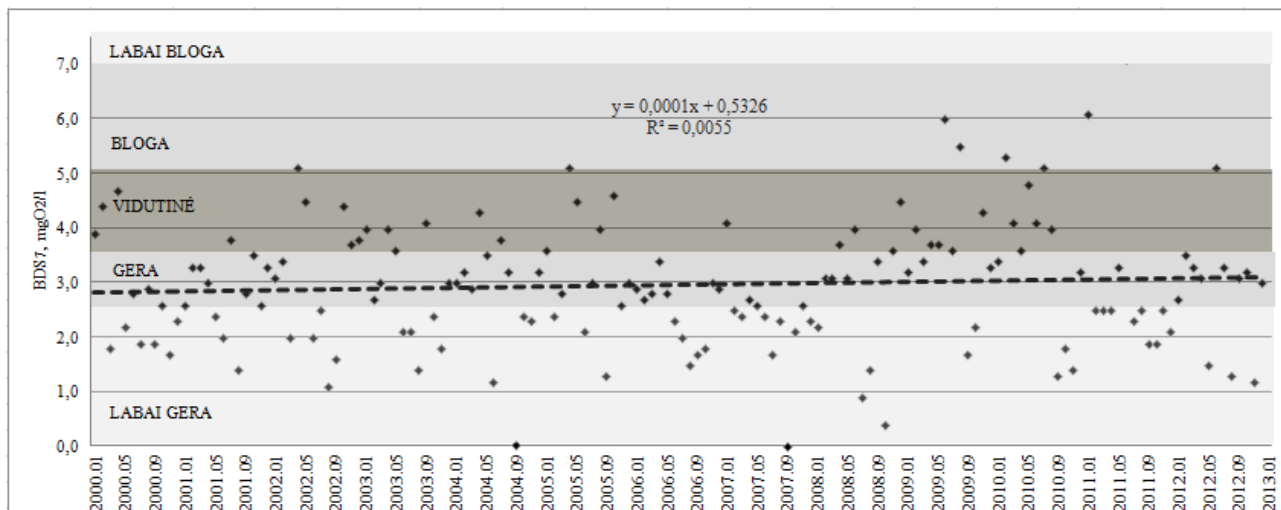
Tyrimo rezultatai ir jų aptarimas

Skirtinguose Šešupės upės vandens kokybės matavimo punktuose per tą patį laikotarpį biocheminio deguo-

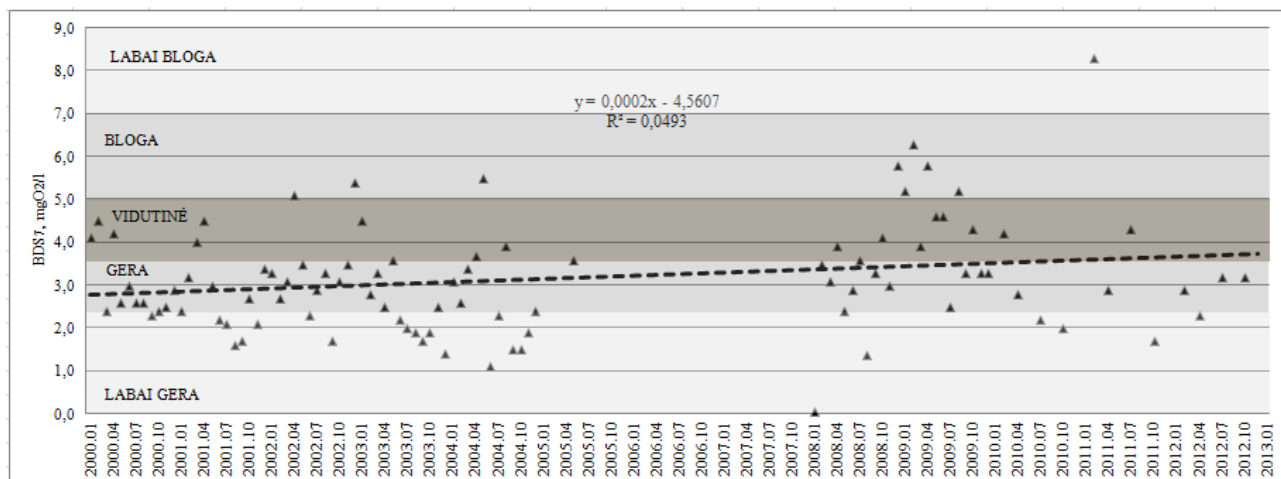
nies suvartojimo (BDS_7), bendro azoto (N_b) bei bendro fosforo (P_b) kiekio koncentracijos skiriasi.

Šešupės upės pjūvyje ties Lenkijos pasieniu BDS_7 koncentracija kinta nuo 0,0 iki 7,1 mgO_2/l (2 pav.). Maksimaliai didžiausia leistina koncentracija (DLK) (6 mgO_2/l) buvo viršyta 2011 metais birželio mėnesį apie 1,2 karto. Visame tiriamame laikotarpyje vos kelis kartus buvo viršyta DLK, o net apie 34 % momentinių faktinių koncentracijų atitinka labai gerą ekologinę upės būklę. Panaši situacija yra pjūvyje ties tarpiniu punktu (už pramonę vystančių „Arvi grupė“ įmonių). BDS_7 koncentracija kinta nuo 0,068 iki 8,3 mgO_2/l (3 pav.) Maksimaliai DLK buvo viršyta 2011 metais vasario mėnesį apie 1,4 karto. Visame tiriamame laikotarpyje vos kelis kartus buvo viršyta DLK, o net apie 35 % momentinių faktinių koncentracijų atitinka labai gerą ekologinę upės būklę. Pjūvyje ties Kaliningrado pasieniu BDS_7 koncentracija kinta nuo 1,0 iki 10,4 mgO_2/l . Maksimaliai DLK buvo viršyta 2011 metais vasario mėnesį apie 1,7 karto. DLK daugiausia buvo viršyta šiltuoju metų periodu, tačiau sezoniskumas nėra ryškiai matomas, nes koncentracijos upės vandenyje kinta didžiausia amplitude, lyginant su anksčiau aptartais pjūviais. 27 % momentinių faktinių koncentracijų atitinka labai gerą ekologinę upės būklę.

Įvertinus kitimo trendų reikšmingumą, galime daryti prielaidą, kad BDS_7 koncentracijų kaitos trendai Kaliningrado pasienyje ir Lenkijos pasienyje nėra reikšmingi. Abiejuose postuose determinacijos koeficientas $R^2 < 0,01$. Tai reiškia, kad organinė tarša tiriamu laikotarpiu, Šešupės upėje, neturėjo ryškių nei mažėjimo nei didėjimo tendencijų. Tarpiniame punkte (už pramonės įmonių) determinacijos koeficientas $R^2 > 0,019$. Tai parodo labai silpną koncentracijų kaitos trendo reikšmingumą. Šiam dėsningumui įtakos galėjo turėti miesto ir pramonės įmonių tarša, kuri nuo sezoniskumo nepriklauso. Todėl sumažėjus upės debitui, nuotekos yra mažiau praskiedžiamos, o BDS_7 koncentracija išauga. Vertinant upės ekologinę būklę pagal BDS_7 momentinių koncentracijų pasiskirstymą, matomas jos blogėjimas.



2 pav. BDS₇ koncentracijų kaita Šešupės upėje Lenkijos pasienio monitoringo poste 2000-2012 m.



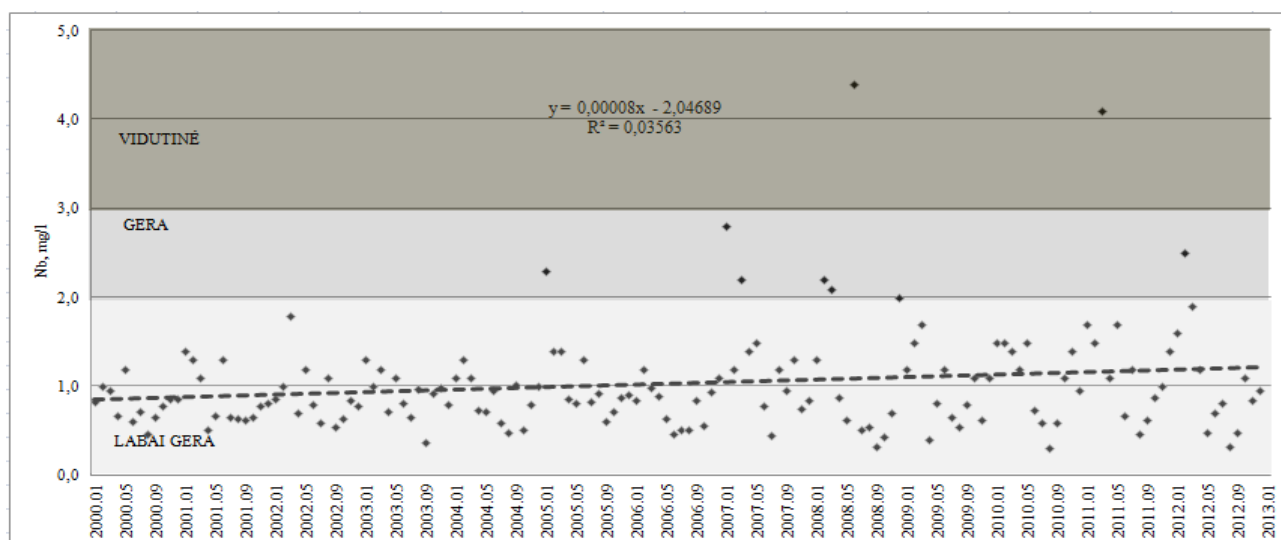
3 pav. BDS₇ koncentracijų kaita Šešupės upėje tarpiniame monitoringo poste (už pramonės įmonių) 2000-2012 m.

Azoto ciklas vandens ekosistemoje vyksta nenutrūkstamai. Azoto junginiai užtikrina visų gyvųjų organizmų ląstelių funkcionavimą. Azotas vandenyje gali būti: mineralinis arba organinis. Azotas į vandens telkinius gali patekti su atmosferos vandenimis – lietumi, ištirpusiu sniegu bei ledu, taip pat kaip žmogaus ūkinės veiklos pasekmė.

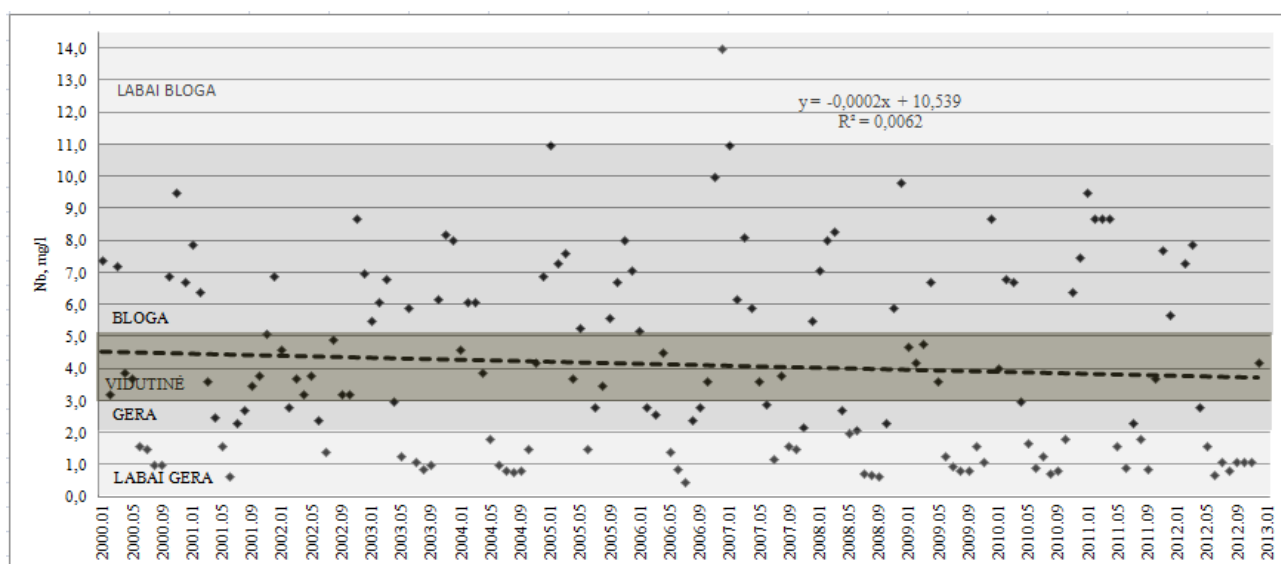
Šešupės upės pjūvyje ties Lenkijos pasieniu N_b koncentracija kinta nuo 0,31 iki 4,4 mg/l (4 pav.). Maksimaliai DLK (2,5 mg/l) buvo viršyta 2008 m. birželio mėnesį apie 1,8 karto. Apie 90 % momentinių faktinių koncentracijų atitinka labai gerą ekologinę upės būklę. Tačiau kaitos linijinis trendas turi tendenciją didėti. Tam įtakos galėjo turėti bendrojo azoto koncentracijų padidėjimai vėlyvą rudenį ar žiemą bei ties šiuo punktu padidėjusi ūkinė veikla. Pjūvyje ties tarpiniu punktu (už pramonę vystančių „Arvi grupė“ įmonių) N_b koncentracija kinta nuo 0,25 iki 5,7 mg/l. Maksimaliai

DLK buvo viršyta 2001 metais vasario mėnesį apie 2,3 karto. Apie 80 % momentinių faktinių koncentracijų atitinka labai gerą ekologinę upės būklę. Kaitos linijinis trendas turi tendenciją mažėti. Pjūvyje ties Kaliningrado pasieniu N_b koncentracija kinta nuo 0,47 iki 14,0 mg/l (5 pav.). DLK buvo viršijama kiekvienais metais. Bendrojo azoto koncentracijos vandenyje kinta didžiausia amplitude lyginant su kitais pjūviais. Būtent ties šiuo upės pjūviu buvo nustatytos didžiausios bendrojo azoto koncentracijos. Tačiau pastebimas kaitos linijinio trendo mažėjimas.

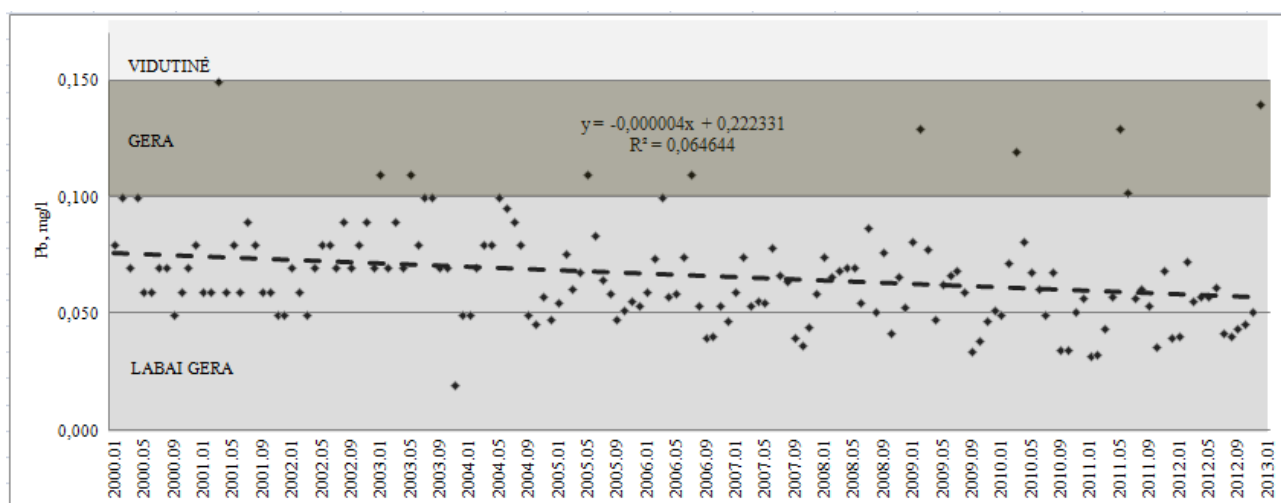
Tam tikrą azoto apkrovų pasiskirstymo tendenciją nulemia ir skirtingos teršalų išplovimo sąlygos. Bendrojo azoto, patenkančio į Šešupės baseiną, kiekiai kito priklausomai nuo metų laiko, nuotėkio ir kritulių kiekio. Per didelis azoto junginių kiekis vandenyje sukelia eutrofikacijos procesus bei upės vandens dumblių augimą.



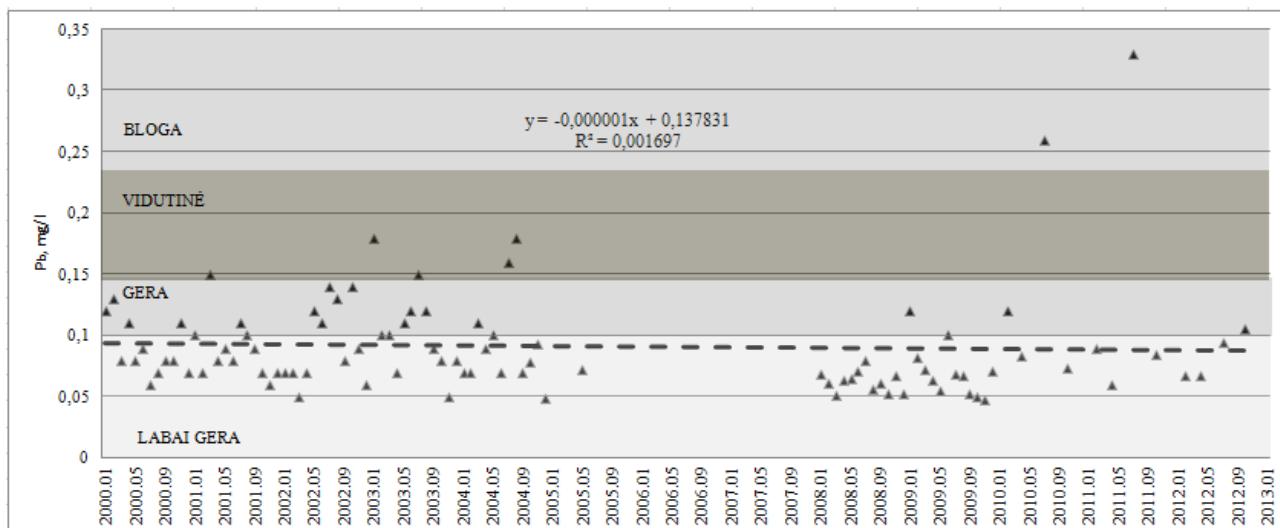
4 pav. Bendrojo azoto (N_b) koncentracijų kaita Šešupės upėje Lenkijos pasienio monitoringo poste 2000-2012 m.



5 pav. Bendrojo azoto (N_b) koncentracijų kaita Šešupės upėje Kaliningrado pasienio monitoringo poste 2000-2012 m.



6 pav. Bendrojo fosforo (P_b) koncentracijų kaita Šešupės upėje Lenkijos pasienio monitoringo poste 2000-2012 m.



7 pav. Bendrojo fosforo (P_b) koncentracijų kaita Šešupės upėje tarpiniame monitoringo poste (už pramonės įmonių) 2000–2012 m.

Fosforas vienas iš pagrindinių elementų, sudarantis sąlygas gyvybei vandens ekosistemose. Jis dažnai apibūdina augalų ir autotrofinių gyvūnų, kurie minta tik neorganinėmis medžiagomis, produktyvumą vandenyje. Dalis fosforo patenka į vandens telkinius dėl dirvožemių erozijos (adsorbuotų ir / arba koloidinių organinių dalelių pavidalu), kita dalis yra išplaunama iš upės baseino ortofosfatinio fosforo pavidalu, dar kita dalis fosforo transformuojasi pačios upės vagoje ir egzistuoja pastoviai besikeičiančia forma (Lysovienė 2011).

Didžiausios fosforo koncentracijos stebimos žiemos ir rudens sezonais, nes šiltaisiais metų laikais fosforas yra sunaudojamas biotos. Šešupės upės pjūvyje ties Lenkijos pasieniu P_b koncentracija kinta nuo 0,02 iki 0,15 mg/l (6 pav.). Maksimaliai DLK (0,1 mg/l) buvo viršyta 2001 m. kovo mėnesį apie 1,5 karto. Apie 94 % momentinių faktinių koncentracijų atitinka labai gerą ekologinę upės būklę. Kaitos linijinis trendas turi tendenciją mažėti. Pjūvyje ties tarpiniu punktu (už pramonę vystančių „Arvi grupė“ įmonių) P_b koncentracija kinta nuo 0,049 iki 0,33 mg/l (7 pav.). Maksimaliai DLK buvo viršyta 2011 metais liepos mėnesį apie 3,3 karto. Kaitos linijinis trendas neturi tendencijos nei didėti, nei mažėti. Koeficientas $R^2 < 0,19$. Tam įtakos gali turėti, tai kad visu tiriamuoju laikotarpiu, žmogaus veiklos metu susidaręs fosforas į upės baseiną buvo atnešamas iš sutelktosios taršos šaltinių, tokių kaip buitinės ir pramoninės nuotekos (iš UAB „Arvi fertis“, UAB „Arvi cukrus“). Pjūvyje Kaliningrado pasienyje P_b koncentracija kinta nuo 0,01 iki 0,87 mg/l. DLK buvo viršijama kiekvienais metais, o maksimaliai viršyta 2000 metais lapkričio mėnesį apie 8,7 karto. Kaitos linijinis trendas turi tendenciją mažėti, o tai rodo van-

dens būklės gerėjimą. Kylmar (Kylmar et al. 2006) nustatė, kad fosforo daugiau patenka į upelius, kurių baseinuose daugiau molinių dirvožemių. Šešupės baseine vyrauja vidutinio sunkumo ir sunkaus priemolio dirvožemiai, todėl fosforo koncentracijos Šešupės upės baseine palyginti nemažos.

Šie tyrimai rodo, kad norint pagerinti Šešupės vandens kokybę reikia mažinti išsklidusią taršą azoto junginiais ir koncentruotą taršą fosforu ne tik iš Marijampolės miesto, bet ir iš pramonės įmonių, gerinti bendrą Marijampolės miesto vandentvarkos infrastruktūrą.

Išvados

1. Azoto ir fosforo junginiai į Šešupę patenka iš skirtingų taršos šaltinių. Taršą azoto junginiais daugiausia sudaro išsklidusi tarša (žemės ūkis). Fosforas į upę patenka iš sutelktųjų taršos šaltinių – miesto, pramonės įmonių.

2. Biocheminio deguonies suvartojimo per 7 paras (BDS_7) koncentracijų kaitos linijiniai trendai visuose upės pjūviuose yra labai stipriai reikšmingi arba nereikšmingi ($R^2 < 0,02$), tačiau vertinant upės ekologinę būklę pagal momentinių koncentracijų pasiskirstymą, jaučiama blogėjimo tendencija.

3. Apie 80 % momentinių N_b koncentracijų atitinka labai gerą ekologinę upės būklę. Kaitos linijinis trendas pjūvyje ties Kaliningrado pasieniu turi tendenciją mažėti.

4. Fosforo koncentracija Šešupės aukštupyje (Lenkijos pasienyje) nedidelė, kinta nuo 0,02 iki 0,15 mg/l. Tarša fosforo junginiais išauga upei tekant pro Marijampolės miestą. Upės pjūviuose už pramonės

įmonių fosforo koncentracija kinta nuo 0,049 iki 0,33 mg/l, o upės žemupyje (Kaliningrado pasienyje) kinta nuo 0,01 iki 0,87 mg/l.

5. Norint sumažinti taršą, reikėtų plėsti vandentvarkos infrastruktūrą – prijungti aplinkinių regionų gyventojus prie nuotekų tinklų, renovuoti ar pastatyti naujus valymo įrenginius miesteliuose, esančiuose greta Marijampolės, taip pat pramonės įmonės turėtų įsirengti naujus, našesnius valymo įrenginius, taip sumažinant Marijampolės miesto nuotekų valyklos apkrovą.

Literatūra

- Aplinkos apsaugos agentūra [interaktyvus]. [žiūrėta 2013 m. sausio 10 d.]. Prieiga per internetą: <http://vanduo.gamta.lt/cms/index>.
- Aplinkos apsaugos agentūros hidrocheminiai ir hidrologiniai duomenys 2000-2012. Rankraštis.
- Bagdžiūnaitė-Litvinaitienė, L.; Litvinaitis, A. 2010. Įvairių dydžių Lietuvos upių nuotėkio kaitos dėsninčiai. *Vandens ūkio inžinerija*, 36(56): 74-81.
- Dėl paviršinių vandens telkinių ekologinės būklės vertinimo tvarkos aprašo patvirtinimo. Lietuvos Respublikos aplinkos ministro įsakymas. Valstybės žinios, 2010, Nr.29-1363.
- Dėl aplinkos ministro 2006 m. gegužės 17 d. įsakymo Nr. D1-236 „Dėl nuotekų tvarkymo reglamento patvirtinimo“ pakeitimo. Lietuvos Respublikos aplinkos ministro įsakymas. Valstybės žinios, 2007, Nr.110-4522.
- Gailušis, B.; Jablonskis, J.; Kovalenkoviėnė, M. 2001. Lietuvos upės: Hidrologija ir nuotėkis. LEI. Kaunas.
- Kilkus, K.; Stonevičius, E. 2011. Lietuvos vandenų geografija. *Vadovėlis*. Vilnius, 125-127 p.
- Kyllmar, K.; Carlsson, C.; Gustafson, A.; Ulen, B.; Johnsson, H. Nutrient discharge from small agricultural catchments in Sweden. Characterisation and trends. *Agric. Ecosyst. & Envir.*, 2006, vol. 115, 15-26 p.
- Libiseller, C.; Grimvall, A. Performance of partial Mann – Kendall tests for trend detection in the presence of covariates. 2002. *Environmetrics*. Vol.13, 71-84 p.
- Lietuvos respublikos aplinkos ministro 2012 m. vasario 22 d. įsakymu Nr. D1-155 patvirtintas upių monitoringo 2012 m. planas.
- Lietuvos upės [interaktyvus]. [žiūrėta 2013 m. gruodžio 15 d.]. Prieiga per internetą: <http://www.upese.lt/index.php/upes-pagal-baseinus/sesupes-baseinas>.
- Lysovienė, J.; Gasiūnas V. 2011. Reguluotų upelių vandens savaiminis apsisvalymas nuo fosforo junginių. *Vandens ūkio inžinerija*. 39 (59):62-63.
- Maikštėnienė, S.; Arlauskienė, A. 2007. Sustainable cropping system for the sollition of enviroment protection problems. *Ekologija*. (53):88.
- Ruminaitė, R.; Šileika, A. S. 2010. Mūšos baseino upių vandens taršos fosforu analizė taikant Fyris modelį. *Vandens ūkio inžinerija*. 36 (56): 41-42.
- Šaulys, V. 2007. Vandenų apsaugos politika ir teisė. *Mokomoji knyga*. Technika. Vilnius.
- Šileika, A. S.; Gaigalis K. 2006. Fosforo kaitos Nemuno ir kai kurių jo intakų vandenyje tendencijos ir priežastys. *Vandens ūkio inžinerija*. 30 (50): 15-17.
- Vorosmatry, C. J.; McIntyre, P. B.; Gessner, M. O. and others. 2010. Global threats to human water security and river biodiversity. *Nature Journal*. 555-561 p.

POLLUTION IN MARIJAMPOLĖ TOWN INFLUENCE TO ŠEŠUPĖ RIVER HYDROCHEMICAL VALUATION

K. Bartkutė, V. Šaulys

Summary

Šešupė river hydrochemical estimation during the period of 2000-2012 has been described in this article. Differences and tendentions of BDS₇, N_b, P_b chemical concentrations there discussed.

Phosphorus compounds in Šešupė come from urban and industrial companies. Nitrogen pollution in Šešupė river come from upland (Polish border), closer to the city Marijampolė decreases, which affects the upper reaches of the increased economic activity. Phosphorus concentrations in the upper Šešupė varies little from 0.02 to 0.15 mg/l. Phosphorus pollution rises river flowing through the city Marijampolė. Sections of the river for industrial phosphorus concentration varies from 0.049 to 0.33 mg/l, while the lower reaches of the river varies from 0.01 to 0.87 mg/l.

In order to improve the quality of Šešupė river water, it is needed to reduce non-point source pollution by nitrogen compounds and phosphorus pollution concentrated not only in Marijampolė city, but also from industry around it.

Keywords: River, hydrochemical estimation, nitrogen, phosphorus.