



KAUNO TECHNOLOGIJOS UNIVERSITETAS
CHEMINĖS TECHNOLOGIJOS FAKULTETAS
APLINKOSAUGOS TECHNOLOGIJOS KATEDRA

Asta Budvytytė

**ILGALAIKĖS LIETUVOS UPIŲ VANDENS IR DUGNO
NUOSĖDŲ UŽTERŠTUMO TENDENCIJOS**

Magistro projektas

Vadovas

Doc. dr. Violeta Kaunelienė

KAUNAS, 2015

KAUNO TECHNOLOGIJOS UNIVERSITETAS
CHEMINĖS TECHNOLOGIJOS FAKULTETAS
APLINKOSAUGOS TECHNOLOGIJOS KATEDRA

**ILGALAIKĖS LIETUVOS UPIŲ VANDENS IR DUGNO
NUOSĖDŲ UŽTERŠTUMO TENDENCIJOS**

Magistro projektas

Aplinkos inžinerijos magistras (kodas 612H17001)

Vadovas

Doc. dr. Violeta Kaunelienė

Recenzentas

Doc. dr. Dainius Martuzevičius

Projektą atliko

Asta Budvytytė

KAUNAS, 2015

Budvytytė Asta. Ilgalaikės Lietuvos upių vandens ir dugno nuosėdų užterštumo tendencijos. Magistro baigiamasis projektas / vadovas doc. dr. Violeta Kaunelienė; Kauno technologijos universitetas, cheminės technologijos fakultetas, aplinkosaugos technologijos katedra.

Kaunas, 2015. 76 psl.

SANTRAUKA

Teršalų ilgalaikių tendencijų analizė plačiai naudojama priemonė siekiant nustatyti antropogeninės veiklos poveikį, taikomų aplinkosauginių priemonių efektyvumą ar stebint klimato kaitos pokyčius. Ilgalaikių tendencijų analizės atlikimas nėra lengvas uždavinys, kadangi jis reikalauja didelių duomenų masyvo apdorojimo, kaip ir labai svarbaus aspekto – tinkamai pasirinkto statistinio metodo. Šiame darbe teršalų tendencijų nustatymui buvo taikomi Mann-Kendall tendencijų testo ir Dėžės-ūso (angl. Box-and-Whisker) grafiko metodai. Mann-Kendall testas yra statistinis (matematinis) metodas, o Dėžės-ūso grafikas – tiriamosios duomenų analizės (vizualinis) metodas, abu šie – neparametriniai metodai. Nemunas buvo pasirinktas kaip reprezentatyvi upė, atliekant statistinę Lietuvos upių užterštumo tendencijų analizę. Nemunas yra ilgiausias, su didžiausiu debitu, o jo baseinas užima 72 % šalies teritorijos. Pagal gautus rezultatus, vario, chromo, nikelio, BDS7, amonio azoto ir bendro azoto koncentracijos turi tendenciją mažėti, o ChDS – didėti. Cinko, švino, nitritų azoto, nitratų azoto ir bendro fosforo koncentracijos neturi tendencijų. Didžiausios koncentracijos buvo nustatytos esančios monitoringo vietoje žemiau Kauno. Tuo tarpu žemiausios koncentracijos nustatytos esančios ties Kulautuva.

SUMMARY

The long-term trend analysis of pollutants is widely applied as an important tool to determine anthropogenic influence, the effectiveness of implemented environmental measures or observation of climate change. Analysis of long-term trend is not an easy task, as it contains of long range of dataset and most important – implementing the right kind of statistical method. In this report Mann-Kendall trend test and Box-and-Whisker plot methods were applied in order to evaluate trends of nutrients and heavy metals. Mann-Kendall test represents non-parametrical statistical method whereas Box-and-Whisker plot refers as Exploratory Data Analysis method. River Nemunas – the longest and with highest flow rate – was chosen as a representative river in Lithuania performing statistical pollution trend analysis. Concentrations of Cu, Cr, Ni, BOD, ammonium nitrogen and total nitrogen have the trend to decrease, whereas concentration of COD increase. Meanwhile concentrations of Zn, Pb, NO_x-nitrogen and total phosphorus does not have significant trends. The highest levels of concentration were detected to be below Kaunas town. Meanwhile the lowest levels of concentration are near Kulautuva.

Turinys

Ivadas	8
Tikslas ir uždaviniai	9
1. Literatūros apžvalga	10
1.1. Vandens kokybė	10
1.1.1. Ilgalaikių teršalų tendencijų analizės kitose šalyse	11
1.1.2. Sunkieji metalai vandenyje ir dugno nuosėdose.....	12
1.1.3. Analitinių tyrimų metodika	13
1.1.4. Teršalų emisijos ir išleidimai į aplinką.....	15
1.2. Hidrocheminių duomenų analizė	15
1.2.1. Duomenų pasiskirstymas.....	17
1.3. Parametriniai tendencijų metodai	18
1.3.1. t-testas.....	18
1.3.2. Linijinė regresija.....	18
1.4. Neparamestriniai tendencijų metodai	19
1.4.1. Mann-Kendall testas.....	19
1.4.2. Sen nuolydžio įvertis	20
1.4.3. Box-and-whisker grafikas	20
1.5. Parametrinių ir neparamestrinių tendencijų metodų palyginimas	21
2. Metodika	22
3. Rezultatai	26
3.1. Duomenų pasiskirstymo testas	26
3.3. Mann-Kendall ir Sen nuolydžio įverčio testai	28
3.4. Tendencijų analizė pagal box-and-whisker grafikus 1992 – 2014 m. laikotarpiu	32
3.5. Tendencijų analizė pagal box-and-whisker grafikus Nemune	46
Išvados	63
Literatūros sąrašas	64
Priedai	67
Priedas 1. Teršalų išleidimai su nuotekomis 2002-2012 m. laikotarpiu	67
Priedas 2. Teršalų koncentracijų tendencijos atskirose Nemuno monitoringo vietose	70

Paveikslų turinys

1 pav. Teršalų monitoringo vietos Nemune ir Kauno mariose 1992-2014 m. laikotarpiu	23
2 pav. Vario koncentracijų kaita 1992-2014 m. Nemune.....	32
3 pav. Cinko koncentracijų kaita 1992-2014 m. Nemune.....	33
4 pav. Chromo koncentracijų kaita 1992-2014 m. Nemune.....	34
5 pav. Nikelio koncentracijų kaita 1992-2014 m. Nemune.....	35
6 pav. Kadmio koncentracijų kaita 1992-2014 m. Nemune.....	36
7 pav. Švino koncentracijų kaita 1992-2014 m. Nemune.....	37
8 pav. BDS7 koncentracijų kaita 1992-2014 m. Nemune.....	38
9 pav. ChDS koncentracijų kaita 1992-2014 m. Nemune.....	39
10 pav. Amonio azoto koncentracijų kaita 1992-2014 m. Nemune.....	40
11 pav. Nitratų azoto koncentracijų kaita 1992-2014 m. Nemune.....	41
12 pav. Nitritų azoto koncentracijų kaita 1992-2014 m. Nemune.....	42
13 pav. Bendro azoto koncentracijų kaita 1992-2014 m. Nemune.....	43
14 pav. Bendro azoto koncentracijų kaita 1992-2014 m. Nemune.....	44
15 pav. Bendro fosforo koncentracijų kaita 1992-2014 m. Nemune.....	45
16 pav. Vario vidutinių metinių 1992-2014 m. laikotarpio koncentracijų kaita vandenyje ir dugno nuosėdose Nemune.....	46
17 pav. Cinko vidutinių metinių 1992-2014 m. laikotarpio koncentracijų kaita vandenyje ir dugno nuosėdose Nemune.....	47
18 pav. Chromo vidutinių metinių 1992-2014 m. laikotarpio koncentracijų kaita vandenyje ir dugno nuosėdose Nemune.....	48
19 pav. Nikelio vidutinių metinių 1992-2014 m. laikotarpio koncentracijų kaita vandenyje ir dugno nuosėdose Nemune.....	50
20 pav. Kadmio vidutinių metinių 1992-2014 m. laikotarpio koncentracijų kaita vandenyje ir dugno nuosėdose Nemune.....	51
21 pav. Švino vidutinių metinių 1992-2014 m. laikotarpio koncentracijų kaita vandenyje ir dugno nuosėdose Nemune.....	52
22 pav. BDS7 vidutinių metinių 1992-2014 m. laikotarpio koncentracijų kaita Nemune.....	53
23 pav. ChDS vidutinių metinių 1992-2014 m. laikotarpio koncentracijų kaita Nemune.....	54
24 pav. Amonio azoto vidutinių metinių 1992-2014 m. laikotarpio koncentracijų kaita Nemune.....	55
25 pav. Nitratų azoto vidutinių metinių 1992-2014 m. laikotarpio koncentracijų kaita Nemune.....	56
26 pav. Nitritų azoto vidutinių metinių 1992-2014 m. laikotarpio koncentracijų kaita Nemune.....	57
27 pav. Bendro azoto vidutinių metinių 1992-2014 m. laikotarpio koncentracijų kaita Nemune.....	58
28 pav. Fosfatų fosforo vidutinių metinių 1992-2014 m. laikotarpio koncentracijų kaita Nemune.....	59
29 pav. Bendro fosforo vidutinių metinių 1992-2014 m. laikotarpio koncentracijų kaita Nemune.....	60
30 pav. Monitoringo vietos žemiau Kauno ir ties Kulautuva.....	62

Lentelių turinys

Lentelė 1. Medžiagų analitiniai metodai ir nustatymo ribos vandenyje.....	13
Lentelė 2. Medžiagų analitiniai metodai ir nustatymo ribos dugno nuosėdose.....	14
Lentelė 3. Sunkiųjų metalų ir NO ₂ metinės koncentracijos Kaune	15
Lentelė 4. Parametrinių ir neparametrinių duomenų analizavimo palyginimas	16
Lentelė 5. Parametrinių ir neparametrinių metodų palyginimas	21
Lentelė 6. Pavojingų medžiagų monitoringo duomenų laikotarpiai Nemune	23
Lentelė 7. Pavojingų medžiagų monitoringo duomenų laikotarpiai Nemune	24
Lentelė 8. Shapiro-Wilk testo rezultatai pagal atskiras Nemuno monitoringo vietas	27
Lentelė 9. Nemune aukščiau Druskininkų tendencijos	29
Lentelė 10. Sezoniškumo tendencijos Nemune pagal atskiras monitoringo vietas. „Nėra“ – tendencijų nėra, „-“ – tendencijos mažėjančios, „+“ – tendencijos didėjančios.	30
Lentelė 11. Tendencijos pagal Mann-Kendall testą ir regresinės linijos testus visų analizuojamų medžiagų Nemune.	31
Lentelė 12. Vario tendencijos Nemune pagal Mann-Kendall testą.....	46
Lentelė 13. Cinko tendencijos Nemune pagal Mann-Kendall testą	48
Lentelė 14. Chromo tendencijos Nemune pagal Mann-Kendall testą.....	49
Lentelė 15. Nikelio tendencijos Nemune pagal Mann-Kendall testą	50
Lentelė 16. Kadmio tendencijos Nemune pagal Mann-Kendall testą	51
Lentelė 17. Švino tendencijos Nemune pagal Mann-Kendall testą.....	52
Lentelė 18. BDS7 tendencijos Nemune pagal Mann-Kendall testą	53
Lentelė 19. ChDS tendencijos Nemune pagal Mann-Kendall testą	54
Lentelė 20. Amonio azoto tendencijos Nemune pagal Mann-Kendall testą	55
Lentelė 21. Nitratų azoto tendencijos Nemune pagal Mann-Kendall testą	56
Lentelė 22. Nitritų azoto tendencijos Nemune pagal Mann-Kendall testą.....	57
Lentelė 23. Bendro azoto tendencijos Nemune pagal Mann-Kendall testą.....	58
Lentelė 24. Fosfatų fosforo tendencijos Nemune pagal Mann-Kendall testą.....	59
Lentelė 25. Bendro fosforo tendencijos Nemune pagal Mann-Kendall testą.....	60

Ivadas

Ilgalaikių tendencijų analizės yra plačiai taikomos daugelyje šalių stebėti aplinkos pokyčius, antropogeninių taršos šaltinių poveikį, taikomų priemonių taršai sumažinti efektyvumui tikrinti ar klimato kaitos pokyčiams stebėti. Ilgalaikių tendencijų analizė pasižymi tuo, kad apima dideli laikotarpį, kurio metu galima stebėti pokyčius, juos asocijuoti su vykusiais pakitimais gamtoje, politikoje, pramonės veiklos pokyčiuose ar socialiniuose lygmenyse.

Bendroji vandenų politikos direktyva (BVPD 2000/60/EB) nurodo, kad visos Europos Sąjungos šalys yra įpareigosios atlikti nuolatinis pavojingų medžiagų bei kitų cheminių medžiagų (maistmedžiagų) stebėjimus (monitoringą) paviršiniuose vandenyse – vidaus, tarpiniuose ir priekrantės. BVPD taip pat įpareigoja šalis vykdyti tokią vandenų politiką ir imtis tokių veiksmų, kad teršalų vandenyse nedidėtų, koncentracijos mažėtų, o pačių pavojingiausių – pavojingų prioritetinių medžiagų – visai nebebūtų išleidžiama (iki 2020 m.). Pavojingų medžiagų monitoringas turi būti vykdomas ne tik vandens terpėje, tačiau ir dugno nuosėdose, o nuo 2016 m. ir biotoje (žuvyse, moliuskuose, vėžiagyviuose). Tokiu būdu siekiama apsaugoti gyvūnus ir žmones nuo netiesioginio pavojingų medžiagų (teršalų) poveikio ir antrinio apsinuodijimo. Kiekviena šalis nacionaliniu lygmeniu atlieka stebėjimus specifiniams teršalams, aktualiems tai šaliai. Lietuvoje į šį specifinių medžiagų sąrašą patenka šie sunkieji metalai – varis, chromas, cinkas, aliuminis, alavas, arsenas ir vanadis.

Lietuvoje paviršiniuose vandenyse pavojingų medžiagų bei kitų cheminių elementų (maistmedžiagų) tyrimų rezultatų upėse yra sukaupta elektroninėje formoje nuo 1992 m. iki dabar. Nuoseklus pavojingų medžiagų (ypač sunkiųjų metalų ir pesticidų) ir kitų medžiagų monitoringas upėse buvo vykdomas ne tik vandens terpėje, bet ir dugno nuosėdose.

Didžiausia Lietuvos upė – Nemunas, Lietuvos teritorijoje tekanti 475 km (pirmus 462 km teka Baltarusijoje), o Nemuno upių baseino rajonas užima 72 % Lietuvos teritorijos. Nemuno vandens kokybė turi didelę įtaką Kuršių marių vandenims, kurie vėliau maišosi su Baltijos jūra. Atsižvelgiant į tai, ilgalaikių teršalų tendencijų analizė buvo atliekama būtent Nemuno upėje, kaip labiausiai reprezentuojančią ir atspindinčią teršalų pokytį paviršiniuose vandenyse.

Šiame tiriamajame darbe buvo atlikta 9 pagrindinių Nemuno monitoringo vietų Lietuvoje nuo Druskininkų iki Skirvytės (vienos iš Nemuno deltos atšakų) teršalų tendencijų analizė naudojant Mann-Kendall tendencijų testą (statistinis arba kitaip – matematinis metodas) bei Box-and-whisker (dėžės ir ūso; tiriamoji duomenų analizė arba kitaip – grafinis metodas)

metodus. Šie metodai yra priskiriami prie neparametrinių analizės metodų. Statistinių analizės metodų naudojimo atvejai aptariami remiantis duomenų analize, pateikti palyginimai ir rekomendacijos.

Šiame tiriamajame darbe buvo analizuojami 1992-2014 m. laikotarpio šie Nemuno vandens aplinkos kokybės elementai: biocheminis deguonies suvartojimas per 7 dienas (BDS7), cheminis deguonies suvartojimas (ChDS), amonio azotas ($\text{NH}_4\text{-N}$), nitritų azotas ($\text{NO}_2\text{-N}$), nitratų azotas ($\text{NO}_3\text{-N}$), bendras azotas (N_b), fosfatų fosforas ($\text{PO}_4\text{-P}$), bendras fosforas (P_b), sunkieji metalai (varis, chromas, cinkas, švinas, nikelis, kadmis, gyvsidabris, alavas, aliuminis, vanadis, arsenas), lakūs organiniai junginiai, policikliniai aromatiniai angliavandeniliai, ftalatai, fenoliai, pesticidai bei organiniai alavo junginiai. Visų šių cheminių kokybės elementų duomenų analizė buvo atlikta pagal Valstybinio upių monitoringo duomenis. Monitoringo duomenys buvo gauti iš Aplinkos apsaugos agentūros.

Tikslas ir uždaviniai

Šio tiriamojo darbo tikslas – atlikti ilgalaikių Nemuno vandens ir dugno nuosėdų užterštumo tendencijų analizę.

Tikslui pasiekti buvo išskelti šie uždaviniai:

1. Atlikti statistinę teršalų tendencijų analizę Nemune, nustatant monitoringo vietas, kuriose atskirų medžiagų koncentracijos didėja, mažėja ar neturi kitimo tendencijų;
2. Grafiškai atvaizduoti užterštumo kitimą Nemuno vandenyje ir dugno nuosėdose laiko atžvilgiu;
3. Grafiškai atvaizduoti užterštumo kitimą Nemuno vandenyje ir dugno nuosėdose erdvės (monitoringo vietų) atžvilgiu;
4. Atlikti užterštumo pokyčių priežastingumo analizę.

1. Literatūros apžvalga

1.1. Vandens kokybė

Vandens kokybė priklauso nuo jame esančių cheminių medžiagų kiekio, fiziko-cheminių rodiklių, floros ir faunos sudėties bei hidromorfologinių sąlygų. Šie kokybės parametrai skiriasi tarp šalių ar gamtinių regionų (kelios mažos šalys gali priklausyti vienam gamtiniam regionui, o kai kurios didelės šalys apima kelis gamtinius regionus), kadangi skiriasi klimatinės sąlygos, būdingos floros ir faunos rūšys, bei antropogeninė įtaka formuojant hidromorfologines sąlygas bei išmetamus teršalus (skirtingose šalyse specifinių teršalų rūšys priklauso nuo esančios pramonės tame regione).

Pagal Bendrąją vandenų politikos direktyvą konkrečios koncentracijų ribos, kitaip vadinami aplinkos kokybės standartai, visoms Europos Sąjungos šalims yra nustatyti tik pavojingoms medžiagoms (BVPD, 2000). Šalys papildomai gali nusistatyti savus aplinkos kokybės standartus specifiniams teršalams, aktualiems jų šaliai dėl medžiagų patekimo į aplinką iš tam tikrų pramonės šakų. Kiti kokybės rodikliai, kaip maistmedžiagų, floros ir faunos sudėties ir gausos rodiklius taip pat nusistato kiekviena šalis atskirai arba kelios šalys kartu, priklausančios tam pačiam gamtiniam regionui.

Analizuojant vandens kokybę, dažnai pastebimi tam tikri vandens aplinkos pokyčiai, kurie gali priklausyti nuo natūralių gamtinių režimų ar antropogeninės veiklos. Kadangi natūralius gamtos poveikius nustatyti nėra paprasta, dažniau stebimi ir analizuojami antropogeninės veiklos padariniai. Vieni iš dažniausių antropogeninės veiklos padarinių cheminei vandens kokybei yra žemdirbystė (D. J. Ballantine ir R. J. Davies-Colley, 2014, C. Miller et al., 2014) ir urbanizacija (O. Solaun et al., 2013, C. Miller et al., 2014). Šiuo atveju intensyvus žemės naudojimas dažnai neapsieina be didelių kiekių trąšų naudojimo, kur šios patekusios į dirvą ne tik duoda naudos pasodintiems augalams, tačiau kaupiasi ir patenka į gruntinius vandenį, o iš jų į paviršinius vandenį (K. Ilijevič et al., 2012). Galiausiai maistmedžiagų koncentracijos vandenyje būna didesnės nei foninės koncentracijos (natūraliai gamtoje esančios koncentracijos) ir vienu ar kitu būdu daro įtaką vandens aplinkoje esantiems objektams. Urbanizacija, savo ruožtu vandens aplinkai neigiamą poveikį daro išleisdama į paviršinius vandenį didžiulius nuotekų kiekius, kurie visiškai nebūna išvalyti nuo visų teršalų, taip pat koncentruota transporto gausa ir pramonė, išleidžianti dideles teršalų emisijas į orą (M. Mil-Homens et al., 2014), kurie natūraliu gamtos apytakos ratu patenka į vandens aplinką.

Atliekant vandens kokybės parametrų tendencijų analizę, pasak K. Wahlin ir A. Grimvall (2008), reikia nepamiršti įvertinti galimas žmogiškojo faktoriaus klaidas padarytas vykdant monitoringą, t. y. paimant mėginius, mėginių laikymas ir transportavimas ar atliekant laboratorinę analizę. Neteisingas rezultatų interpretavimas taip pat gali įvykti priklausomai nuo to ar keitėsi analizuojamų parametrų analitiniai metodai, ar tyrimai buvo atlikti skirtingose ar vienoje laboratorijoje,

bei kaip gauti duomenys buvo įvedami į duomenų bazes (K. Wahlin ir A. Grimvall, 2008). Siekiant išvengti žmogiškojo faktoriaus klaidų, vykdant monitoringo programas ar mokslinius tyrimus, naudinga įdiegti kokybės užtikrinimo dokumentaciją nuo pat monitoringo atlikimo pradžios, t. y. nuo mėginių paėmimo, laikymo, transportavimo, analizės atlikimo, laboratorinės įrangos priežiūros ir duomenų įvedimo į duomenų bazę (K. Wahlin ir A. Grimvall, 2008). Tokiu būdu būtų galima išsiaiškinti kas atsakingas už esamas klaidas, kurios monitoringo vykdymo sritys pažeidžiamiausios, taip turint galimybę ištaisyti klaidas, patobulinti monitoringo vykdymo sistemą.

1.1.1. Ilgalaikių teršalų tendencijų analizės kitose šalyse

Šiame tiriamajame darbe buvo analizuojami ir kitose šalyse vykdytų ilgalaikių teršalų analizės, siekiant palyginti gautus rezultatus.

Naujojoje Zelandijoje atlikta vandens kokybės parametrų ilgalaikių tendencijų analizė už 1989 – 2009 m. laikotarpį parodė, kad šalyje yra didėjančios bendro fosforo, bendro azoto ir NO_x-N koncentracijų tendencijos (D. J. Ballantine ir R. J. Davies-Colley, 2014). Didėjančios sunkiųjų metalų koncentracijos buvo fiksuotos ir Portugalijoje, išskyrus švino (M. Mil-Homens et al., 2014). Pasak M. Mil-Homens et al. (2014), Portugalijoje švino koncentracijos dugno nuosėdose sumažėjimas gali būti siejamas su švino junginių naudojimu transporto kure uždraudimu. Nikelio, švino ir cinko koncentracijos didėja siauriniame ir centriniame šelfo regionuose, o tai gali būti siejama su padidėjusiu antropogeniniu poveikiu tuose regionuose (didelis urbanizacijos lygis). Latvijoje taip pat atlikta sunkiųjų metalų dugno nuosėdose analizė 1992-1997 m. laikotarpiu parodė, kad didėjančios metalų koncentracijos uvo aptiktos upių žemupyje ir tose vietose, kur daugiausia išleidžiama pramonės nuotekų į paviršinius vandenis (M. Klavinš et al., 2000).

Mažėjančios maistmedžiagių koncentracijos buvo aptiktos Anglijos ir Velso upėse, kur fosfatinio fosforo ir bendro azoto koncentracija mažėja daugelyje vietų (C. Miller et al., 2014). Šių medžiagų koncentracijų mažėjimą C. Miller et al. (2014) sieja su tose vietovėse neintensyvia žemdirbyste ir mažai apgyvendintomis vietovėmis bei didesniu nei kitus kritulių kiekiu. Japonijoje atlikus laiko-erdvės vandens kokybės elementų tendencijų analizę 1992-2005 m. laikotarpiu buvo nustatyta, kad didžiojoje dalyje upių BDS7, ChDS, bendros azoto ir fosforo koncentracijos turi tendenciją mažėti (P. Luo et al., 2011). Švedijoje P. Stalnacke et al. (1998) atlikta azoto koncentracijų tendencijų analizė parodė, kad daugelyje upių vietų azoto koncentracijos yra stabilios. Tuo tarpu O. Solaun et al. (2011) analizavo Ispanijoje metalų koncentracijų tendencijas biotoje 1990-2010 m. laikotarpiu, ir nustatė, kad tendencijos yra mažėjančios. Mažėjančios tendencijos buvo siejamos su naujais patobulintais įdiegtais valymo įrenginiais.

1.1.2. Sunkieji metalai vandenyje ir dugno nuosėdose

Sunkieji metalai vandenyje būna ištirpusioje formoje (pvz. laisvi Cu, Pb jonai, kompleksiniai neorganiniai jonai CdCl, neorganinių jonų poros $[\text{Cu}_2(\text{OH})_2 \cdot \text{Fe}_2(\text{OH})_2 \cdot \text{Pb}(\text{CO}_3)]$, koloidų arba dalelių ($\text{Fe}(\text{OH})_3$, $\text{Cr}(\text{OH})_3$, CdS, PbS, HgS,). Sunkieji metalai vandenyje kaupiasi skirtingomis koncentracijomis. N. A. Akbulut ir A. M. Tuncer (2011) nustatė tokį metalų koncentracijų vandenyje pasiskirstymą: Al>As>Ni>Cd, o M. Ebrahimpour ir I. Mushrifah (2008) gavo tokius rezultatus: Pb>Cu>Cd. Dugno nuosėdose N. A. Akbulut ir A. M. Tuncer (2011) nustatė tokį metalų koncentracijų pasiskirstymą: Al>Ni>As>Cd, o Y. W. Baek ir Y. J. An, (2010) – Zn>Cu>Cr>Ni.

Metalų tirpumas vandenyje priklauso nuo pH, oksidacijos būsenos ir oksidacijos-redukcijos (2). Apie metalų tirpumo vandenyje priklausomybę nuo pH, ištirpusio deguonies ir vandens kietumo aprašo ir N. Barlas (1999). Morel ir kt. (1973, cituota S. K. Agarwal, 2009) teigia, kad dauguma metalų vandenyje būna ištirpusioj formoj prie žemų pH ir ypatingai tirpumas didėja aerobinėse sąlygose. Didėjant pH, susiformuoja metalų karbonatai, oksidai ir hidroksidai, silikatai kurie nusėdai kaip netirpios dalelės.

Pasak Landrum ir Robins (1990, cituota J. Robles-Molina ir kt., 2014), didžioji dalis pavojingų medžiagų, įskaitant sunkiuosius metalus, patekusių į vandens aplinką vėliau pereina į nuosėdas, o pasikeitus sąlygomis, iš nuosėdų gali būti išlaisvinamos atgal į vandenį ar patekti į biotą. Forstner (1989, cituota F. Kucuksezgin ir kt., 2008) taip pat aiškina, kad keičiantis vandens fizikinėms-cheminėms sąlygoms sunkieji metalai gali išsiskirti atgal į vandenį remobilizacijos proceso metu. Tokiu būdu dugno nuosėdos atlieka ne tik pernešėjo, bet ir galimo taršos šaltinio vaidmenį.

Sunkiųjų metalų kaupimasis dugno nuosėdose ir jų biologiškas padidėjimą maisto grandinėje yra ištirtas nemažai mokslininkų (N. A. Akbulut ir A. M. Tuncer, 2011, Y. J. An ir D. H. Kampbell, 2003, Y. W. Baek ir Y. J. An, 2010).

Sunkiųjų metalų tyrimai nuosėdose laikomi reprezentatyvesniais nei metalų koncentracijų nustatymas vandenyje, kadangi, pasak K. Kohušova ir kt. (2011), jie nepriklauso nuo hidrologinių sąlygų ar atsitiktinių kintamųjų vandens aplinkoje. Kita vertus, sunkiųjų metalų (vanadžio, gyvsidabrio ir dalinai arseno, kadmio ir cinko) koncentracijos nuosėdose priklauso nuo sezono, t. y. vasaros metu, kai augimas yra didžiausias, koncentracijos būna mažesnės nei žiemos metu (K. Kohušova ir kt. 2011). Tikėtina, kad tai nulemia teršalų akumuliacija makrofitų (vandens augalų) biomasėje, taip pat fizikinė filtracija ir sulaikymas

(angl. entrapment). Tuo tarpu Z. B. Salem ir kt. (2014) atlikti tyrimai paantrina sunkiųjų metalų koncentracijų vandenyje ir dugno nuosėdose sezoniškumo teorijai, nustatydami, kad vasaros metu metalų koncentracija didesnė yra vandenyje, o nuosėdose metalų koncentracija, išskyrus švino, didžiausia aptikta rudenį.

Tuo tarpu kai kurie mokslininkai (P. K. Rai, 2009) mano, kad teršalų stebėjimas biotoje yra dar labiau reprezentatyvesnis nei tyrimai dugno nuosėdose, teigdami, kad teršalų kiekiai biotoje parodo tikrąjį užterštumo lygį. Sunkiųjų metalų bioakumuliaciją riebaliniuose žuvų ir kitų vandens gyvūnų audiniuose, kurie vėliau per maistą koncentruojasi aukštesnėse maisto grandinėse, pagrindė ne vienas mokslininkas (J. Robles-Molina ir kt., 2014, G. M. Naja ir B. Volesky, 2005).

1.1.3. Analitinių tyrimų metodika

Žemiau esančioje 3 lentelėje pateiktas sąrašas sunkiųjų metalų ir maistmedžiagių tyrimų metodai ir jų nustatymo ribos vandenyje už 2006-2014 m. laikotarpį. Ankstesnių metų tyrimų metodai nėra žinomi (neišsaugoti elektroninėje ir popierinėje formoje).

Lentelė 1. Medžiagų analitiniai metodai ir nustatymo ribos vandenyje

	Metodas		2006	2007	2008	2009	2010	2011	2012	2013	2014
			Nustatymo riba								
Hg	ISO 17852:2008	µg/l	0.03	0.015	0.01	0.02	0.02	0.02	0.02	0.02	0.02
Cd	ISO 15586:2004	µg/l	0.05	0.05	0.05	0.05	0.05	0.07	0.1	0.1	0.1
Pb	ISO 15586:2004	µg/l	1	1	1	1	1	1	1	1	1
Ni	ISO 15586:2004	µg/l	1	1	1	1	1	1	1	1	1
Cr	ISO 15586:2004	µg/l	0.5	0.5	0.5	0.5	0.5	0.5	0.5	0.5	0.5
Cu	ISO 15586:2004	µg/l	0.5	0.5	0.5	0.5	0.5	0.5	0.5	0.5	0.5
Sn	SVP 1-1-18:2011	µg/l	nėra	nėra	nėra	2	2	5	5.	5	5
Zn	ISO 11885:2009	µg/l	0.5	0.5	0.5	0.5	0.5	0.5	5.	5	5
V	ISO 17294-2:2004	µg/l	5	5	5	5	5	5	5.	0.1	0.1
Al	ISO 11885:2009	µg/l	100	100	100	100	40	60	50	50	50
As	ISO 15586:2004	µg/l	1	1	1	1	1	2	2	2	2
BDS7	ISO 5815-2:2003	mgO 2/l	0.4	0.27	0.4	0.27	0.36	0.25			

	Metodas		2006	2007	2008	2009	2010	2011	2012	2013	2014
			Nustatymo riba								
ChDS	/1/	mgO 2/1	2	1.2	2	1.2	1.85	1.14			
NH4-N	ISO 11732:2005	mg/l	0.01	0.006	0.004	0.002	0.004	0.002			
NO2-N	ISO 13395:2000	mg/l	0.005	0.003	0.005	0.003	0.001	0.001			
NO3-N	ISO 13395:2000	mg/l	0.005	0.003	0.005	0.003	0.001	0.001			
Nb	ISO 11905- 1:2000	mg/l	0.18	0.14	0.18	0.14	0.174	0.133			
PO4-P	ISO 6878:2004	mg/l	0.003	0.002	0.003	0.002	0.003	0.002			
Pb	ISO 6878:2004	mg/l	0.012	0.007	0.012	0.007	0.012	0.007			

Žemiau esančioje ir 4 lentelėje pateiktas sąrašas sunkiųjų metalų tyrimų metodai ir jų nustatymo ribos dugno nuosėdose už 2006-2014 m. laikotarpį. Ankstesnių metų tyrimų metodai nėra žinomi (neišsaugoti elektroninėje ir popierinėje formoje).

Lentelė 2. Medžiagų analitiniai metodai ir nustatymo ribos dugno nuosėdose

	Metodas	2006	2007	2008	2009	2010	2011	2012	2013
		Nustatymo riba, mg/l							
Cd	ISO 15586:2004	0.005	0.005	0.005	0.005	0.005	0.007	0.01	0.01
Hg	ISO 16772:2004	0.02	0.02	0.02	0.05	0.05	0.05	0.05	0.05
Pb	ISO 15586:2004	0.1	0.1	0.1	0.1	0.1	0.1	0.1	0.1
Ni	ISO 15586:2004	0.1	0.1	0.1	0.1	0.1	0.1	0.1	0.2
Cr	ISO 15586:2004	0.05	0.05	0.05	0.05	0.05	0.05	0.05	0.2
Cu	ISO 15586:2004	0.05	0.05	0.05	0.05	0.05	0.08	0.08	0.08
Sn	SVP 1-2- 10:2009	10	10	10	10	10	10	10	0.5
Zn	ISO 15586:2004	0.5	0.5	0.5	0.5	0.5	1.5	0.5	
V	ISO 15586:2004	0.5	0.5	0.5	0.5	0.5	0.5	0.5	0.01
Al	SVP 1-2- 10:2009	10	10	10	10	4	6	5	5
As	SVP 1-2- 10:2009	0.1	0.1	0.1	0.1	0.1	0.2	0.2	0.2

1.1.4. Teršalų emisijos ir išleidimai į aplinką

Žemiau esančioje 5 lentelėje pateikiami sunkiųjų metalų ir NO₂ metinių koncentracijų rodmenys Kauno mieste. Kauno miestas išskirtas todėl, kad tai vienintelis miestas esantis šalia Nemuno, kuriame atliekamas pastovus oro kokybės monitoringas.

Lentelė 3. Sunkiųjų metalų ir NO₂ metinės koncentracijos Kaune

Kaunas	Sunkieji metalai				NO ₂ , µg/m ³
	Pb, µg/m ³	As, ng/m ³	Ni, ng/m ³	Cd, ng/m ³	
	Ribinė vertė	Siektina vertė			Vidutinė koncentracija
	0,5	6	20	5	40
2014 m.	0,005	0,19	0,23	0,11	22
2013 m.	0,004	0,19	0,67	0,12	24
2012 m.	0,004	0,25	0,59	0,11	23
2011 m.	0,006	0,22	0,49	0,14	23
2010 m.	0,006	0,28	0,92	0,2	23
2009 m.	0,009	0,2	0,8	0,14	24
2008 m.	0,052	0,3	1,5	0,4	25
2007 m.	0,031	0,3	1,3	1,6	32
2006 m.	0,024	netirta	netirta	netirta	33
2005 m.	0,004	netirta	netirta	netirta	21
2004 m.	0,002	netirta	netirta	netirta	31

Šaltinis: Aplinkos apsaugos agentūra

Teršalų (sunkiųjų metalų ir maistmedžiagių) išleidimai su nuotekomis yra pateikti Priede 1.

1.2. Hidrocheminių duomenų analizė

Tinkamos metodikos hidrocheminių duomenų ilgalaikių tendencijų aptikimui pasirinkimo procedūra yra labai sudėtinga. Pradedant nuo to, kad problemos gali kilti pasirenkant monitoringo mėginių ėmimo strategiją, mėginiai imami nereguliariai, mėginių paėmimo metodika netinkama, laboratorijos įrangos funkcionavimo sutrikimai gali pasitaikyti ar apdoroti duomenys gali būti klaidingi ar dingti, ar tiesiog parenkamas neteisingas duomenų

analizės metodas (C.E. M. Lloyd et al. 2014). Šiame darbe atliekamas surinktų duomenų tendencijų analizė, todėl aktualu aptarti pasirinktus ilgalaikių tendencijų analizės metodus.

Ilgalaikių tendencijų identifikavimui gali būti naudojami dvejo pobūdžio studijos: tiriamoji duomenų analizė (angl. Exploratory Data Analysis) ir matematinių metodų taikymas (A. Anghileri ir kt., 2014). A. Anghileri ir kt. (2014) dėsto, jog tiriamoji duomenų analizė (TDA) gali būti bet kokia duomenų analizės technika neapimanti statistinių metodų, kuri dažniausiai būna atvaizduota grafiškai (grafikai su laiko eilutėmis ar sklaida). TDA naudojama siekiant geriau suprasti prieinamus duomenis ir pagrindinius procesus. Tuo tarpu matematiniai metodai apima statistinius testus tendencijų aptikimui. Tam dažnai naudojami Mann-Kendall testas, Spearman testas ar regresijos metodai tendencijų dydžio apskaičiavimui (pvz. linijinė regresija). Naudoti šiais dviem modeliais būtų naudinga, kadangi jie vienas kitą papildo: TDA padeda pasirinkti tinkamus statistinius įrankius ir metodus, o statistiniai testai geba patvirtinti tendencijas, kurios prieš tai buvo aptiktos vizualiai (A. Anghileri ir kt., 2014).

Žemiau esančioje 1 lentelėje yra pateikiama apibendrinta informacija apie parametrinių ir neparametrinių duomenų charakteristikas, pagal kurias

Lentelė 4. Parametrinių ir neparametrinių duomenų analizavimo palyginimas

	Parametriniai	Neparametriniai
Pasiskirstymas	Normalus	Nenormalus
Variacija	Homogeniška	Nehomogeniška
Duomenys	Santykis ar intervalas	Eilinis ar nominalus
Duomenų santykis	Nepriklausomi	Bet koks
Centrinis matavimas	Vidurkis	mediana
Privalumai	Galima daugiau ir plačiau aprašyti, analizuoti	Paprastumas, mažiau įtakojamas pašalinių duomenų
Testas	Parametrinis	Neparametrinis
Koreliacijos testas	Pearson	Spearman
Nepriklausomos priemonės, 2 grupės	t-testas	Mann-Kendall testas
Nepriklausomos priemonės daugiau nei 2 grupės	ANOVA	Kruskal-Wallis testas
Pasikartojančios priemonės, 2 sąlygos	Suderintos poros t-testas	Wilcoxon testas

Pasikartojančios poros, daugiau nei 2 sąlygos	ANOVA	Friedman testas
--	-------	-----------------

Tinkamo metodo parinkimas yra labai svarbus veiksnys ilgalaikių tendencijų analizei atlikti. Taip pat reikia atkreipti dėmesį į kintamuosius duomenis, kurių aplinkosaugoje neretai pasitaiko.

Hidrologinių duomenų tendencijų analizė atliekama statistiniais metodais. Šių testų privalumas yra tas, kad gali atmesti nulinę hipotezę, kai ši yra klaidinga (B. Onoz, M. Bayazit, 2003). Visi statistiniai testai apima dviejų rūšių klaidas. Šių rūšių klaidos yra taip vadinamos I rūšies klaida (atmetanti nulinę hipotezę kai tai yra tiesa) ir antros rūšies klaida (neatmeti nulinės hipotezės kai tai yra netiesa). Nulinė hipotezė sako, kad nėra tendencijos, o alternatyvi hipotezė sako, kad yra tendencija.

1.2.1. Duomenų pasiskirstymas

Prieš pasirenkant statistinį tendencijų analizės metodą, reikia išsiaiškinti ar esami duomenys yra normaliai ar nenormaliai pasiskirstę, staigius pokyčius, ciklus, pašaliniai/ekstremalūs duomenys, verčių nebuvimą, serijines koreliacijas.

Norint patikrinti ar duomenys normaliai pasiskirstę (parametriniai duomenys), galima nubraižyti histogramą arba atlikti normalumo pasiskirstymo testą, kaip kad Shapiro-Wilk testą, Student testą ir kt.

Shapiro-Wilk testas naudojamas patikrinti hipotezę ar duomenys yra normaliai pasiskirstę ar nenormaliai. Vėliau pagal gautus rezultatus yra pritaikomi tendencijų nustatymo testai (parametriniams ir neparametriniams duomenims). Shapiro-Wilk testu yra nustatoma nulinė hipotezė (H_0), kuri pasako, kad duomenys yra pasiskirstę normaliai, tuo tarpu nustatyta alternatyvi hipotezė (H_a) pasako, kad duomenys pasiskirstę nenormaliai. Testas atmeta normaliai pasiskirsčiusių duomenų hipotezę, kai gaunama p-vertė yra mažesnė už 0,05. Jeigu p-vertė yra didesnė už 0,05, gali būti daroma prielaida, kad duomenys yra pasiskirstę normaliai (neatmetama nulinė hipotezė).

Shapiro-Wilk hipotezės:

H_0 : Normalus pasiskirstymas ($p > 0,05$)

H_a : Nenormalus pasiskirstymas ($p < 0,05$)

Pavyzdžiui, jeigu p-vertė yra 0,0003 (mažiau už p-vertę 0,05), todėl nulinė hipotezė (H_0) yra atmetama ir priimama alternatyvi hipotezė (H_a), kur duomenys pasiskirstę nenormaliai.

1.3. Parametriniai tendencijų metodai

Parametriniai testai atliekami esant normaliam duomenų pasiskirstymui. Jie apima parametrų regresiją laike ar erdvėj (pvz. upės kilometrus). Linijinės regresijos metodu nubrėžiama linija, esanti kuo arčiau visų esamų duomenų.

1.3.1. t-testas

Aplinkosauginiai duomenys gali būti apdorojami parametriniais metodais, tokiais kaip t - testu arba linijinės regresijos metodu. Taikant t-testą yra daroma prielaida, kad analizuojami duomenys ir tendencijos yra normaliai pasiskirstę. Ši metodika leidžia įvertinti sezoninius laiko-erdvės ilgalaikius pokyčius. Z. B. Salem ir kt. (2014) naudojo šį metodą įvertinti metalų koncentracijos poveikį vandeniui ir nuosėdoms per metalų koncentracijas žuvų organuose, o K. Ilijevič ir kt. (2012) pasinaudojo šiuo metodu įvertinti fizikinius-cheminius parametrus vandenyje.

1.3.2. Linijinė regresija

Vienas iš linijinės regresijos modelio panaudojimo pavyzdžių yra K. Kohušovos ir kt. (2011) atlikti sunkiųjų metalų vandenyje ir dugno nuosėdose koncentracijų tyrimai Čekijos Respublikoje ir F. Kucuksezgin ir kt. (2008) Turkijoje. K. Kohušovos ir kt. (2011) tyrimas parodė, kad koncentracijų linijinės regresijos ryšys yra tarp kietos frakcijos (nuosėdų ir biofilmų) ir vandens, nors stipresnis linijinis regresinis ryšys stebėtas tarp nuosėdų ir biofilmų. Ne tokia ryški linijinė regresija tarp nuosėdų ir vandens aiškinama didesniais kintamaisiais, tokiais kaip hidrologinės sąlygos ir trumpalaikiais teršalų koncentracijų svyravimu.

Labai dažnai naudojamas įprastas linijinis regresijos testas, tačiau jis dažnai gali būti apgaulingas ar netikslus. Tvirtesnis, neparametrinis testas, gali būti naudojamas Kendall testas. Jeigu nerandama tendencijos, vadinasi turimų duomenų nepakanka aptikti tendencijas.

1.4. Neparametriniai tendencijų metodai

1.4.1. Mann-Kendall testas

Vienas iš dažniausiai naudojamų neparametrinių statistinių metodų ilgalaikių tendencijų analizėms yra Mann-Kendall testas.

Šis metodas dažnai naudojamas įvertinti tendencijų reikšmingumą hidrometeorologiniuose duomenyse, tokiuose kaip vandens kokybės elementų, metalų, kritulių kiekis, vandens lygis, temperatūra, tėkmės greitis (*M. G. Abdullahi et al., 2015*). Metodas naudingas tuo, kad nedaro prielaidos testuojamiems duomenims.

Mann-Kendall tendencijų testas naudojamas patikrinti hipotezę ar yra tendencija ar nėra. Šiuo atveju nulinė hipotezė (H_0) pasako, kad duomenys turi tendenciją (duomenys yra iš duomenų sekos, kur atsitiktiniai kintamieji yra nepriklausomi ir identišškai pasiskirstę), tuo tarpu alternatyvi hipotezė (H_a) pasako, kad tendencijos nėra (duomenys pasiskirstę monotoniškai laike). Mann-Kendall testo rezultate yra gaunama p-vertė, kuri, jeigu yra daugiau už 0,05, priima hipotezę, teigiančią, kad tendencijos nėra, o jeigu mažiau nei 0,05, tuomet priimama alternatyvi hipotezė ir daroma prielaida, kad tendencija yra.

Mann-Kendall hipotezės:

H_0 : nėra tendencijos ($p > 0,05$)

H_a : yra tendencija ($p < 0,05$)

Pavyzdžiui, jeigu p-vertė yra 0,0006, tai yra mažiau už 0,05, todėl nulinė hipotezė (H_0) atmetama ir priimama alternatyvi hipotezė (H_a), kuri reiškia, kad yra tendencija duomenų eilutėse. Rizika atmesti nulinę hipotezę yra 0,06 %. Priimta, kad 5 % yra ta vertė ($p = 0,05$), kur atmetimo rizika per didelė ir priimama alternatyvi hipotezė.

Mann-Kendall testas gali būti pritaikomas visuminės organinės anglies ir vandens spalvos (I. Kokorite ir kt., 2012), azoto transportavimui (P. Stalnacke ir kt., 1999), metalų biotoje (O. Solaun ir kt., 2013) ar vandens kokybės elementų (B. Odemis ir kt., 2010) ilgalaikių tendencijų analizės nustatymui, kadangi šiuo testu gali būti apdorojami neparametriniai duomenys, esantys su nenormaliu pasiskirstymu, sezoniniais kitimais, „dingusiomis“ ar „pašalinėmis“ vertėmis. Kitais žodžiais sakant, Mann-Kendall testas padeda atskleisti linijinius laikinus kintamųjų skirtumas tam tikru laiko periodu.

1.4.2. Sen nuolydžio įvertis

Tikrinant tendencijas vien tik Mann-Kendall tendencijos testu nepasikliaujama, todėl jis dažnai eina kartu su Sen nuolydžio (angl. Sen's slope) įverčiu.

Sen nuolydžio įverčio testas priskiriamas prie neparametrinių metodų, kadangi neturi prielaidos, kad yra tam tikras parametrinis duomenų eilučių pasiskirstymas. C. E. M. Lloyd (2014) apibrėžia Sen nuolydžio įvertį kaip parametą, apibendrinantį hidrocheminių parametų kintamuosiuose porinius nuolydžio medianas, o D. J. Ballantine ir R. J. Davies-Colley (2014) aiškina, kad Sen nuolydžio įvertis yra visų galimų nuolydžio kombinacijų mediana kiekviename sezone. Pavyzdžiui, turint Sen nuolydžio įvertį 0,003 reiškia, kad 0,3 tam tikro hidrocheminio parametro koncentracija padidės per kiekvieną 100 metų arba 0,003 tam tikro hidrocheminio parametro matavimo vienetų per metus. Taigi, Sen nuolydis parodo pokytį per metus. Šis metodas naudojamas darant prielaidą, kad tendencija yra linijinė.

1.4.3. Box-and-whisker grafikas

Box-and-whisker stulpeliai taip pat neretai naudojami vandens kokybės ilgalaikių tendencijų analizei atlikti (B. Odemis ir kt., 2010, O. Kisi ir M. Ay, 2014), kurio atvaizdavimas naudingas tuo, kad stulpelis parodo 50 % duomenų, o viršutinis ir apatiniai „siūlai“ parodo aukščiausias ir žemiausias vertes.

Box-and-whisker grafikai naudojami neparametriniams duomenims analizuoti. Kadangi neparametrinius duomenis aprašo moda (dažniausiai duomenų sekoje pasikartojanti reikšmė), mediana (duomenų sekos vidurinė vertė), kuri naudojama centrinei tendencijai nustatyti ir diapazonas – duomenų pasiskirstymui įvertinti (žemiausiai ir aukščiausiai vertei), tai box-and-whisker grafikas turi galimybę suteikti naudingos informacijos apie tendencijas. Šiuo atveju, box-and-whisker grafikuose tendencijos analizuojamos per medianas. Pasak K. Ilojevič ir kt. (2012) medianos yra vertinamos kaip tinkamos ir labai naudingos kadangi jos neatsižvelgia į tas vertes, kurios yra pašalinės ir žymiai skiriasi nuo visų kitų verčių. Tuo tarpu P. M. Merthouex ir L. C. Brown (2002) taip pat teigia, kad medianos naudojimas vietoj vidurkio yra geresnis dėl to, kad mediana daug mažiau paveikiama ekstremaliomis vertėmis. Žymiai besiskiriančios vertės nuo esamų verčių gali iškraipyti rezultatus. Todėl bet kokia ekstremalių verčių įtaka yra pašalinama ar sumažinama iki minimumo nuo neteisingo mėginių analizės verčių interpretavimo, eksperimentinių klaidų. Taip pat gali būti pašalinamos ir tos ekstremalios vertės, kurios atsiranda dėl tam tikrų įvykių monitoringo ėmimo vietoje, kurie gali pasireikšti kaip laikini, nebūdingi parametrai.

1.5. Parametrinių ir neparametrinių tendencijų metodų palyginimas

Žemiau esančioje 2 lentelėje yra pateikti parametrinių ir neparametrinių duomenų analizės metodai.

Lentelė 5. Parametrinių ir neparametrinių metodų palyginimas

Metodas	Apibūdinimas	Privalumai	Prielaidos
Parametriniai metodai analizuoti hidrocheminių parametru laikų eilutes			
t-testas	Staigūs pokyčiai mėginių vidurkiuose	Lengva pritaikyti	Duomenys normaliai pasiskirstę, nėra pagrindinių tendencijų
ANOVA	Staigūs pokyčiai trijų ar daugiau nepriklausomų mėginių grupių vidurkiuose	Lengva pritaikyti, leidžia palyginti sudėtinges duomenų grupes	Duomenys normaliai pasiskirstę, nėra pagrindinių tendencijų
Linijinė regresija	Linijinės tendencijos tarp dviejų lyginamųjų	Lengva pritaikyti	Duomenys normaliai pasiskirstę, kintamieji turi būti linijškai susiję ir turi lygybę neatitikimuose
Neparametriniai metodai aptikti staigius pokyčius hidrocheminių parametru laikų eilutėse			
Mann-Whitney (Wilcoxon)	Aptinka pokyčius mėginių vidurkiuose	Lengva pritaikyti, patikimas esant nenormaliam pasiskirstymui, monotoniškos duomenų transformacijos neturi įtakos	Sub-mėginiai turi turėti identišką pasiskirstymą, reikia daugiau nei 10 duomenų kiekviename sub-mėginyje, netinkamas su susietomis kategorijomis (laipsniais), pokyčio taškas žinomas, testuoja tik su pavieniais pokyčio taškais.
Kruskal-Wallis H-test	Lygina dviejų ar daugiau mėginių medianas (neparametrinis ANOVA variantas)	Praplėstas Mann-Whitney testas dviem ar daugiau mėginių, mažiau jautrus išsišokantiems mėginiams	Testas daro prielaidą, kad duomenys yra nepriklausomi, mėginiai turi turėti daugiau nei 5 taškus, sub-mėginiai turi turėti identišką duomenų skalę ir pasiskirstymo formą.
Neparametriniai metodai aptikti tendencijas hidrocheminiuose duomenų eilutėse			
Spearman Rho	Pagrįstas rūšiavimo metodu nustatant koreliacijas tarp kintamųjų (kintamasis ir laikas)	Lengvai pritaikomas, patikimas nenormaliam pasiskirstymui, nėra jautrus pašaliniais duomenims	Tendencijos monotoniškos, nėra prielaidos linijiniams santykiams
Mann-Kendall	Naudojamas monotoniškų tendencijų aptikimui	Neįtakojamas dingusiais duomenimis ar nereguliariai imtais duomenimis, turi tikslą kovariacijos pritaikymui	Duomenys ir likučiai nepriklausomi
Sen nuolydžio vertinimas	Naudojamas kartu su Spearmann Rho ir Mann-Kendall įvertinti tendencijos dydį, apibendrina medianų porų nuolydį analizuojamų duomenų kintamiesiems	Lengvai pritaikomas, neįtakojamas pašaliniais duomenimis, galingesnis nei linijinė regresija padrikiems duomenims	Daro prielaidą, kad yra linijinė tendencija tarp kintamųjų

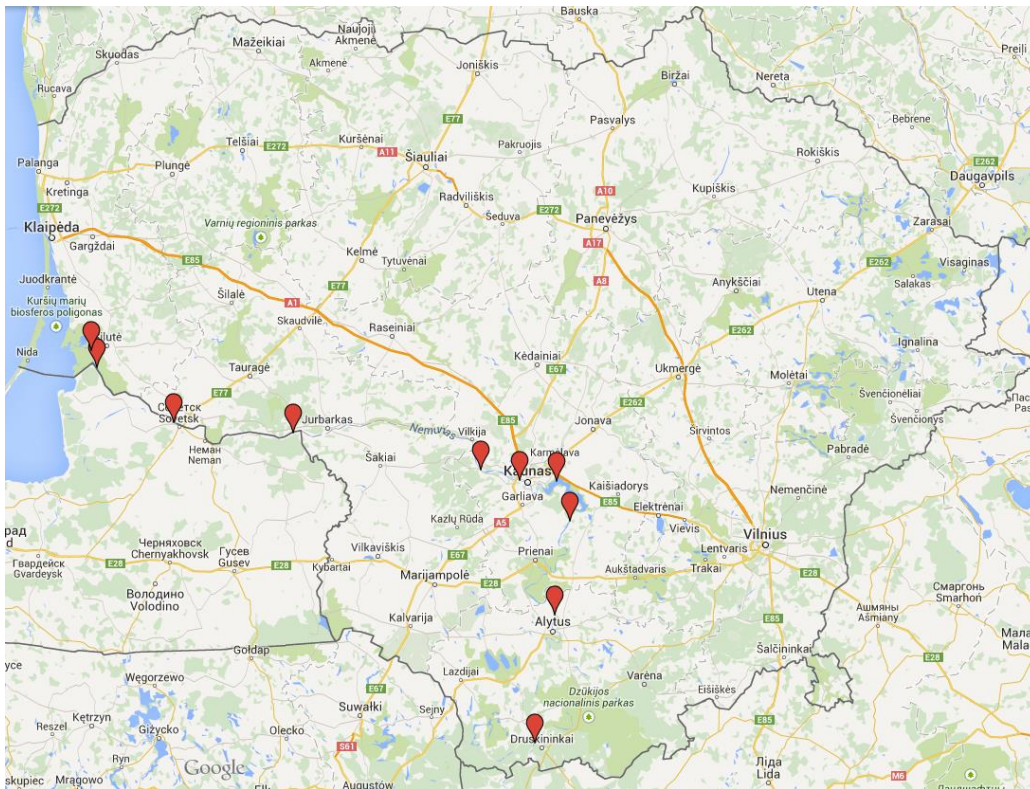
Metodas	Apibūdinimas	Privalumai	Prielaidos
Sezoninis Mann-Kendall	Mann-Kendall testo adaptacija sezoniškumui	Gali būti naudojama mėnesiniams duomenims	Tas pats kaip ir Mann-Kendall, prielaida, kad tendencijos tarp sezonų yra homogeniškos

Šaltinis: C.E. M. Lloyd et al. 2014

2. Metodika

Pavojingų medžiagų koncentracijų tendencijų upių vandenyje ir dugno nuosėdose nustatymui buvo analizuojami 1992-2014 m. Valstybinio paviršinio vandens monitoringo duomenys. Pagal valstybinę paviršinio vandens monitoringo programą pavojingos medžiagos vandenyje skirtingais metais buvo tiriamos 4-12 kartų per metus, o dugno nuosėdose – 1 kartą.

Lietuvos upėse pavojingos medžiagos 1992-2014 m. laikotarpiu buvo tirtos 48 upių vietose. Rengiantis analizuoti pavojingų medžiagų tendencijas upėse, buvo pasirinkta ta upė, kurioje monitoringas atliktas daugiausia vietų. Tokiu būdu buvo pasirinkta analizuoti Nemuną, kuriame per daugiau nei 20 metų laikotarpį monitoringas buvo atliktas 10-yje vietų: aukščiau Druskininkų, žemiau Alytaus, aukščiau Kauno, Kauno mariose, žemiau Kauno, ties Kulautuva, žemiau Smalininkų, ties Pagėgiais, aukščiau Rusne ir Skirvytėje.



1 pav. Teršalų monitoringo vietos Nemune ir Kauno mariose 1992-2014 m. laikotarpiu

Lentelė 6. Pavojingų medžiagų monitoringo duomenų laikotarpiai Nemune

Medžiagos ir jų grupės	Monitoringo duomenų laikotarpis (Nemune)	Monitoringo metų skaičius
Sunkieji metalai	1992-2014 m.	23
Pesticidai	1992-2014 m.	23
Lakūs organiniai junginiai	2005-2011 m., 2013-2014 m.	9
Policikliniai aromatiniai angliavandeniliai	2005-2014 m.	10
Fenoliai	1994-2004 m., 2006-2012 m., 2014m.	19
Ftalatai	2010-2014m.	5
Organinio alavo junginiai	2010-2011 m., 2013-2014m.	4

Valstybinis monitoringas Nemune ilgiausiai nepertraukiamai buvo atliekamas sunkiųjų metalų ir pesticidų – 23 metus. Iš fenolių 19 m. buvo tirtas pentachlorfenolis. Lakūs organiniai junginiai ir policikliniai aromatiniai angliavandeniliai buvo tirti 9 ir 10 m. atitinkamai. Šios medžiagos pradėtos tirti su 2005 m. patvirtinta Valstybine aplinkos monitoringo programa, atsižvelgiant į Europos Sąjungos patvirtintas direktyvas, įgaliojančias valstybes nares atlikti

pavojingų medžiagų monitoringą paviršiniuose vandens telkiniuose. Mažiausia duomenų turima apie ftalatų ir organinio alavo junginių koncentracijas – atitinkamai 5 ir 4 metų laikotarpio.

Atsižvelgiant į monitoringo duomenų laikotarpį, sunkiųjų metalų ir pesticidų ilgalaikių koncentracijų tendencijų analizė būtų išsamiausia, tačiau pesticidų nuo 1992 m. paviršiniuose vandenyse buvo aptikta labai retai arba visai neaptikta. Buvo fiksuoti tik keli atvejai, kada pesticidų (heksachlorbenzenas, DDT koncentracija Nemune ar Kauno mariose viršijo nustatytus aplinkos kokybės standartus (AKS). Lakiųjų organinių junginių taip pat kaip ir pesticidų, aptikta retai ir dažniausiai su mažomis koncentracijomis, o koncentracijos, viršijančios aplinkos kokybės standartus buvo nustatytos 2005 m. Panaši situacija ir su policikliniais aromatiniais angliavandeniliais, jų koncentracijos paviršiniuose vandenyse nėra didelės ir retais atvejais viršija AKS. Organinio alavo junginių Nemune nebuvo aptikta, o ftalatų aptikta daugelyje vietų.

Tolimesniame pavojingų medžiagų monitoringo analizės etape daugiausia dėmesio skiriama toms medžiagų grupėms, kurių buvo dažniausiai aptinkama – sunkiųjų metalų, maistmedžiagėms, policiklinių aromatinių angliavandenilių ir ftalatų.

Lentelė 7. Pavojingų medžiagų monitoringo duomenų laikotarpiai Nemune

Monitoringo numeris	Monitoringo Vieta	Laikotarpis	Trukmė, metai
LTR1	aukščiau Druskininkų	1992 m. – 2014 m.	23
LTR5	žemiau Alytaus	1992 m. – 2003 m.	12
LTR8	aukščiau Kauno	1992 m. – 2000 m.	9
LTR9	žemiau Kauno	1992 m. – 2000 m.	9
LTR136	ties Kulautuva	2005 m. – 2014 m.	10
LTR11	žemiau Smalininkų	1992 m. – 2010 m.	19
LTR612	ties Pagėgiais	2006 m. – 2014 m.	9
LTR13	aukščiau Rusnės	1992 m. – 2014 m.	23
LTR127	Skirvytėje	1998 m. – 2014 m.	17

Monitoringo vietos aprašymas *aukščiau* tam tikro miesto nurodo, kad ši monitoringo vieta yra prieš pratekant pro miestą, o *žemiau* – už miesto. Parenkant monitoringo vietas prieš ar už tam tikrų miestų gali parodyti to miesto pramonės ir nuotekų valyklų įtaką upės vandens

aplinkos kokybei. Pavojingų medžiagų ir maistmedžiagių mėginiai buvo imami nuo 4 iki 12 kartų per metus, retesni mėginių ėmimai buvo ankstesniais metais, iki 2000 m., o vėlesniais duomenys darosi išsamesni, kuomet mėginiai buvo imami kartą per mėnesį.

Tokios charakteristikos kaip nenormalus pasiskirstymas, sezoniškumas, tėkmės pokyčiai, koncentracijų vertės žemiau nustatymo ribos ir eilučių koreliacija komplikuoja vandens kokybės analizės atlikimą.

Pirmas metodas taikomas šioms charakteristikoms yra neparаметrinis testo atlikimas tendencijoms įvertinti – Sezoninis Mann-Kendall testas. Antras metodas apima tendencijos dydžio įvertinimą, kitaip žinomą kaip Sen slope įvertinimas. Trečias metodas testuoja pasieitimą laiko tarpe santykyje tarp nustatytos koncentracijos ir tėkmės, išvengiant trendo identifikavimo problemos dėl potvynių ir sausrų.

Mann-Kendall testas buvo naudojamas išanalizuoti tendencijas paviršiniuose vandenyse iš visų devyniuose monitoringo vietų naudojant mėnesinius duomenis 1992-2014 m. periodu. Testas naudojamas siekiant aptikti mažėjančių, didėjančių ar nesamų tendencijų reikšmingumą analizuojamuose duomenyse.

Monitoringo duomenų analizė nuo 1992 m. iki 2014 m. apima didelį duomenų masyvą ir didžioji dalis iš jų yra pasiskirsčiusi nenormaliu pasiskirstymu, todėl minimumas, 25 procentilių, mediana, 75 procentilių ir maksimalios ir vidurkių vertės buvo skaičiuojamos.

Standartinio nuokrypio ir vidurkio grafikas nebuvo pasirinktas, nes tokio duomenų atvaizdavimo didžiausias minusas yra tas, kad galima manyti, jog vertės yra tolygiai pasiskirsčiusios nuo vidurkio tiek į vieną, tiek į kitą pusę, tačiau taip hidrocheminiuose parametruose nėra. Tuo tarpu box-and-whisker grafikas parodo, kad tolygaus pasiskirstymo palei vidurkius nėra.

Normalumo pasiskirstymas buvo tiriamas metinių vidurkių ir metinių medianų. Taip buvo daroma, kadangi duomenų vidurkių ir medianų pasiskirstymas gali labai žymiai skirtis. Vidurkiai nuo medianų gali skirtis žymiomis vertėmis dėl pasitaikančių pavienių ekstremalių verčių.

3. Rezultatai

3.1. Duomenų pasiskirstymo testas

Pirmiausia duomenys buvo tikrinami ar jie normaliai ar nenormaliai pasiskirstę. Tam buvo naudojama Shapiro Wilk testas Excel'io programoje naudojant XLSTAT programą. Šiame teste p-vertė nurodo pasiskirstymą, t. y. jeigu p-vertė yra mažiau nei 0,05 ($p\text{-vertė} < 0,05$), su reikšmingumo lygiu 0,05 ($\alpha = 0,05$), tai duomenų pasiskirstymas yra normalus, o jeigu p-vertė yra daugiau nei 0,05 ($p\text{-vertė} > 0,05$), su reikšmingumo lygiu 0,05 ($\alpha = 0,05$), tai duomenų pasiskirstymas yra normalus. Jeigu p-vertė yra $> 0,05$, tai pasako, kad ši formulė arba pasirinktas kokybės elementas per metus nėra naudingas numatant kokia bus tolimesnė situacija (nepriklauso nuo metų ar nuo kitos x ašyje reikšmės).

Paviršinio vandens duomenų sekos 1992-2014 m. periodu buvo patikrinti dėl homogeniškumo, t. y. ar duomenys pasiskirstę normaliai. Turimų duomenų analizė Shapiro-Wilk testu parodė, kad beveik visi duomenys yra pasiskirstę nenormaliai, išskyrus vienintelėje monitoringo vietoje – Nemune žemiau Kauno amonio azoto ($\text{NH}_4\text{-N}$) koncentracijų duomenys pasiskirstę normaliai, kur šioje vietoje pagal Shapiro-Wilk testą gauta p-vertė (0,079) didesnė už 0,05.

Toliau lentelėje 5 pateikiami Shapiro-Wilk duomenų rezultatai pagal kiekvieną Nemuno monitoringo vietą

Lentelė 8. Shapiro-Wilk testo rezultatai pagal atskiras Nemuno monitoringo vietas

Nr.	Shapiro-Wilk testas	Nemune aukščiau Druskininkų	Nemune žemiau Alytaus	Nemune aukščiau Kauno	Nemune žemiau Kauno	Nemune ties Salininkais	Nemune aukščiau Rusne	Skirvytėje	Nemune žemiau Kauno ties Kulautuva	Nemune ties Pagėgiais
		R1	R5	R8	R9	R11	R13	R127	R136	R612
1	Debitas	<0.0001	<0.0001	<0.0001	< 0.0001	<0.0001	<0.0001	<0.0001	<0.0001	<0.0001
2	BDS7	<0.0001	<0.0001	<0.0001	< 0.0001	<0.0001	<0.0001	<0.0001	<0.0001	0.001
3	CHDS	0.001	0.001	0.001	0.03	<0.0001	<0.0001	<0.0001	0.023	<0.0001
4	NH ₄ -N	<0.0001	<0.0001	<0.0001	0.079	<0.0001	<0.0001	<0.0001	<0.0001	<0.0001
5	NO ₂ -N	<0.0001	<0.0001	<0.0001	< 0.0001	<0.0001	<0.0001	<0.0001	<0.0001	<0.0001
6	NO ₃ -N	<0.0001	<0.0001	<0.0001	< 0.0001	<0.0001	<0.0001	<0.0001	<0.0001	<0.0001
7	N	0.002	0.002	0.0002	0.008	<0.0001	<0.0001	<0.0001	<0.0001	<0.0001
8	PO ₄ -P	<0.0001	<0.0001	<0.0001	0.008	<0.0001	<0.0001	<0.0001	<0.0001	0.001
9	P	<0.0001	<0.0001	<0.0001	0.012	<0.0001	<0.0001	<0.0001	<0.0001	<0.0001
10	Cd	<0.0001	<0.0001	<0.0001	< 0.0001	<0.0001	<0.0001	<0.0001	<0.0001	<0.0001
11	Pb	<0.0001	<0.0001		< 0.0001	<0.0001	<0.0001	<0.0001	<0.0001	<0.0001
12	Ni	<0.0001	<0.0001		< 0.0001	<0.0001	<0.0001	<0.0001	<0.0001	<0.0001
13	Cr	<0.0001	<0.0001		0.001	<0.0001	<0.0001	<0.0001	<0.0001	<0.0001
14	Cu	<0.0001	<0.0001		< 0.0001	<0.0001	<0.0001	<0.0001	0.0002	<0.0001
15	Zn	<0.0001	<0.0001		< 0.0001	<0.0001	<0.0001	<0.0001	<0.0001	<0.0001
16	Hg	<0.0001	<0.0001		< 0.0001	<0.0001	<0.0001		<0.0001	<0.0001
17	Sn	<0.0001	<0.0001			<0.0001				

3.2. Statistiniu metodu neanalizuotos medžiagos

Šiame darbe buvo analizuojami ir kitų medžiagų: lakiųjų organinių junginių (LOJ), policiklinių aromatinių angliavandenilių (PAA), pesticidų, tributilalavo junginių (TBT), ftalatų ir fenolių valstybinio monitoringo duomenys, tačiau šioms medžiagoms statistinis Mann-Kendall testas ir Box-and-whisker grafikai nebuvo taikomi, kadangi šių medžiagų duomenų arba labai mažai (nepakankamai atlikti statistinę ilgalaikių tendencijų analizę), arba medžiagų koncentracijų neaptikta, ar aptikta retai. Tokiu atveju rezultatus vaizduoti grafiniu būdu nėra naudinga, nes jie neparodo jokių pokyčių ar tendencijų.

3.3. Mann-Kendall ir Sen nuolydžio įverčio testai

Tendencijų analizei atlikti buvo naudojamas Mann-Kendall testas. Mann-Kendall testo rezultate yra gaunama p-vertė, kuri, jeigu yra daugiau už 0,05, pasako, kad nėra tendencijos, o jeigu mažiau nei 0,05, tuomet tendencija yra. Mann-Kendall tendencijų testas buvo naudojamas patikrinti hipotezę ar yra tendencija ar nėra. Šiuo atveju nulinė hipotezė (H_0) pasako, kad duomenys turi tendenciją, tuo tarpu alternatyvi hipotezė (H_a) pasako, kad tendencijos nėra. Testas atmeta nulinę hipotezę, teigiančia, kad tendencijos nėra, kai gaunama p-vertė yra didesnė už 0,05. Jeigu p-vertė yra mažesnė nei 0,05, gali būti daroma prielaida, kad tendencijos nėra (neatmetama nulinė hipotezė). Kartu su Mann-Kendall testu buvo atliktas ir Sen nuolydžio įverčio testas, kuris pasako tendencijos dydį. Šie du apjungti metodai leidžia vienu sykiu nusakyti tendencijas ir jų reikšmingumą.

Mann-Kendall testas buvo atliktas kiekvienai Nemuno monitoringo vietai, t. y. kiekvienos monitoringo vietos duomenų sekoms.

Žemiau esančioje 6 lentelėje pateikti rezultatai Mann-Kendall testo Nemuno aukščiau Druskininkų. Visų likusių monitoringo vietų Nemune Mann-Kendall testo rezultatai pateikti Priede 2.

Lentelė 9. Nemune aukščiau Druskininkų tendencijos

Nr.	Parametras / medžiaga	Mann-Kendall testas	
		p-vertė	Sen nuolydis
1	BDS7	0,002	- 0,005
2	CHDS	0,005	- 0,019
3	Amonio azotas	0,001	- 0,0003
4	Nitritų azotas	<0,0001	0,0007
5	Nitratų azotas	0,386	0,0005
6	Bendras azotas	0,0004	0,003
7	Fosfatų fosforas	0,502	0,00001
8	Bendras fosforas	0,006	- 0,0007
9	Kadmis	<0,0001	0
10	Švinas	<0,0001	0
11	Nikelis	<0,0001	- 0,001
12	Chromas	<0,0001	- 0,008
13	Varis	<0,0001	0,009
14	Cinkas	<0,0001	- 0,016
15	Gyvsidabris	<0,0001	0
16	Vanadis	-	-
17	Aliuminis	0,596	0
18	Alavas	0,004	0
19	Arsenas	0,003	0

Pagal Mann-Kendall testą Nemune aukščiau Druskininkų debito, nitratų azoto, fosfatų fosforo ir aliuminio tendencijų nėra, taip pat nėra ir sezoniškumo tendencijų (jų p-vertės yra daugiau už 0,05). Teigiamas tendencijas (tendencijas koncentracijoms didėti) turi nitritų azotas, bendras azotas, ir varis. Neigiamas tendencijas (tendencijas koncentracijoms mažėti) turi BDS7, ChDS, amonio azotas, nitritų azotas, bendras fosforas, nikelis, chromas, cinkas. Kadmis, švinas, gyvsidabris, aliuminis, alavas ir arsenas turi tendencijas, tačiau jų reikšmingumas lygus nuliui.

Žemiau esančioje 7 lentelėje pateikti apibendrinti rezultatai Mann-Kendall testo visose monitoringo vietose Nemune.

Lentelė 10. Sezoniskumo tendencijos Nemune pagal atskiras monitoringo vietas. „Nėra“ – tendencijų nėra, „-“ – tendencijos mažėjančios, „+“ – tendencijos didėjančios.

	Nemune aukščiau Druskininkų	Nemune žemiau Alytaus	Nemune aukščiau Kauno	Nemune žemiau Kauno	Nemune ties Salininkais	Nemune aukščiau Rusne	Skirvytėje	Nemune žemiau Kauno ties Kulautuva	Nemune ties Pagėgiais
	R1	R5	R8	R9	R11	R13	R127	R136	R612
BDS7	-	-	Nėra	Nėra	-	-	-	+	Nėra
CHDS	-	Nėra	Nėra	Nėra	+	+	+	+	
Amonio azotas	-	-	-	-	-	-	-	-	Nėra
Nitritų azotas	+	-	Nėra	Nėra	+	Nėra	+	Nėra	Nėra
Nitratų azotas	Nėra	Nėra	Nėra	Nėra	Nėra	-	-	+	Nėra
Bendras azotas	+	Nėra	Nėra	-	Nėra	-	Nėra	Nėra	Nėra
Fosfatų fosforas	Nėra	-	Nėra	Nėra	Nėra	Nėra	Nėra	Nėra	Nėra
Bendras fosforas	-	Nėra	Nėra	-	-	-	-	+	Nėra
Kadmis		-			0	Nėra	Nėra		
Švinas		-			-	-	Nėra		
Nikelis		-			-	-	Nėra		
Chromas	-				-	-	Nėra		+
Varis	-				-	-	Nėra		
Cinkas	-				-	-	Nėra		
Gyvsidabris							0		

Pagal gautus rezultatus galima matyti, kad tendencijos skirtingose Nemuno monitoringo vietose skiriasi, o tam tikrose vietose jų visai nėra.

Siekiant apibendrinti gautus rezultatus kiekvienai medžiagai visame Nemune, tendencijų rezultatai buvo susumuojami ir priimta tokia tendencija, kurios reikšmė skaitine verte buvo didesnė.

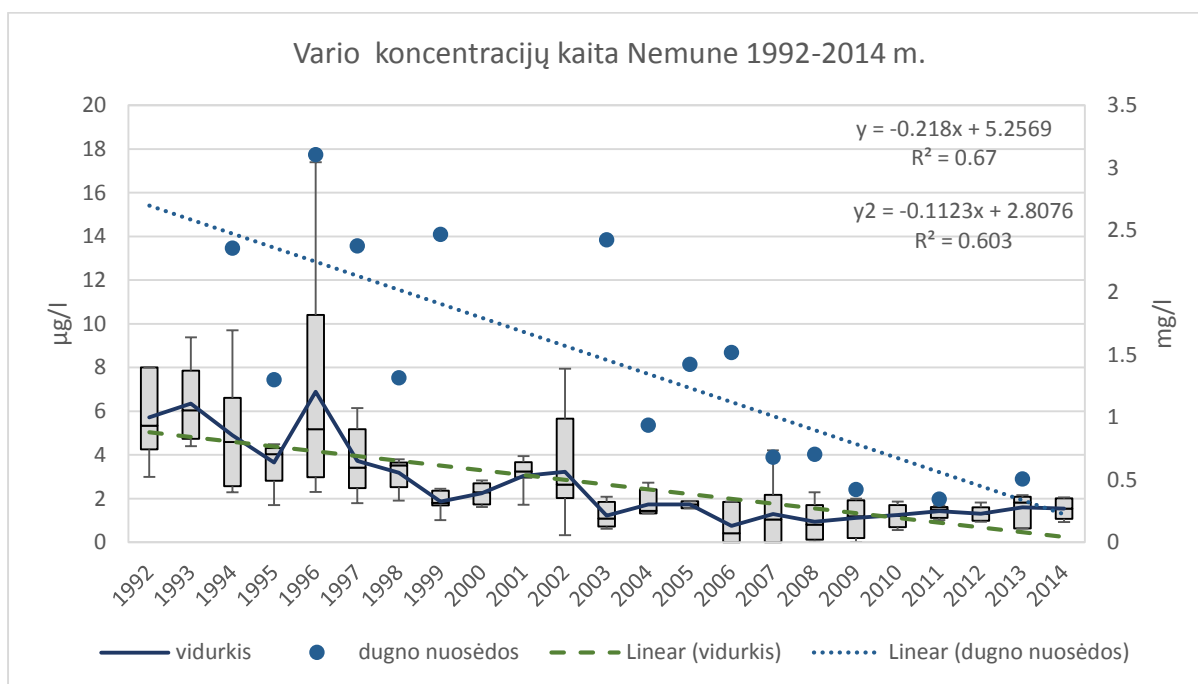
Žemiau esančioje 8 lentelėje pateikti apibendrinti rezultatai Mann-Kendall tendencijų testo ir linijinės regresijos testo rezultatai Nemune.

Lentelė 11. Tendencijos pagal Mann-Kendall testą ir regresinės linijos testus visų analizuojamų medžiagų Nemune.

Medžiagos	Tendencijos	
	Mann-Kendall testas	Regresinė linija
Varis	mažėjanti	mažėjanti
Cinkas	nėra	mažėjanti
Chromas	mažėjanti	mažėjanti
Nikelis	mažėjanti	mažėjanti
Kadmis	yra	didėjanti
Švinas	nėra	mažėjanti
BDS7	mažėjanti	didėjanti
ChDS	didėjanti	didėjanti
Amonio azotas	mažėjanti	mažėjanti
Nitratų azotas	nėra	didėjanti
Nitritų azotas	nėra	mažėjanti
Bendras azotas	nėra	mažėjanti
Fosfatų fosforas	nėra	mažėjanti
Bendras fosforas	mažėjanti	mažėjanti

Atlikus Mann-Kendall testą galima teigti, kad Nemune nėra tendencijų šių medžiagų: cinko, švino, nitratų azoto, nitritų azoto, bendro azoto ir fosfatų fosforo. Didėjančios koncentracijos tendencijas Nemune turi tik ChDS. Mažėjančios koncentracijos tendencijas Nemune turi varis, chromas, nikelis, BDS7, amonio azotas ir bendras fosforas. Kadmio koncentracijų tendencijos yra, tačiau jų reikšmingumas lygus nuliui.

3.4. Tendencijų analizė pagal box-and-whisker grafikus 1992 – 2014 m. laikotarpiu



2 pav. Vario koncentracijų kaita 1992-2014 m. Nemune.

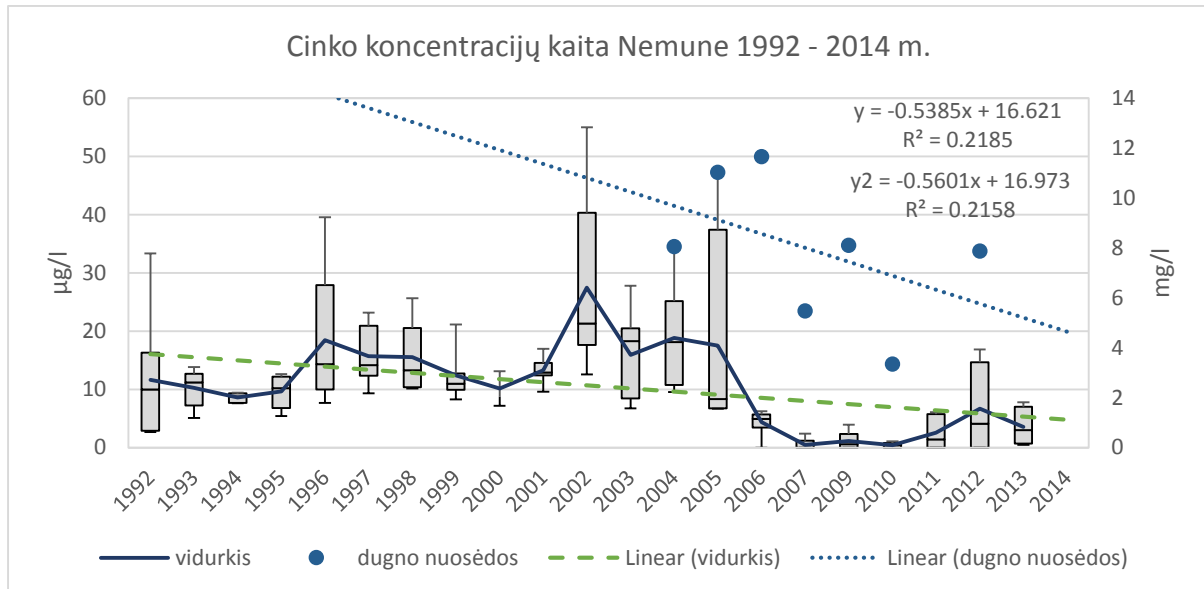
Apatinis stulpelis žymi reikšmes nuo 25 iki 50 procentilių, viršutinis stulpelis žymi reikšmes nuo 50 iki 75 procentilių. Linija stulpelyje žymi medianą, viršutinis ir apatinis ūsas žymi minimalias ir maksimalias reikšmes (nuo min iki 25 persentelės ir nuo 75 iki max). Linija einanti per stulpelius žymi vidurkį, o punktyrinė linija – vidurkio linijinės regresijos linija. Taškai žymi dugno nuosėdų koncentraciją (Y2 ašis).

1992-1996 m. laikotarpiu vario koncentracijų vidurkis ir medianos buvo apie 5 $\mu\text{g/l}$, 1997-2002 m. apie 2,8 $\mu\text{g/l}$, 2003–2014 m. apie 1,5 $\mu\text{g/l}$. Nuo 2003 m. iki 2014 m. (išskyrus 2007 m.) koncentracijų vertės neturėjo didelio išsibarstymo, o vidurkis buvo labai arti medianos (Pav. 2). Didžiausias vario koncentracijų verčių „išsibarstymas“ buvo 1994 m., 1996 m., 2002 m. ir 2007 m. 1994 m. maksimali koncentracija buvo aukščiau Rusne (9,7 $\mu\text{g/l}$), 1996 m. aukščiau Rusne (17,4 $\mu\text{g/l}$). 2002 m. aukščiau Druskininkų (7,95 $\mu\text{g/l}$) ir 2007 m. Skirvytėje (4,21 $\mu\text{g/l}$).

Pagal pateiktą grafiką pav. 2. galima teigti, kad vario koncentracijos Nemune nuo 1992 m. iki 2003 m. ženkliai sumažėjo, o nuo 2003 m. iki 2014 m. stipriai nepakito, laikydamos apie 1,5 $\mu\text{g/l}$.

Dugno nuosėdų koncentracija žymiai skiriasi tarp sekančiai einančiais metais. 1994 m. maksimali koncentracija buvo aukščiau Kauno, 1996 m. aukščiau Kauno, 2007 m. žemiau Kauno, 1999 m. aukščiau Kauno, 2003 m. aukščiau Kauno, 2006 m. – žemiau Smalininkų.

Mažesnis vario koncentracijų „išsibarstymas“ dugno nuosėdose stebimas nuo 2007 m. Dugno nuosėdų koncentracijos Nemune turi tendenciją mažėti.



3 pav. Cinko koncentracijų kaita 1992-2014 m. Nemune.

Apatinis stulpelis žymi reikšmes nuo 25 iki 50 procentilių, viršutinis stulpelis žymi reikšmes nuo 50 iki 75 procentilių. Linija stulpelyje žymi medianą, viršutinis ir apatinis ūsas žymi minimalias ir maksimalias reikšmes (nuo min iki 25 persentelės ir nuo 75 iki max). Linija einanti per stulpelius žymi vidurkį, o punktyrinė linija – vidurkio linijinės regresijos linija. Taškai žymi dugno nuosėdų koncentraciją (Y2 ašis).

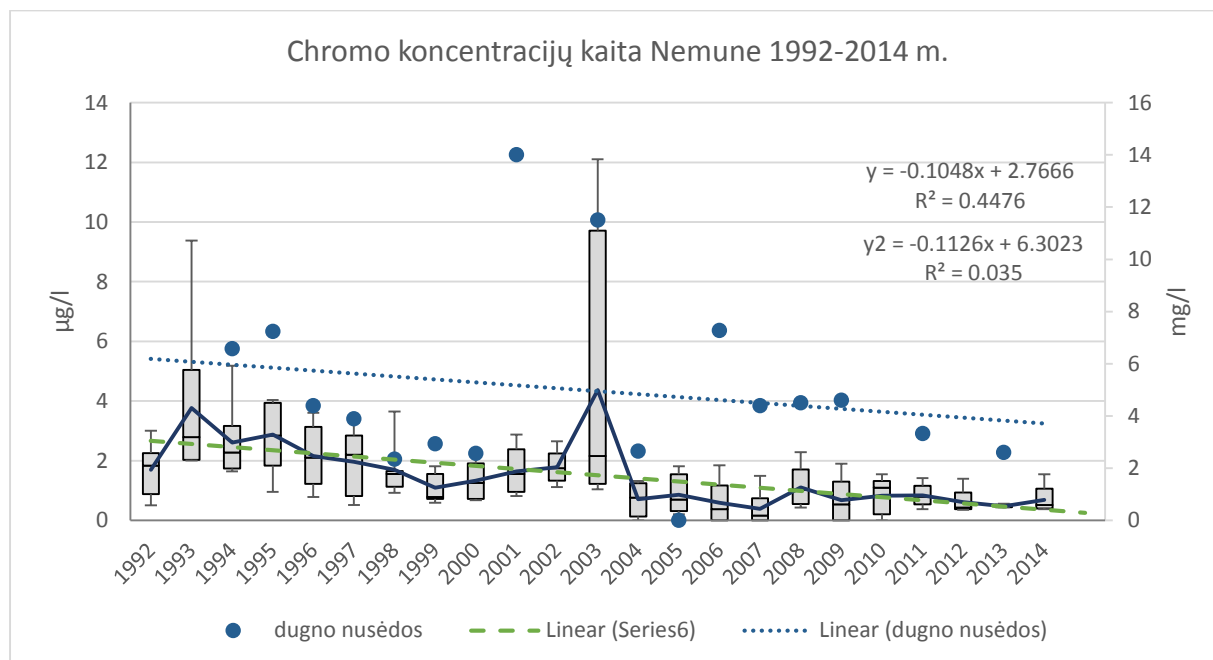
Aukščiau pateiktas cinko koncentracijų grafikas (Pav. 3), neįvertinus (išmetus) vienos koncentracijos reikšmės – 192,25 µg/l 2007 m. (Skirvytėje).

1992-1995 m. laikotarpiu cinko koncentracijų vidurkiai ir medianos buvo apie 10 µg/l, 1996-2001 m. laikotarpiu apie 14 µg/l, 2002-2004 m. laikotarpiu apie 19 µg/l, 2005 m. ženkliai sumažėjo iki 8 µg/l, o nuo 2006 m. iki 2014 m. buvo apie 1-4 µg/l (Pav. 3). Didžiausias cinko koncentracijų verčių „išsibarstymas“ buvo 1992 m., 1996 m., 2002 m. ir 2005 m. Maksimali koncentracija 1992 m. Nemuno vandenyje buvo žemiau Kauno, 1996 m. aukščiau Rusne, 2002 m. aukščiau Druskininkų ir 2005 m. Skirvytėje.

Pagal pateiktą grafiką Pav. 3. galima teigti, kad cinko koncentracijos Nemune nuo 1992 m. iki 2014 m. sumažėjo nuo maždaug 10 – 18 µg/l iki 2-4 µg/l, tačiau būta ženklų koncentracijų padidėjimo laikotarpių (1996-2001 m. ir 2002-2005 m.).

Dugno nuosėdų koncentracija žymiai skiriasi tarp sekančiai einančiais metais. 2005 m., 2006 m., 2009m. ir 2010 m. maksimali cinko koncentracija dugno nuosėdose buvo žemiau Smalininkų, o 2012 m. – žemiau Kauno ties Kulautuva (Pav. 3). Kadangi cinko koncentracijos

dugno nuosėdose Nemune iki šiol buvo tiriamos 7 metus (kartą metuose), o koncentracijų tyrimų duomenų rezultatai rodo, jog koncentracijų vertės labai svyruoja kiekvienais metais, todėl užtikrintai pasakyti, kad tendencijos yra negalima. Jeigu analizuoti tik iš tyrimų duomenų, tai būtų galima įžvelgti tendenciją koncentracijoms mažėti.



4 pav. Chromo koncentracijų kaita 1992-2014 m. Nemune.

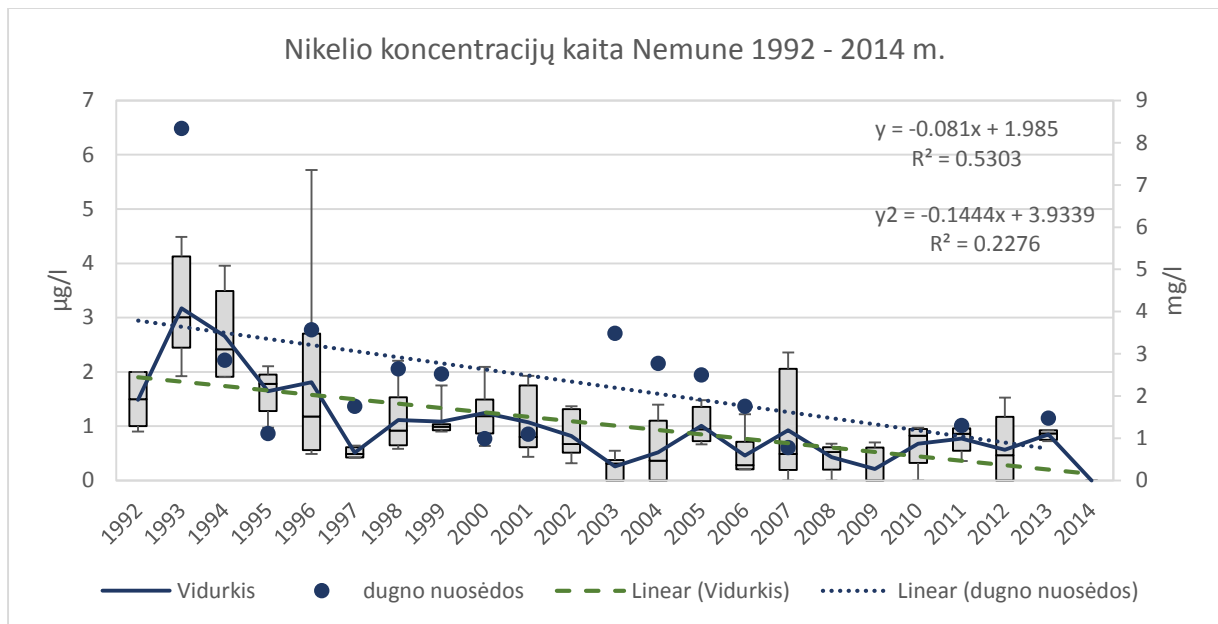
Apatinis stulpelis žymi reikšmes nuo 25 iki 50 procentilių, viršutinis stulpelis žymi reikšmes nuo 50 iki 75 procentilių. Linija stulpelyje žymi medianą, viršutinis ir apatinis ūsas žymi minimalias ir maksimalias reikšmes (nuo min iki 25 persentelės ir nuo 75 iki max). Linija einanti per stulpelius žymi vidurkį, o punktyrinė linija – vidurkio linijinės regresijos linija. Taškai žymi dugno nuosėdų koncentraciją (Y2 ašis).

1992-1997 m. laikotarpiu chromo koncentracijų vidurkiai ir medianos buvo apie 2-3 µg/l, 1998-2002 m. laikotarpiu apie 1,5 µg/l, 2004-2014 m. laikotarpiu apie 1-0,8 µg/l (Pav. 4). Didžiausias chromo koncentracijų verčių „išsibarstymas“ buvo 1993 m. ir 2007 m. Maksimali koncentracija 1993 m. Nemuno vandenyje buvo ties Smalininkais (9,38 µg/l), o 2003 m. – žemiau Alytaus (12,10 µg/l).

Pagal pateiktą grafiką Pav. 4. galima teigti, kad chromo koncentracijos Nemune nuo 1992 m. iki 2014 m. sumažėjo nuo maždaug 2-3 µg/l iki 1 µg/l. Ženklesnis koncentracijų sumažėjimas buvo nuo 2003 m. Nuo 2004 m. iki 2014 m. chromo koncentracijos ženkliai nesiskyrė, buvo maždaug pastovios (vidurkiai ir medianos).

Dugno nuosėdų koncentracija žymiai skiriasi 2001 m., 2003 m. ir 2006 m. Maksimali chromo koncentracija dugno nuosėdose 2001 m. buvo žemiau Alytaus, 2003 m. aukščiau

Druskininkų, o 2006 m. – žemiau Alytaus. Dugno nuosėdose chromo koncentracijos mažėjo nuo 1994 m. iki 2000m. ir nuo 2006 m. iki 2013 m. Atskirais metais koncentracijos padidėdavo, todėl, kad būtų reikšmingai mažėjanti tendencija, iš esamo grafiko, pasakyti negalima (Pav. 4).



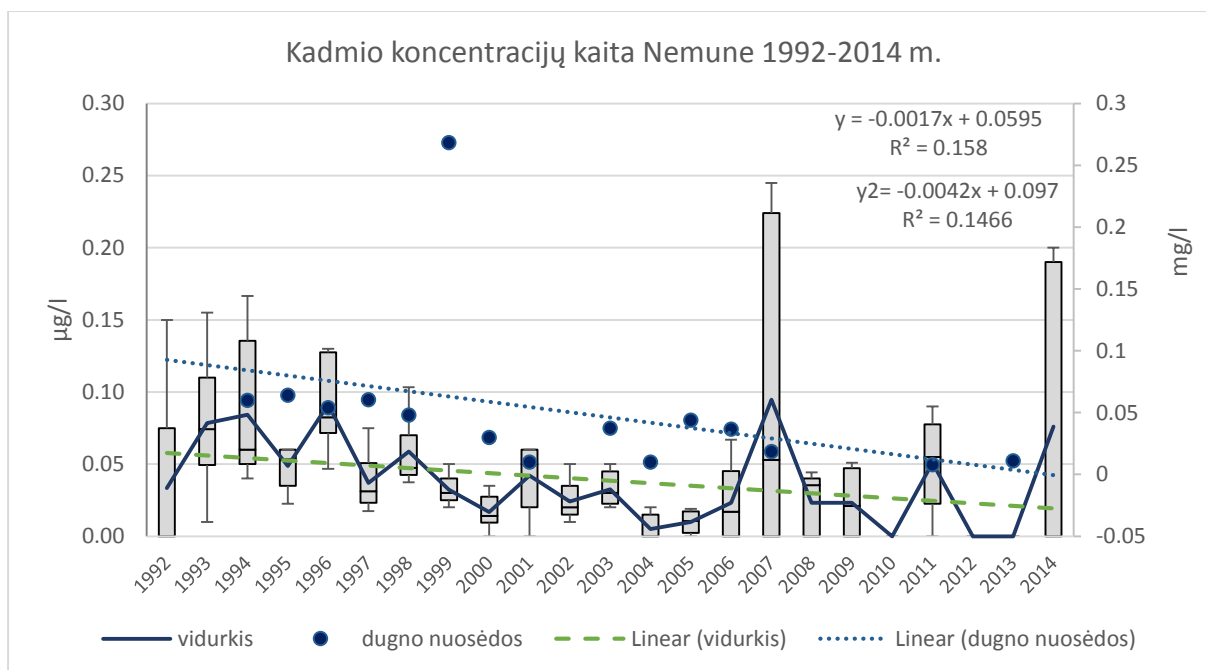
5 pav. Nikelio koncentracijų kaita 1992-2014 m. Nemune.

Apatinis stulpelis žymi reikšmes nuo 25 iki 50 procentilių, viršutinis stulpelis žymi reikšmes nuo 50 iki 75 procentilių. Linija stulpelyje žymi medianą, viršutinis ir apatinis ūsas žymi minimalias ir maksimalias reikšmes (nuo min iki 25 persentelės ir nuo 75 iki max). Linija einanti per stulpelius žymi vidurkį, o punktyrinė linija – vidurkio linijinės regresijos liniją. Taškai žymi dugno nuosėdų koncentraciją (Y2 ašis).

1992-1997 m. laikotarpiu chromo koncentracijų vidurkiai ir medianos mažėjo nuo 3 $\mu\text{g/l}$ iki 0,5 $\mu\text{g/l}$, 1998-2002 m. laikotarpiu koncentracijos buvo apie 0,8-1 $\mu\text{g/l}$, 2003 m. sumažėjo, o 2004-2014 m. laikotarpiu buvo apie 0,5-0,8 $\mu\text{g/l}$ (Pav. 5). Didžiausias nikelio koncentracijų verčių „išsibarstymas“ buvo 1996 m. ir 2007 m. Maksimali koncentracija 1996 m. ir 2007 m. Nemuno vandenyje buvo aukščiau Rusne (5,72 $\mu\text{g/l}$ ir 2,36 $\mu\text{g/l}$).

Pagal pateiktą grafiką Pav. 5. galima teigti, kad nikelio koncentracijos Nemune nuo 1992 m. iki 2014 m. sumažėjo nuo maždaug 3 $\mu\text{g/l}$ iki 0,8 $\mu\text{g/l}$. Ženklesnis koncentracijų sumažėjimas buvo nuo 2001 m. Nuo 2002 m. iki 2014 m. chromo koncentracijos ženkliai nesiskyrė, buvo maždaug pastovios (vidurkiai ir medianos), neviršijančios 1 $\mu\text{g/l}$.

Dugno nuosėdų koncentracija žymiai skiriasi 1993 m., kur maksimali nikelio koncentracija buvo ties Smalininkais. Dugno nuosėdose nikelio koncentracijos mažėjo nuo 1994 m. iki 2001m. ir nuo 2003 m. iki 2007 m. Iš esamo grafiko (Pav. 5) galima teigti, kad dugno nuosėdose nikelio koncentracija turi tendenciją nežymiai mažėti.



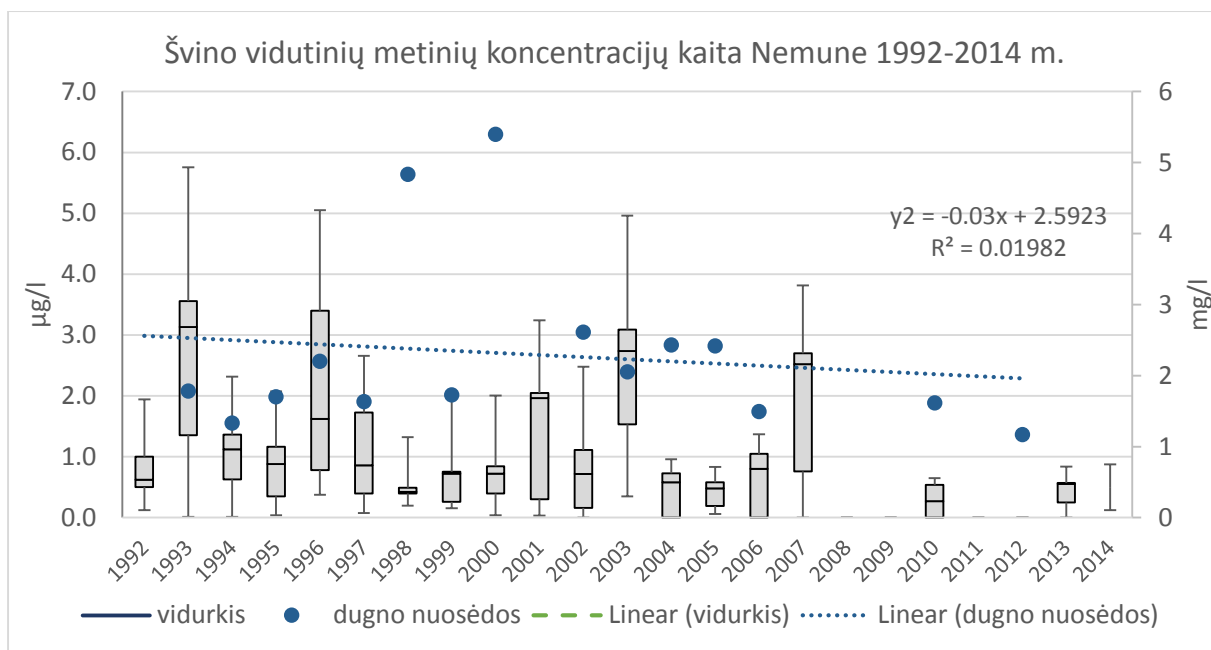
6 pav. Kadmio koncentracijų kaita 1992-2014 m. Nemune.

Apatinis stulpelis žymi reikšmes nuo 25 iki 50 procentilių, viršutinis stulpelis žymi reikšmes nuo 50 iki 75 procentilių. Linija stulpelyje žymi medianą, viršutinis ir apatinis ūsas žymi minimalias ir maksimalias reikšmes (nuo min iki 25 persentelės ir nuo 75 iki max). Linija einanti per stulpelius žymi vidurkį, o punktyrinė linija – vidurkio linijinės regresijos liniją. Taškai žymi dugno nuosėdų koncentraciją (Y2 ašis).

1992-1998 m. laikotarpiu kadmio koncentracijų vidurkiai ir medianos buvo nuo 0,08 µg/l iki 0,05 µg/l, 1999-2003 m. laikotarpiu koncentracijos buvo apie 0,03 µg/l, 2004-2008 m. laikotarpiu didėjo iki 0,09 µg/l, vėliau mažėjo. 2010 m., 2012 m. ir 2013 m. kadmio nebuvo aptikta. 2014 m. kadmio koncentracijos vidurkis buvo apie 0,06 µg/l (Pav. 6). Didžiausias kadmio koncentracijų verčių „išsibarstymas“ buvo 1992-1994 m., 2007 m. ir 2014 m. Maksimali kadmio koncentracija 1992 m. buvo aukščiau Rusne, 1993 m. ties Smalininkais, 1994 m. aukščiau Rusne, 2007 m. aukščiau Rusne ir 2014 m. ties Pagėgiais.

Pagal pateiktą grafiką Pav. 6. galima teigti, kad kadmio koncentracijos Nemune nuo 1992 m. iki 2014 m. nežymiai sumažėjo nuo maždaug 0,05 µg/l iki 0,03 µg/l.

Dugno nuosėdų koncentracija žymiai skiriasi 1999 m., kur didžiausios kadmio koncentracija buvo aukščiau Druskininkų (0,37 mg/l), aukščiau Kauno (0,6 mg/l) ir žemiau Kauno (0,5 mg/l). Dugno nuosėdose kadmio koncentracijos mažėjo nuo 0,1 mg/l iki 0,05 mg/l, t. y. koncentracijos per 20 metų dugno nuosėdose sumažėjo per pusę. Iš esamo grafiko (Pav. 6) galima teigti, kad dugno nuosėdose kadmio koncentracija turi nežymią tendenciją mažėti.



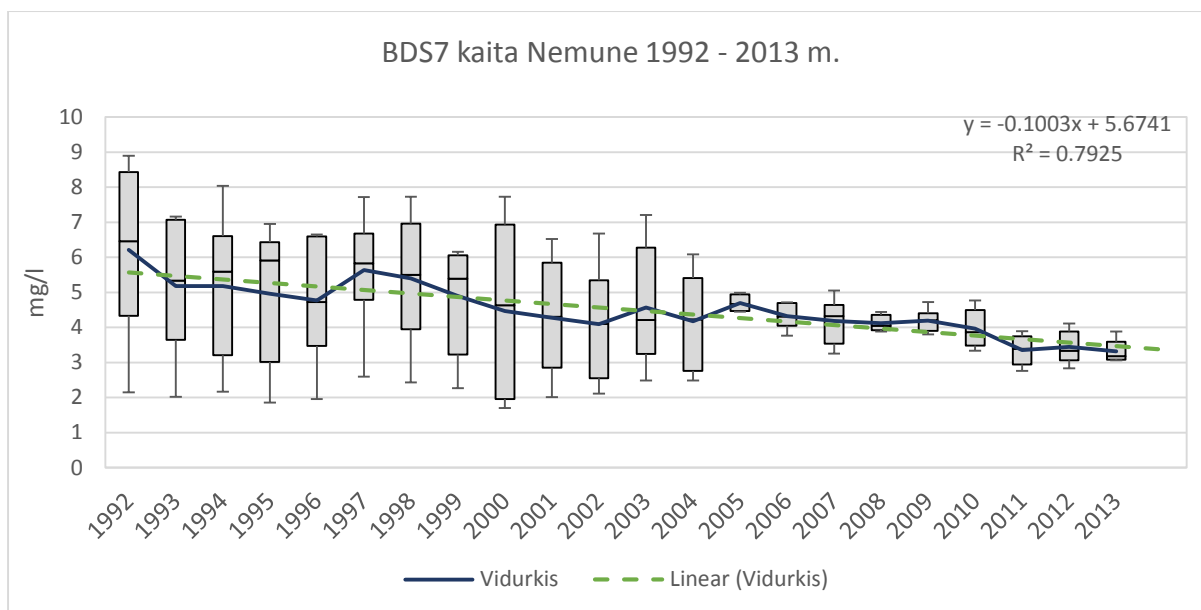
7 pav. Švino koncentracijų kaita 1992-2014 m. Nemune.

Apatinis stulpelis žymi reikšmes nuo 25 iki 50 procentilių, viršutinis stulpelis žymi reikšmes nuo 50 iki 75 procentilių. Linija stulpelyje žymi medianą, viršutinis ir apatinis ūsas žymi minimalias ir maksimalias reikšmes (nuo min iki 25 persentelės ir nuo 75 iki max). Linija einanti per stulpelius žymi vidurkį, o punktyrinė linija – vidurkio linijinės regresijos liniją. Taškai žymi dugno nuosėdų koncentraciją (Y2 ašis).

1992-2002 m. laikotarpiu švino koncentracijų vidurkiai ir medianos buvo nuo 0,9 µg/l iki 1,3 µg/l, 2003 m. buvo koncentracijos padidėjimas iki 1,8 µg/l, o 2004-2014 m. laikotarpiu koncentracijos sumažėjo iki 0-0,25 µg/l (Pav. 7). Didžiausias švino koncentracijų verčių „išsibarstymas“ buvo 1993, 1996 m., 2003 m. ir 2007 m. Maksimali švino koncentracija 1993 m. ir 1996 m. buvo aukščiau Rusne, 2003 m. ties Smalininkais ir 2007 m. ties Kulautuva.

Pagal pateiktą grafiką Pav. 7. galima teigti, kad švino koncentracijos Nemune nuo 1992 m. iki 2014 m. sumažėjo nuo maždaug 1,3 µg/l iki 0,3 µg/l. Didžiausias koncentracijų sumažėjimas buvo nuo 2004 m.

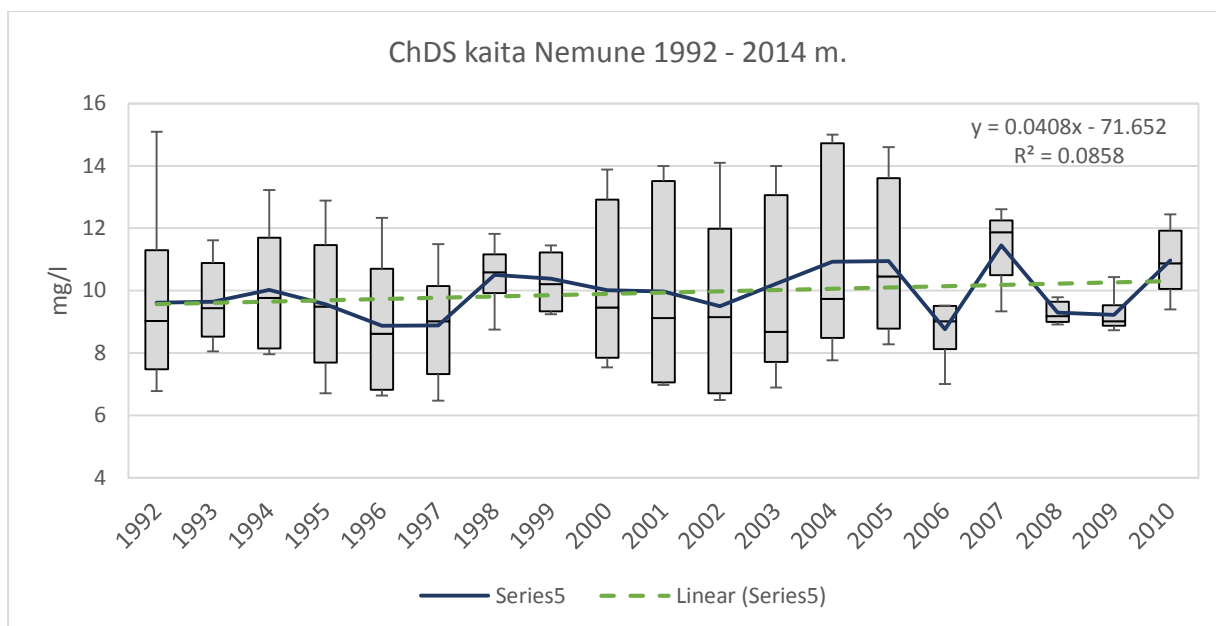
Dugno nuosėdų koncentracija žymiai skiriasi 1999 m. ir 2000 m., kur didžiausios švino koncentracija buvo aukščiau Druskininkų (13,64 mg/l) ir Skirvytėje (5,4 mg/l). Dugno nuosėdose švino koncentracijos svyravo apie 1,3 mg/l 1993-1999 m. laikotarpiu, 1,7 mg/l 2002-2005 m. laikotarpiu ir apie 1,1 mg/l 2006-2012 m. laikotarpiu. Iš esamo grafiko (Pav. 7) galima teigti, kad ryškių tendencijų švino koncentracijų dugno nuosėdose nėra.



8 pav. BDS7 koncentracijų kaita 1992-2014 m. Nemune.

Apatinis stulpelis žymi reikšmes nuo 25 iki 50 procentilių, viršutinis stulpelis žymi reikšmes nuo 50 iki 75 procentilių. Linija stulpelyje žymi medianą, viršutinis ir apatinis ūsas žymi minimalias ir maksimalias reikšmes (nuo min iki 25 persentelės ir nuo 75 iki max). Linija einanti per stulpelius žymi vidurkį, o punktyrinė linija – vidurkio linijinės regresijos linija.

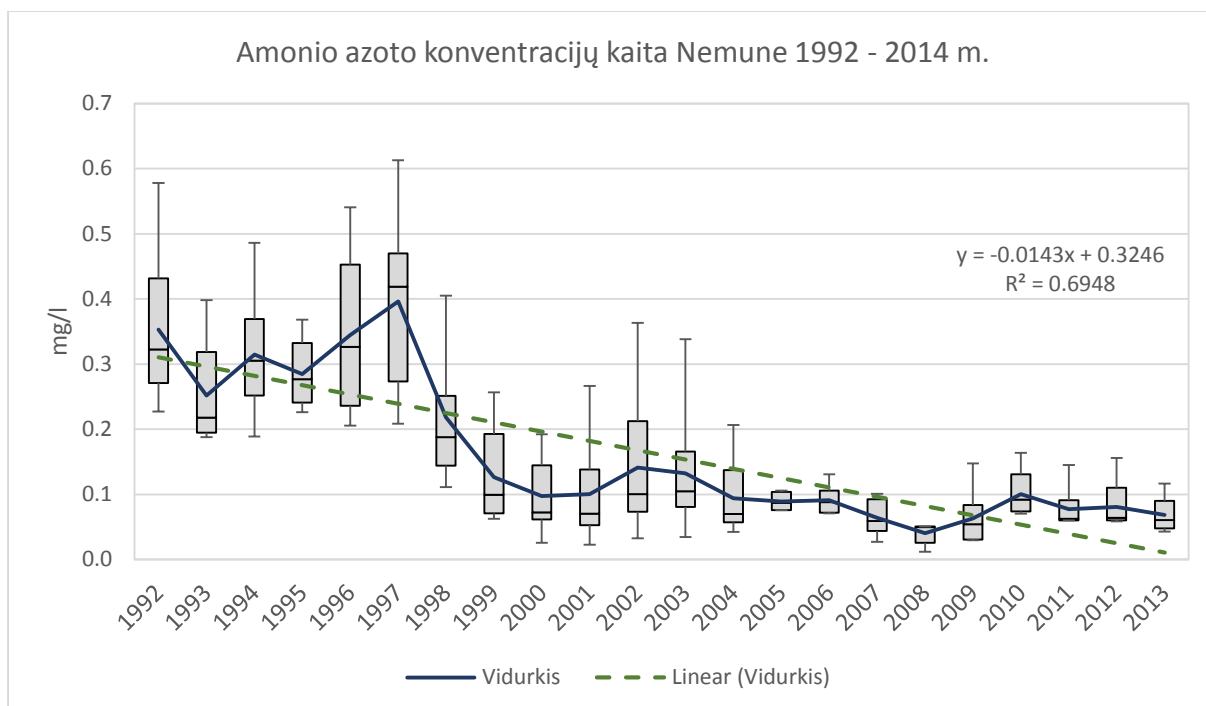
1992-1999 m. laikotarpiu BDS7 koncentracijų medianos buvo apie 5,3 mg/l, 2000-2007 m. koncentracijos mediana buvo apie 4,3 mg/l, o 2008-2013 m. laikotarpiu sumažėjo iki 3,5 mg/l (Pav. 8). Didžiausias BDS7 koncentracijų verčių „išsibarstymas“ buvo 1992-2004 m. periodu, o 2005-2013 m. koncentracijų vertės nebuvo didesniau negu 1,5 mg/l diapazone (ribose).



9 pav. ChDS koncentracijų kaita 1992-2014 m. Nemune.

Apatinis stulpelis žymi reikšmes nuo 25 iki 50 procentilių, viršutinis stulpelis žymi reikšmes nuo 50 iki 75 procentilių. Linija stulpelyje žymi medianą, viršutinis ir apatinis ūsas žymi minimalias ir maksimalias reikšmes (nuo min iki 25 persentelės ir nuo 75 iki max). Linija einanti per stulpelius žymi vidurkį, o punktyrinė linija – vidurkio linijinės regresijos linija.

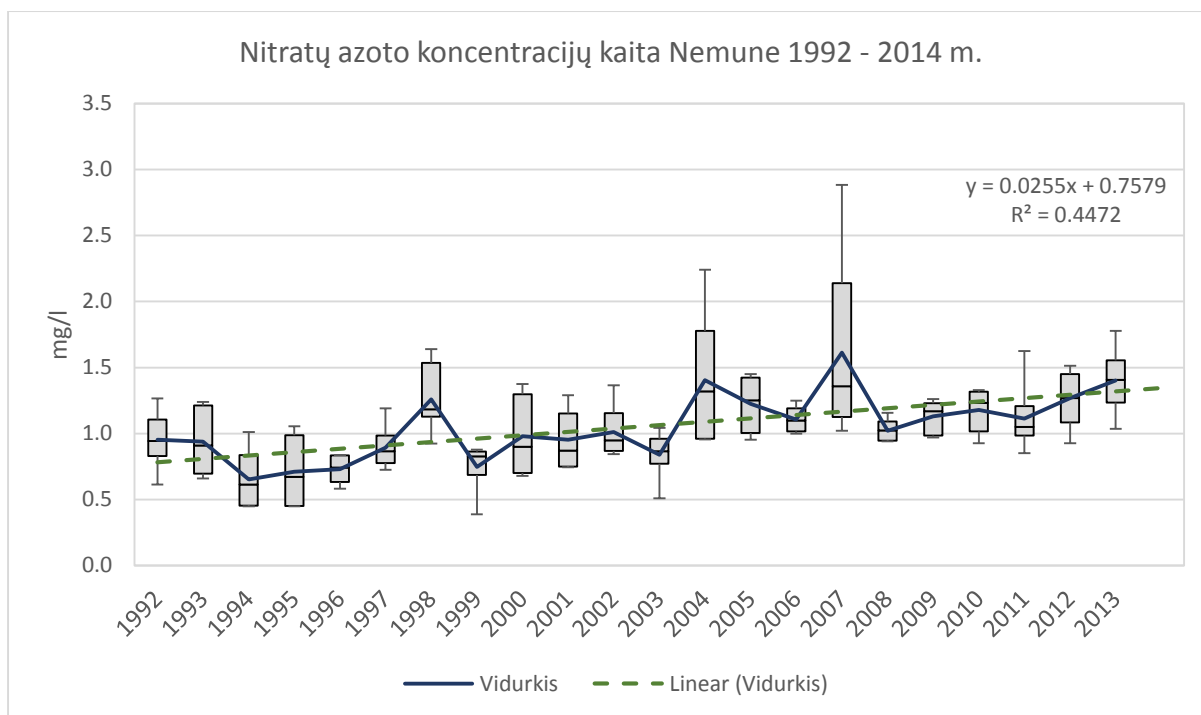
1992-1997 m. laikotarpiu ChDS koncentracijų vidurkiai ir medianos buvo beveik pastoviai apie 9,5 mg/l, 1998 m. ir 1999 m. koncentracija pakilo šiek tiek virš 10 mg/l, o 2000-2004 m., 2006m., 2008 m. ir 2009 m. koncentracijos vėl nusistovėjo iki maždaug 9,5 mg/l. 2007 m. ir 2010 m. vidurkiai buvo apie 11 mg/l (Pav. 9). ChDS koncentracijų vertės beveik per visą laikotarpį buvo plačiai „išsibarsčiusios“ maždaug 5-7 mg/l diapazone (ribose).



10 pav. Amonio azoto koncentracijų kaita 1992-2014 m. Nemune.

Apatinis stulpelis žymi reikšmes nuo 25 iki 50 procentilių, viršutinis stulpelis žymi reikšmes nuo 50 iki 75 procentilių. Linija stulpelyje žymi medianą, viršutinis ir apatinis ūsas žymi minimalias ir maksimalias reikšmes (nuo min iki 25 persentelės ir nuo 75 iki max). Linija einanti per stulpelius žymi vidurkį, o punktyrinė linija – vidurkio linijinės regresijos linija.

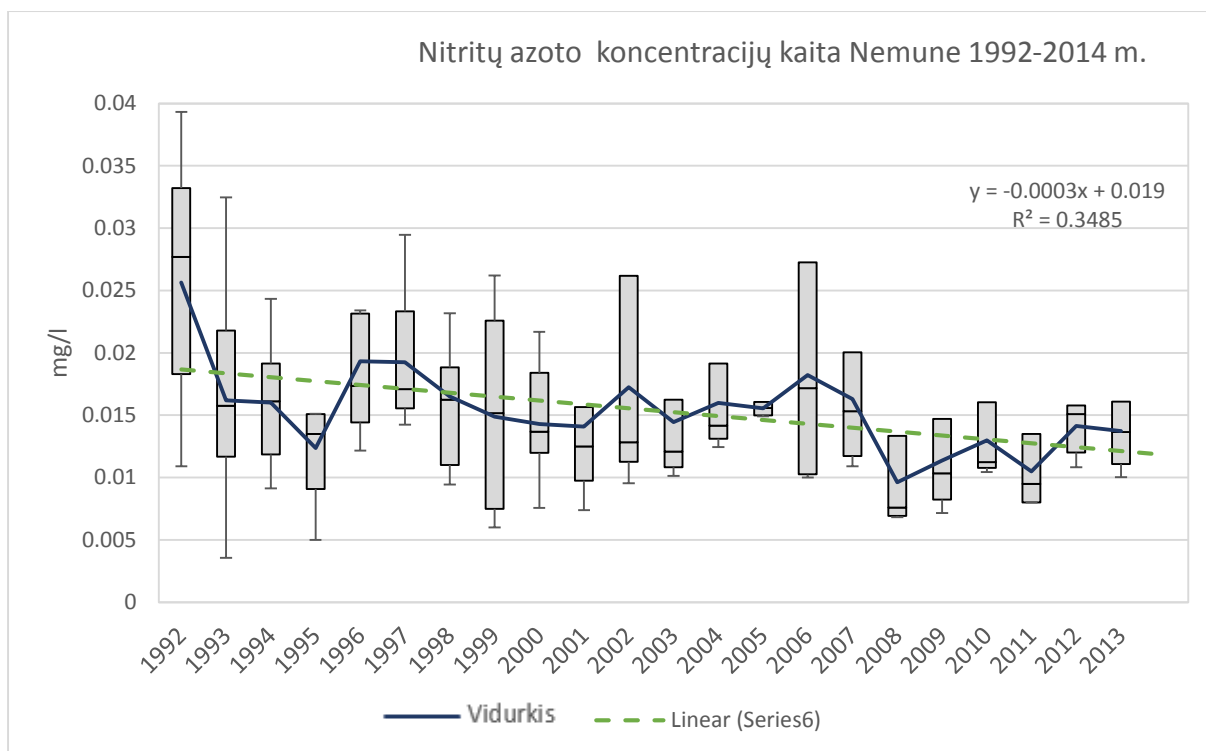
1992-1997 m. laikotarpiu amonio azoto koncentracija didėjo nuo 0,25 mg/l iki 0,4 mg/l, nuo 1998 m. sumažėjo nuo 0,2 mg/l iki 0,08 mg/l ir laikėsi panašiai per tą periodą (Pav. 10). Amonio azoto koncentracijų vidurkių vertės buvo šiek tiek didesnės už medianos dėl didesnio koncentracijų duomenų pasiskirstymo diapazono.



11 pav. Nitratų azoto koncentracijų kaita 1992-2014 m. Nemune.

Apatinis stulpelis žymi reikšmes nuo 25 iki 50 procentilių, viršutinis stulpelis žymi reikšmes nuo 50 iki 75 procentilių. Linija stulpelyje žymi medianą, viršutinis ir apatinis ūsas žymi minimalias ir maksimalias reikšmes (nuo min iki 25 persentelės ir nuo 75 iki max). Linija einanti per stulpelius žymi vidurkį, o punktyrinė linija – vidurkio linijinės regresijos linija.

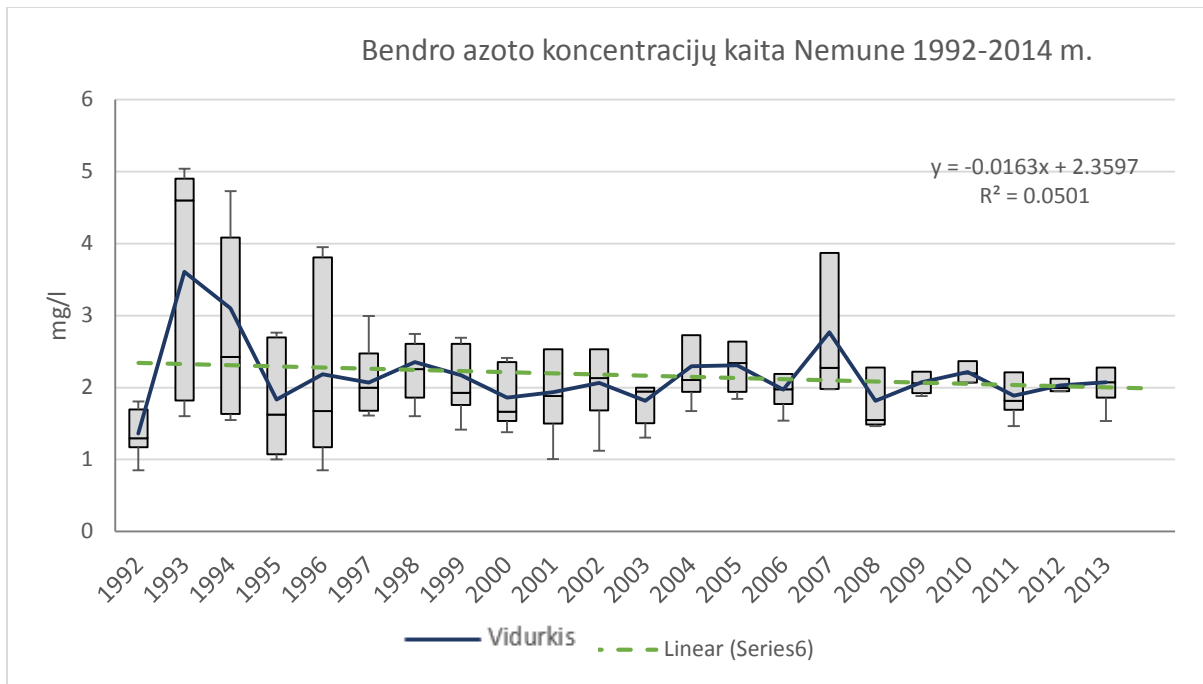
1992-2003 m. laikotarpiu nitratų azoto koncentracija buvo pastovi tarp 0,7-0,9 mg/l, išskyrus 1998 m. buvo koncentracijos padidėjimas iki 1,2 mg/l. 2004-2013 m. koncentracija buvo apie 1,3 mg/l (Pav. 11). Didžiausi nitratų azoto koncentracijų „išsibarstymai“ buvo 2004 m. ir 2007 m., kur maksimalios koncentracijos buvo ties Kulautuva.



12 pav. Nitritų azoto koncentracijų kaita 1992-2014 m. Nemune.

Apatinis stulpelis žymi reikšmes nuo 25 iki 50 procentilių, viršutinis stulpelis žymi reikšmes nuo 50 iki 75 procentilių. Linija stulpelyje žymi medianą, viršutinis ir apatinis ūsas žymi minimalias ir maksimalias reikšmes (nuo min iki 25 persentelės ir nuo 75 iki max). Linija einanti per stulpelius žymi vidurkį, o punktyrinė linija – vidurkio linijinės regresijos linija.

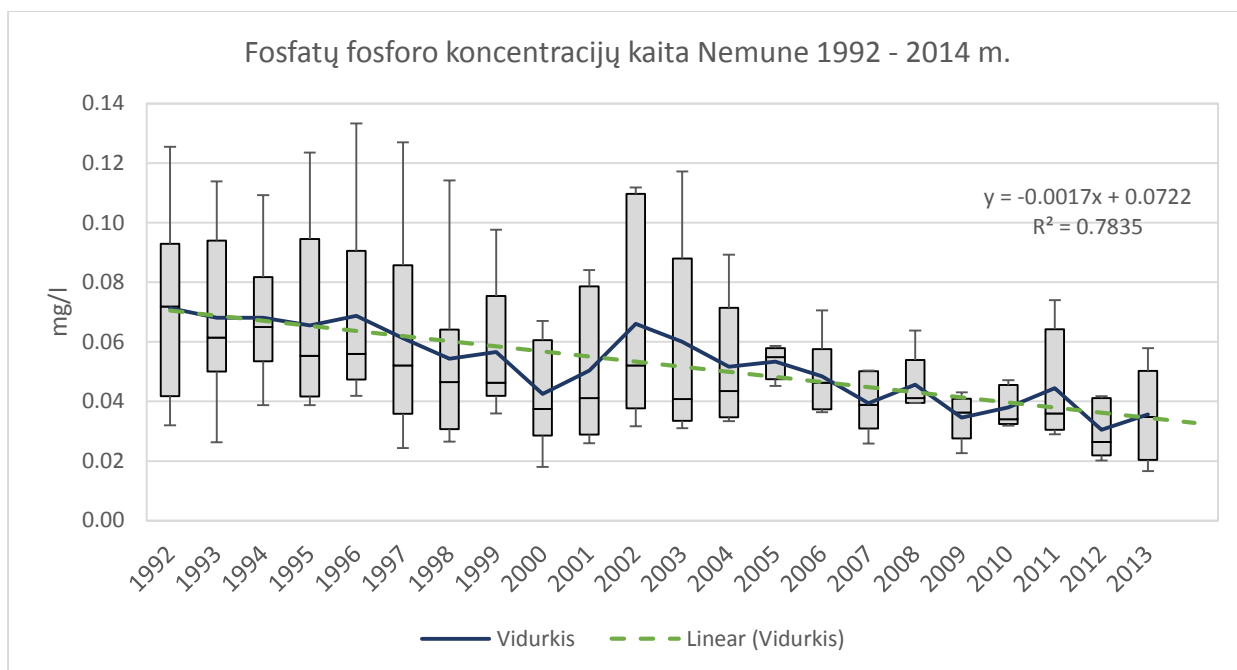
1992-1995 m. laikotarpiu nitritų azoto koncentracija mažėjo nuo 0,025 mg/l iki 0,014 mg/l, 1996-2003 m. koncentracija mažėjo nuo 0,017 mg/l iki 0,012 mg/l, sekančiais metais koncentracija buvo šiek tiek didesnės nuo 2006 m. koncentracija mažėjo nuo 0,017 mg/l, o 2012m.-2013 m. koncentracija padidėjo iki 0,014 mg/l (Pav. 12). Didžiausi nitritų azoto koncentracijų „išsibarstymai“ buvo 1992 m., 1993 m., 1999 m., 2002 m. ir 2006 m.



13 pav. Bendro azoto koncentracijų kaita 1992-2014 m. Nemune.

Apatinis stulpelis žymi reikšmes nuo 25 iki 50 procentilių, viršutinis stulpelis žymi reikšmes nuo 50 iki 75 procentilių. Linija stulpelyje žymi medianą, viršutinis ir apatinis ūsas žymi minimalias ir maksimalias reikšmes (nuo min iki 25 persentelės ir nuo 75 iki max). Linija einanti per stulpelius žymi vidurkį, o punktyrinė linija – vidurkio linijinės regresijos linija.

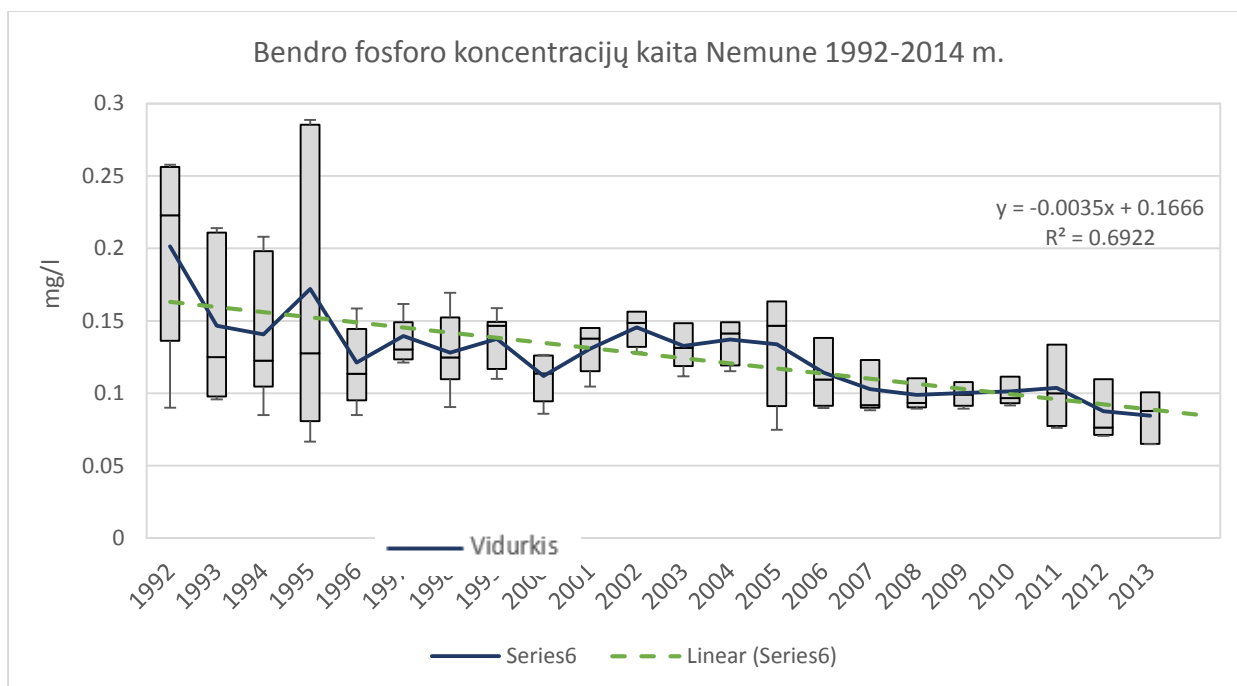
1992 m. ir 1993 m. buvo didelis bendro azoto koncentracijos skirtumas – tarp 1,4 mg/l ir 4,8 mg/l. 1994-2013 m. laikotarpiu bendro azoto koncentracija buvo daugmaž pastovios, apie 2 mg/l (Pav. 13).



14 pav. Bendro azoto koncentracijų kaita 1992-2014 m. Nemune.

Apatinis stulpelis žymi reikšmes nuo 25 iki 50 procentilių, viršutinis stulpelis žymi reikšmes nuo 50 iki 75 procentilių. Linija stulpelyje žymi medianą, viršutinis ir apatinis ūsas žymi minimalias ir maksimalias reikšmes (nuo min iki 25 persentelės ir nuo 75 iki max). Linija einanti per stulpelius žymi vidurkį, o punktyrinė linija – vidurkio linijinės regresijos linija.

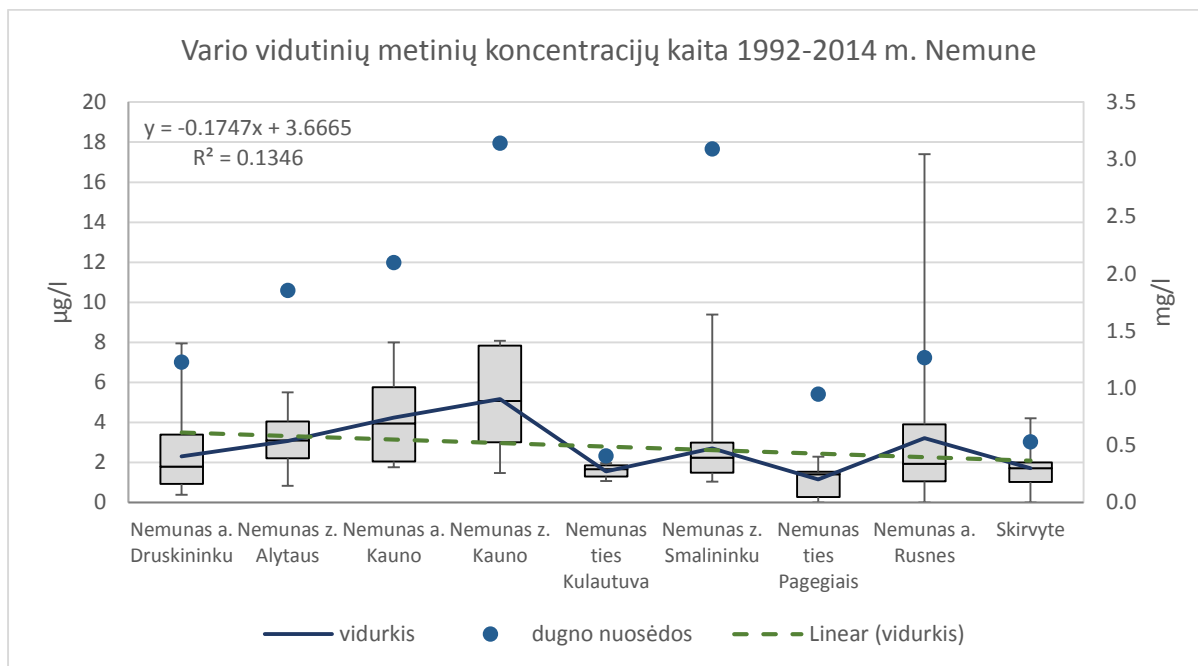
Nuo 1992 m. iki 2013 m. fosfatų fosforo koncentracija tolygiai mažėjo nuo 0,07 mg/l iki 0,038 mg/l. Nuo 2005 m. koncentracijų diapazonas (ribos) žymiai sumažėjo lyginant su praėjusiu 1992-2004 m. laikotarpiu (Pav. 14).



15 pav. Bendro fosforo koncentracijų kaita 1992-2014 m. Nemune. Apatinis stulpelis žymi reikšmes nuo 25 iki 50 procentilių, viršutinis stulpelis žymi reikšmes nuo 50 iki 75 procentilių. Linija stulpelyje žymi medianą, viršutinis ir apatinis ūsas žymi minimalias ir maksimalias reikšmes (nuo min iki 25 persentelės ir nuo 75 iki max). Linija einanti per stulpelius žymi vidurkį, o punktyrinė linija – vidurkio linijinės regresijos linija.

1992 m. bendro fosforo vidutinė koncentracija buvo didžiausia – 0,22 mg/l. 1993-1998 m. laikotarpiu koncentracijos mediana buvo pastovi apie 0,125 mg/l. 1999-2005 m. laikotarpiu koncentracijų vidurkiai ir medianos buvo apie 0,14 mg/l. 2006-2011 m. laikotarpiu bendro fosforo koncentracijų vidurkiai ir medianos buvo apie 0,09 mg/l, o 2012 m. ir 2013 m. dar suma-ėjo iki 0,08 mg/l (Pav. 15). Didžiausias koncentracijų duomenų verčių „išsibarstymas“ buvo 1992 m. ir 1995 m.

3.5. Tendencijų analizė pagal box-and-whisker grafikus Nemune



16 pav. Vario vidutinių metinių 1992-2014 m. laikotarpio koncentracijų kaita vandenyje ir dugno nuosėdose Nemune.

Pagal pateiktą grafiką (Pav. 16) galima teigti, kad vario koncentracijos Nemune didėja tolygiai nuo 2 µg/l aukščiau Druskininkų iki 5 µg/l žemiau Kauno. Ties Kulautuva vario koncentracija žymiai sumažėja iki 1,8 µg/l, o koncentracijos mediana iki Skirvytės neviršija 2 µg/l. Didžiausias vario koncentracijų „išsibarstymas“ yra Nemune aukščiau Rusnės, kur 17,4 µg/l buvo nustatyti 1996 m.

Dugno nuosėdose vario koncentracija labai panašiai atkartoja koncentracijų didėjimą ir mažėjimą vandenyje – iki monitoringo vietos Nemune žemiau Kauno koncentracija didėja nuo 1,25 mg/l iki 3 mg/l, ties Kulautuva sumažėja iki 0,5 mg/l, ties Smalininkais koncentracija didėja iki 3 mg/l, o aukščiau Rusne ir Skirvytėje sumažėja iki 0,5-1,25 mg/l.

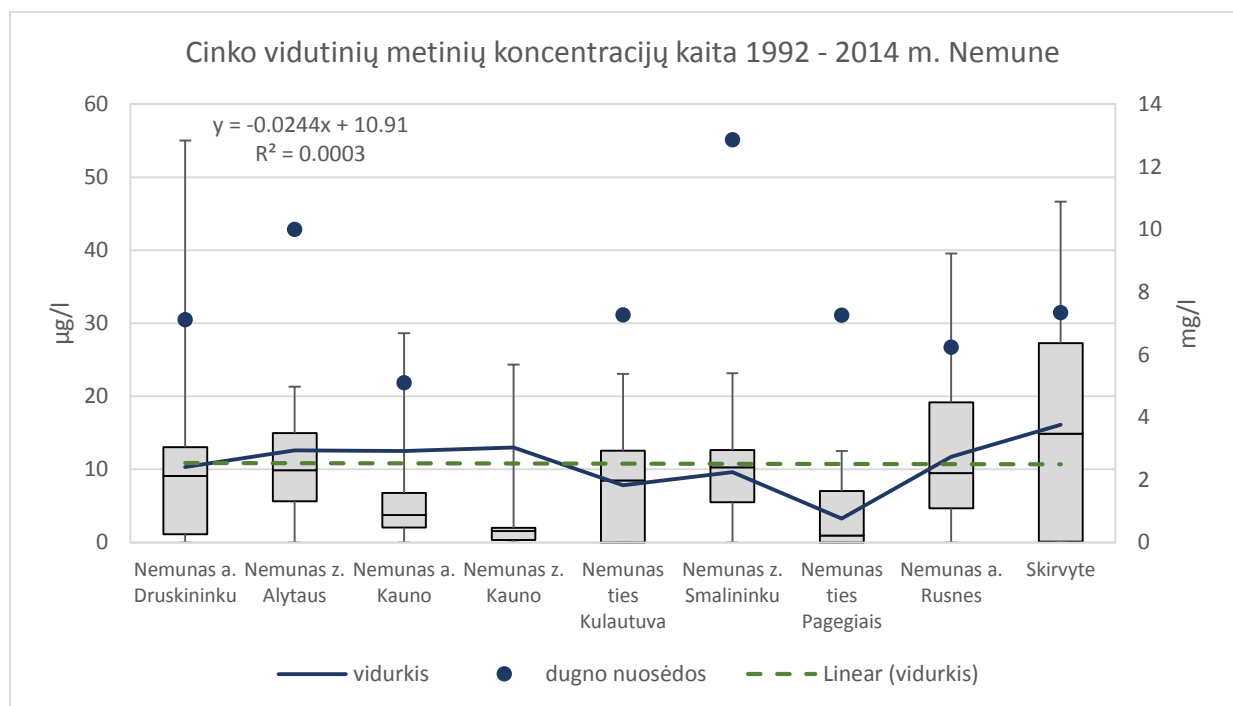
Lentelė 12. Vario tendencijos Nemune pagal Mann-Kendall testą

	Nemune aukščiau Druskininkų	Nemune žemiau Alytaus	Nemune aukščiau Kauno	Nemune žemiau Kauno	Nemune ties Kulautuva	Nemune ties Salininkais	Nemune ties Pagėgiais	Nemune aukščiau Rusne	Skirvytėje
Cu	mažėja	mažėja	mažėja	mažėja	mažėja	mažėja	didėja	mažėja	nėra

Pagal Mann-Kendall tendencijų testą, vario koncentracijos Nemune turi tendenciją mažėti (žr. 9 lentelė) visose Nemuno monitoringo vietose, išskyrus ties Pagėgiais tendencija

yra didėjanti, o Skirvytėje tendencijos nėra. Pagal turimus rezultatus, galima apibendrinti, kad vario koncentracija Nemuno vandenyje turi tendenciją mažėti su tendencijos reikšmingumo verte 0,017, t. y. 0,017 $\mu\text{g/l}$ sumažės kasmet.

Nors pagal pateiktą grafiką (Pav. 16) matome, kad vario koncentracijos Nemune iki žemiau Kauno didėja, o nuo Kulautuvos iki Skirvytės yra daugmaž pastovios, Mann-Kendall testas parodo, kad visose šiose vietose, išskyrus ties Pagėgiais ir Skirvyte, yra vario koncentracijų mažėjanti tendencija. Tai reiškia, kad su laiku Pav. 16. pavaizduotų atskirų monitoringo vietų medianos ir vidurkiai pasislinks žemiau, atitinkant mažesnes vario koncentracijas.



17 pav. Cinko vidutinių metinių 1992-2014 m. laikotarpio koncentracijų kaita vandenyje ir dugno nuosėdose Nemune.

Pagal pateiktą grafiką (Pav. 17) galima matyti, kad cinko koncentracijų vidurkiai ir medianos Nemune aukščiau Kauno ir žemiau Kauno žymiai skiriasi dėl koncentracijų verčių „išsibarstymo“. Analizuojant cinko koncentracijų kaitą skirtingose Nemuno vietose, remiamasi medianomis, kadangi jos labiau atspindi realią situaciją ir mažiau įtakojamos pavienių išsišokusių verčių, kurios gali iškraipyti ir leisti neteisingai interpretuoti duomenis. Cinko koncentracijos Nemune nuo aukščiau Druskininkų (9 $\mu\text{g/l}$) iki žemiau Kauno (1 $\mu\text{g/l}$) mažėja. Ties Kulautuva ir Smalininkais cinko koncentracijos didėja iki 9-10 $\mu\text{g/l}$, ties Pagėgiais sumažėja iki panašaus lygio kaip ir žemiau Kauno, t. y. iki 1 $\mu\text{g/l}$, o aukščiau Rusne ir Skirvyte

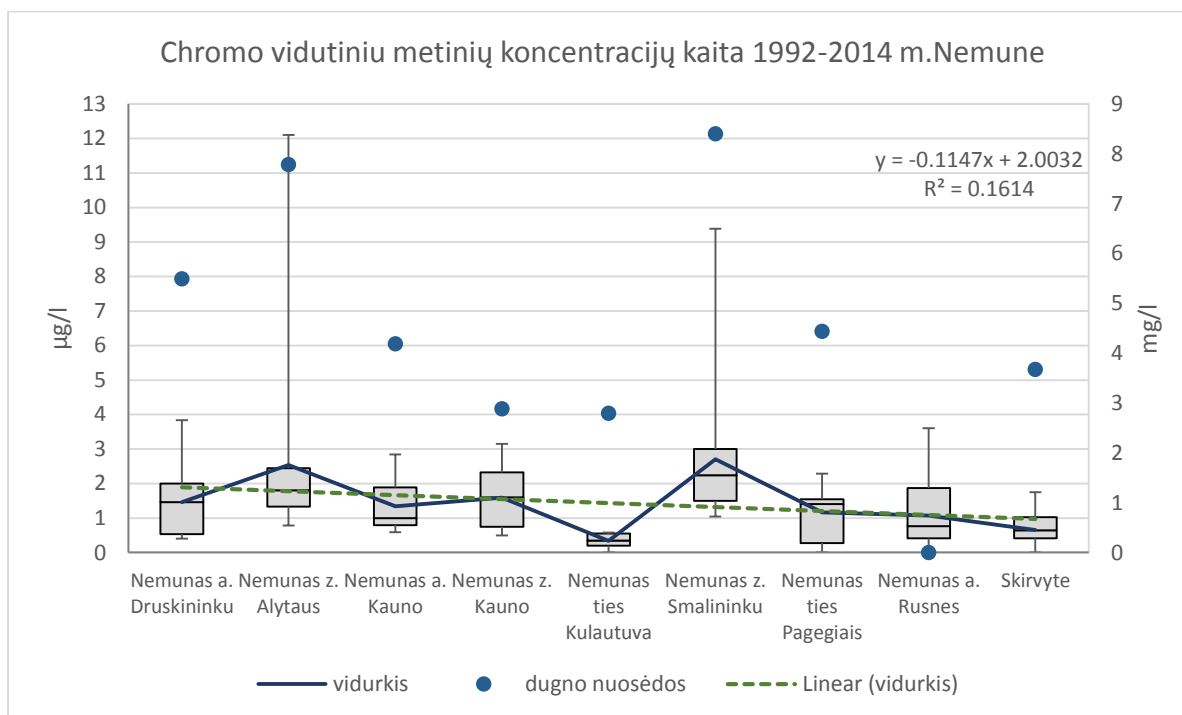
didėja iki 15 µg/l. Cinko koncentracijos 1992-2014m. laikotarpiu beveik visose Nemuno monitoringo yra nemažai „išsibarsčiusios“, nuo 10 µg/l iki 40 µg/l diapazono.

Dugno nuosėdose cinko koncentracija šiek tiek atkartoja koncentracijų medianų didėjimą ir mažėjimą vandenyje. Didžiausios cinko koncentracijos dugno nuosėdose yra žemiau Alytaus (10 µg/l) ir ties Smalininkais (13 µg/l), o mažiausios – aukščiau Kauno (5 µg/l).

Lentelė 13. Cinko tendencijos Nemune pagal Mann-Kendall testą

	Nemune aukščiau Druskininkų	Nemune žemiau Alytaus	Nemune aukščiau Kauno	Nemune žemiau Kauno	Nemune ties Kulautuva	Nemune ties Salininkais	Nemune ties Pagėgiais	Nemune aukščiau Rusne	Skirvytėje
Zn	mažėja	nėra	nėra	nėra	mažėja	mažėja	nėra	mažėja	yra

Pagal Mann-Kendall tendencijų testą, cinko koncentracijos Nemune turi tendenciją mažėti aukščiau Druskininkų, ties Kulautuva, ties Smalininkais ir aukščiau Rusne (10 lentelė). Cinko koncentracijų tendencijų nėra žemiau Alytaus, aukščiau Kauno, žemiau Kauno bei ties Pagėgiais, o Skirvytėje tendencija yra, tačiau neturi reikšmingumo (reikšmingumo vertė lygi nuliui). Pagal turimus rezultatus galima apibendrinti, kad cinko koncentracija Nemuno vandenyje neturi tendencijos.



18 pav. Chromo vidutinių metinių 1992-2014 m. laikotarpio koncentracijų kaita vandenyje ir dugno nuosėdose Nemune.

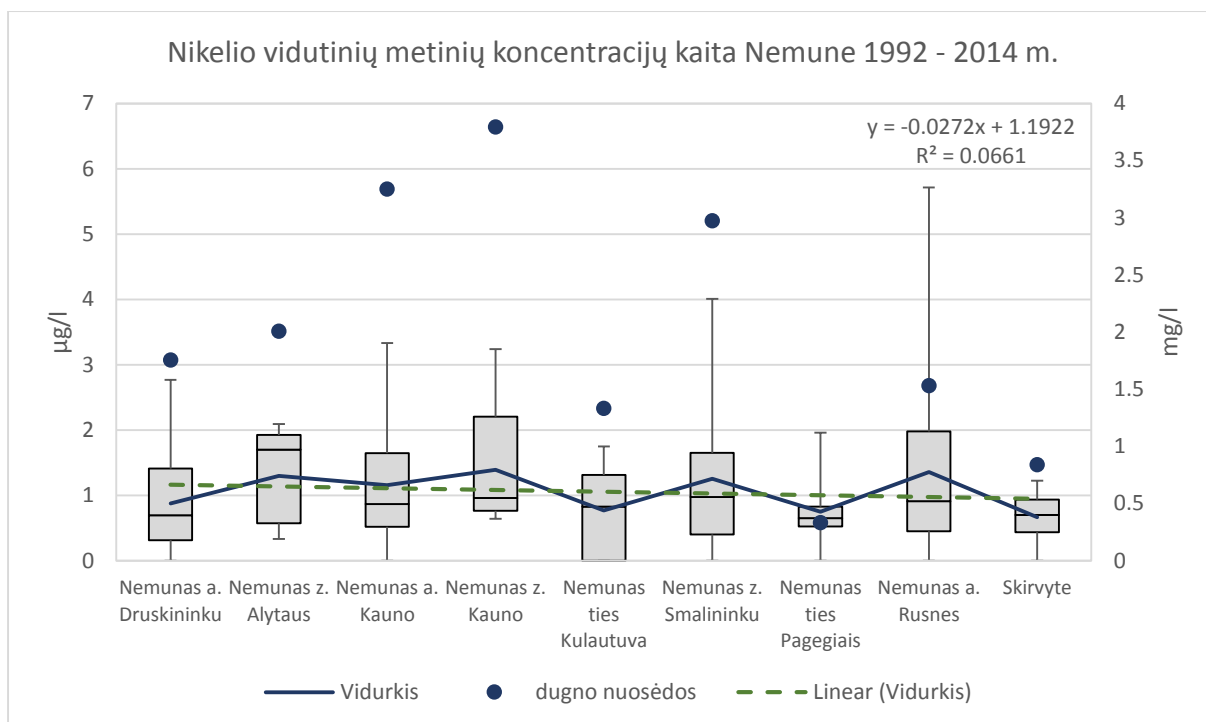
Pagal pateiktą grafiką (Pav. 18) galima teigti, kad chromo koncentracijos Nemune nuo aukščiau Druskininkų iki žemiau Kauno yra daugmaž pastovios – 1,5 µg/l. Ties Kulautuva chromo koncentracijos žymiai sumažėja iki 0,4 µg/l ir ties Smalininkais padidėja iki 2,5 µg/l. Nuo Smalininkų chromo koncentracija iki Skirvytės mažėja iki 0,5 µg/l. Didžiausias chromo koncentracijų „išsibarstymas“ iki 9 µg/l skirtumu nuo medianos buvo žemiau Alytaus (2003 m.) ir ties Smalininkais (1993 m.).

Dugno nuosėdose chromo koncentracija atkartoja koncentracijų vidurkių didėjimą ir mažėjimą vandenyje. Didžiausios chromo koncentracijos dugno nuosėdose yra žemiau Alytaus (8 µg/l) ir ties Smalininkais (8,5 µg/l), o mažiausios – aukščiau Rusnės (0,6 µg/l).

Lentelė 14. Chromo tendencijos Nemune pagal Mann-Kendall testą

	Nemune aukščiau Druskininkų	Nemune žemiau Alytaus	Nemune aukščiau Kauno	Nemune žemiau Kauno	Nemune ties Kulautuva	Nemune ties Salininkais	Nemune ties Pagėgiais	Nemune aukščiau Rusne	Skirvytėje
Cr	mažėja	mažėja	mažėja	mažėja	yra	mažėja	didėjanti	mažėja	yra

Pagal Mann-Kendall tendencijų testą, chromo koncentracijos Nemune turi tendenciją mažėti daugelyje Nemuno vietų, išskyrus nėra aiški tendencija ties Kulautuva ir Skirvyte, kadangi tendencijos reikšmingumas lygus nuliui, o ties Pagėgiais tendencija yra teigiama (11 lentelė). Pagal turimus rezultatus galima apibendrinti, kad chromo koncentracija Nemuno vandenyje turi tendenciją mažėti su reikšmingumo verte 0,007, t. y. 0,007 µg/l sumažės kasmet.



19 pav. Nikelio vidutinių metinių 1992-2014 m. laikotarpio koncentracijų kaita vandenyje ir dugno nuosėdose Nemune.

Pagal pateiktą grafiką (Pav. 19) galima teigti, kad nikelio koncentracijų medianos Nemune nuo aukščiau Druskininkų iki Skirvytės nekito daugiau nei per 1 µg/l. Nikelio koncentracija šiek tiek didesnė Nemuno monitoringo vietoje žemiau Alytaus (1,8 µg/l), o nuo aukščiau Kauno iki Skirvytės pastoviai laikosi apie 0,8 µg/l. Didžiausias nikelio koncentracijų „išsibarstymas“ iki 4,5 µg/l skirtumu nuo medianos buvo aukščiau Rusnėje (1996 m.).

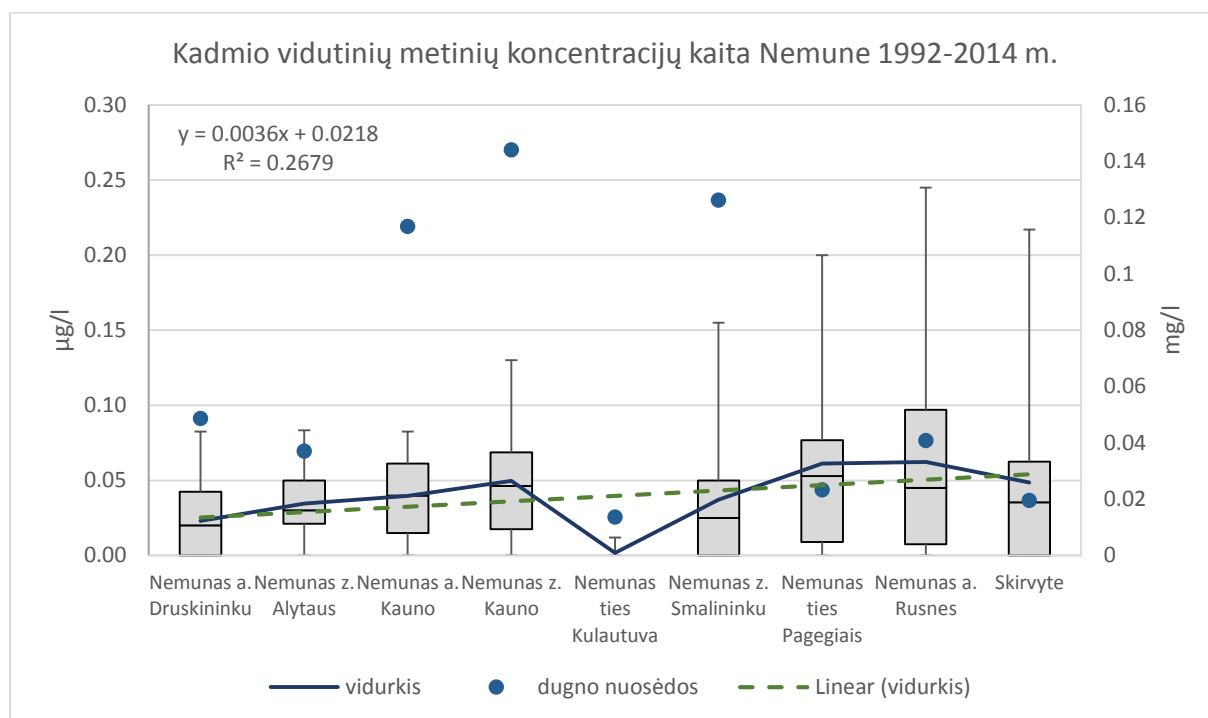
Dugno nuosėdose nikelio koncentracija didėja iki žemiau Kauno (3,7 mg/l) ir ties Kulautuva sumažėja iki 1,5 mg/l. Toliau nikelio koncentracijos dugno nuosėdose yra nepastovios, tačiau iki Skirvytės sumažėja iki 1 mg/l.

Lentelė 15. Nikelio tendencijos Nemune pagal Mann-Kendall testą

	Nemune aukščiau Druskininkų	Nemune žemiau Alytaus	Nemune aukščiau Kauno	Nemune žemiau Kauno	Nemune ties Kulautuva	Nemune ties Salininkais	Nemune ties Pagėgiais	Nemune aukščiau Rusne	Skirvytėje
Ni	mažėja	mažėja	mažėja	nėra	nėra	mažėja	nėra	mažėja	nėra

Pagal Mann-Kendall tendencijų testą, nikelio koncentracijos Nemune turi tendenciją mažėti daugelyje Nemuno vietų, išskyrus tendencijų nėra žemiau Kauno, ties Kulautuva, ties Pagėgiais ir Skirvytėje (12 lentelė). Pagal turimus rezultatus galima apibendrinti, kad nikelio

koncentracija Nemuno vandenyje turi tendenciją mažėti su reikšmingumo verte 0,0062, t. y. 0,0062 µg/l sumažės kasmet.



20 pav. Kadmio vidutinių metinių 1992-2014 m. laikotarpio koncentracijų kaita vandenyje ir dugno nuosėdose Nemune.

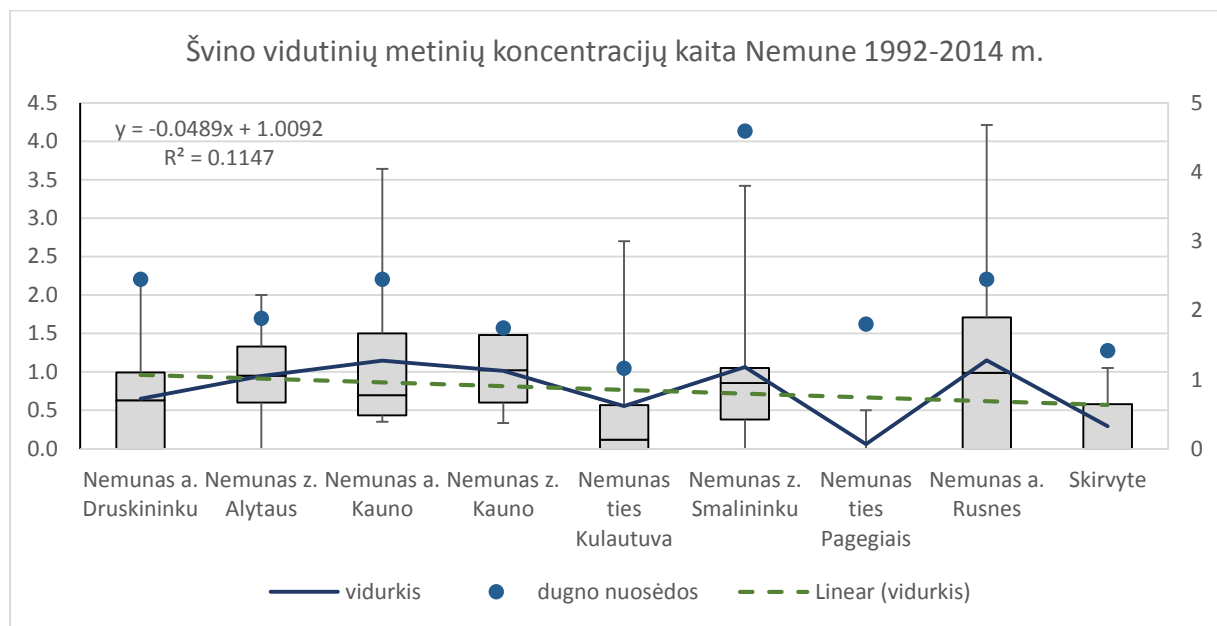
Pagal pateiktą grafiką (Pav. 20) galima teigti, kad kadmio koncentracijos Nemune nuo aukščiau Druskininkų (0,025 µg/l) iki žemiau Kauno (0,45 µg/l) didėjo, o ties Kulautuva koncentracija sumažėjo iki 0 µg/l. Tolesnėse Nemuno monitoringo vietose kadmio koncentracija didėjo iki 0,05 µg/l, o Skirvytėje šiek tiek sumažėjo iki 0,035 µg/l. Didžiausias kadmio koncentracijų „išsibarstymas“ iki 0,2 µg/l skirtumu nuo medianos buvo ties Pagėgiais (2014 m.), aukščiau Rusnės (2007 m.) ir Skirvytėje (2007 m.).

Dugno nuosėdose kadmio didžiausios koncentracijos buvo aptiktos aukščiau Kauno (0,12 mg/l), žemiau Kauno (0,15 mg/l) ir ties Smalininkais (0,13 mg/l). Mažiausios kadmio koncentracijos dugno nuosėdose buvo aptiktos ties Kulautuva (0 mg/l).

Lentelė 16. Kadmio tendencijos Nemune pagal Mann-Kendall testą

	Nemune aukščiau Druskininkų	Nemune žemiau Alytaus	Nemune aukščiau Kauno	Nemune žemiau Kauno	Nemune ties Kulautuva	Nemune ties Salininkais	Nemune ties Pagėgiais	Nemune aukščiau Rusnė	Skirvytėje
Cd	yra	mažėja	mažėja	nėra	yra	yra	yra	nėra	nėra

Pagal Mann-Kendall tendencijų testą, kadmio koncentracijos Nemune turi tendenciją mažėti žemiau Alytaus ir aukščiau Kauno (13 lentelė). Aukščiau Druskininkų, ties Kulautuva, ties Salininkais ir ties Pagėgiais tendencijos yra, tačiau jų reikšmingumas yra lygus nuliui. Kadmio koncentracijų tendencijų pagal Mann-Kendall testą nėra žemiau Kauno, aukščiau Rusne ir Skirvytėje. Pagal turimus testo rezultatus galima apibendrinti, kad kadmio koncentracija Nemuno vandenyje turi tendenciją, tačiau ar ji nereikšminga.



21 pav. Švino vidutinių metinių 1992-2014 m. laikotarpio koncentracijų kaita vandenyje ir dugno nuosėdose Nemune.

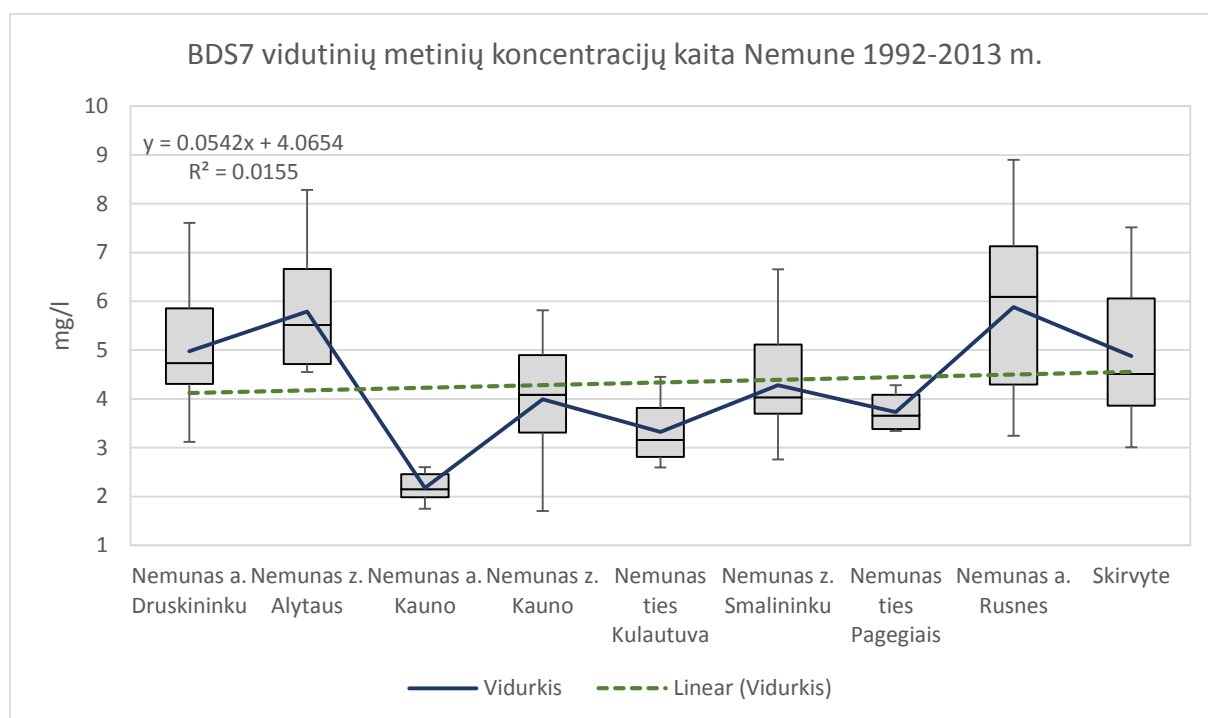
Pagal pateiktą grafiką (Pav. 21) galima teigti, kad švino koncentracijos Nemune nuo aukščiau Druskininkų iki žemiau Kauno laikėsi pastoviai tarp 0,7 $\mu\text{g/l}$ ir 1 $\mu\text{g/l}$., o ties Kulautuva koncentracija sumažėjo iki 0,1 $\mu\text{g/l}$. Tolesnėse Nemuno monitoringo vietose švino koncentracija svyravo nepastoviai tarp 0 $\mu\text{g/l}$ ties Pagėgiais ir 1 $\mu\text{g/l}$ aukščiau Rusne. Didžiausias švino koncentracijų „išsibarstymas“ iki 3,5 $\mu\text{g/l}$ skirtumu nuo medianos buvo aukščiau Kauno (1993 m.), ties Smalininkais (2003 m.) ir aukščiau Rusnės (1993 m.).

Dugno nuosėdose švino koncentracija atkartoja koncentracijų vidurkių didėjimą ir mažėjimą vandenyje. Dugno nuosėdose švino didžiausios koncentracijos buvo aptiktos aukščiau ties Smalininkais (4,5 mg/l), o mažiausios – ties Kulautuva (1 mg/l) ir Skirvytėje (1,3 mg/l).

Lentelė 17. Švino tendencijos Nemune pagal Mann-Kendall testą

	Nemune aukščiau Druskininkų	Nemune žemiau Alytaus	Nemune aukščiau Kauno	Nemune žemiau Kauno	Nemune ties Kulautuva	Nemune ties Salininkais	Nemune ties Pagėgiais	Nemune aukščiau Rusne	Skirvytėje
Pb	yra	mažėja	nėra	nėra	nėra	mažėja	nėra	mažėja	nėra

Pagal Mann-Kendall tendencijų testą, švino koncentracijos Nemune turi tendenciją mažėti žemiau Alytaus, ties Salininkais ir aukščiau Rusne, o aukščiau Druskininkų tendencijos yra, tačiau jų reikšmingumas lygus nuliui (14 lentelė). Visos kitose Nemuno monitoringo vietose tendencijų nėra. Pagal turimus Mann-Kendall testo rezultatus galima apibendrinti, kad švino koncentracija Nemuno vandenyje neturi tendencijos.



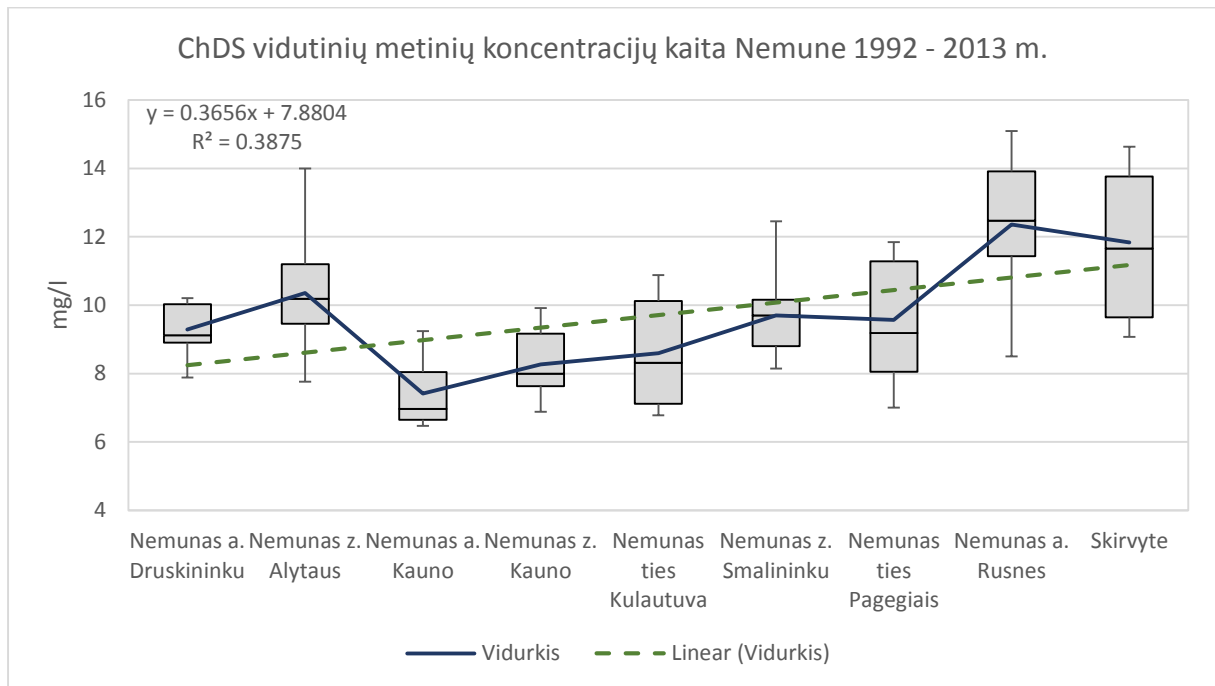
22 pav. BDS7 vidutinių metinių 1992-2014 m. laikotarpio koncentracijų kaita Nemune.

Pagal pateiktą grafiką (Pav. 22) galima teigti, kad BDS7 koncentracijos Nemune nuo aukščiau Druskininkų iki žemiau Alytaus šiek tiek didėjo iki 5,5 mg/l, o aukščiau Kauno sumažėjo iki 2,15 mg/l. Tolesnėje Nemuno monitoringo vietoje – žemiau Kauno BDS7 padidėjo iki 4 mg/l ir laikėsi pastoviai tarp 3,5 mg/l ir 4 mg/l. Aukščiau Rusne BDS7 koncentracija padidėjo iki 6 mg/l, o Skirvytėje sumažėjo iki 4,5 mg/l.

Lentelė 18. BDS7 tendencijos Nemune pagal Mann-Kendall testą

	Nemune aukščiau Druskininkų	Nemune žemiau Alytaus	Nemune aukščiau Kauno	Nemune žemiau Kauno	Nemune ties Kulautuva	Nemune ties Salininkais	Nemune ties Pagėgiais	Nemune aukščiau Rusne	Skirvytėje
BDS7	mažėja	mažėja	nėra	mažėja	didėja	nėra	nėra	mažėja	mažėja

Pagal Mann-Kendall tendencijų testą, BDS7 koncentracijos Nemune turi tendenciją mažėti aukščiau Druskininkų, žemiau Alytaus, žemiau Kauno, aukščiau Rusne ir Skirvytėje (15 lentelė). Didėjanti tendencija yra ties Kulautuva, o aukščiau Kauno, ties Salininkais ir ties Pagėgiais tendencijų nėra. Pagal turimus Mann-Kendall testo rezultatus galima apibendrinti, kad BDS7 koncentracija Nemuno vandenyje turi tendenciją mažėti.



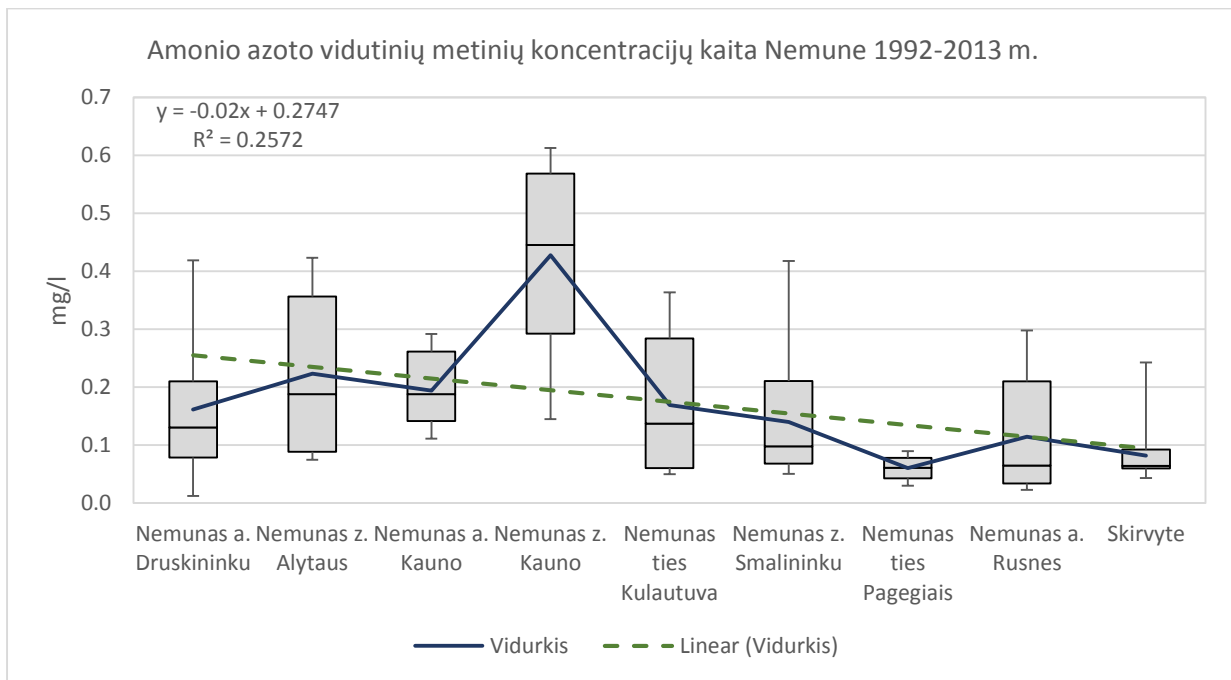
23 pav. ChDS vidutinių metinių 1992-2014 m. laikotarpio koncentracijų kaita Nemune.

Pagal pateiktą grafiką (Pav. 23) galima teigti, kad ChDS koncentracijos Nemune nuo aukščiau Druskininkų iki žemiau Alytaus šiek tiek didėjo (iki 10 mg/l), o aukščiau Kauno sumažėjo iki 7 mg/l. Tolesnėse Nemuno monitoringo vietoje ChDS koncentracija didėjo iki 11,7 mg/l. Didžiausia ChDS koncentracija buvo aptikta Nemuno monitoringo vietoje aukščiau Rusne (12,5 mg/l).

Lentelė 19. ChDS tendencijos Nemune pagal Mann-Kendall testą

	Nemune aukščiau Druskininkų	Nemune žemiau Alytaus	Nemune aukščiau Kauno	Nemune žemiau Kauno	Nemune ties Kulautuva	Nemune ties Salininkais	Nemune ties Pagėgiais	Nemune aukščiau Rusne	Skirvytėje
CHDS	mažėja	nėra	nėra	nėra	didėja	didėja	mažėja	didėja	didėja

Pagal Mann-Kendall tendencijų testą, ChDS koncentracijos Nemune turi tendenciją mažėti aukščiau Druskininkų ir ties Pagėgiais, o tendenciją didėti – ties Kulautuva, ties Smalininkais, aukščiau Rusne ir Skirvytėje. ChDS tendencijų nėra žemiau Alytaus, aukščiau Kauno ir žemiau Kauno. Pagal turimus Mann-Kendall testo rezultatus galima apibendrinti, kad ChDS koncentracija Nemuno vandenyje turi tendenciją didėti su reikšmingumo verte +0,096, t. y. padidėti 0,096 mg/l per metus.



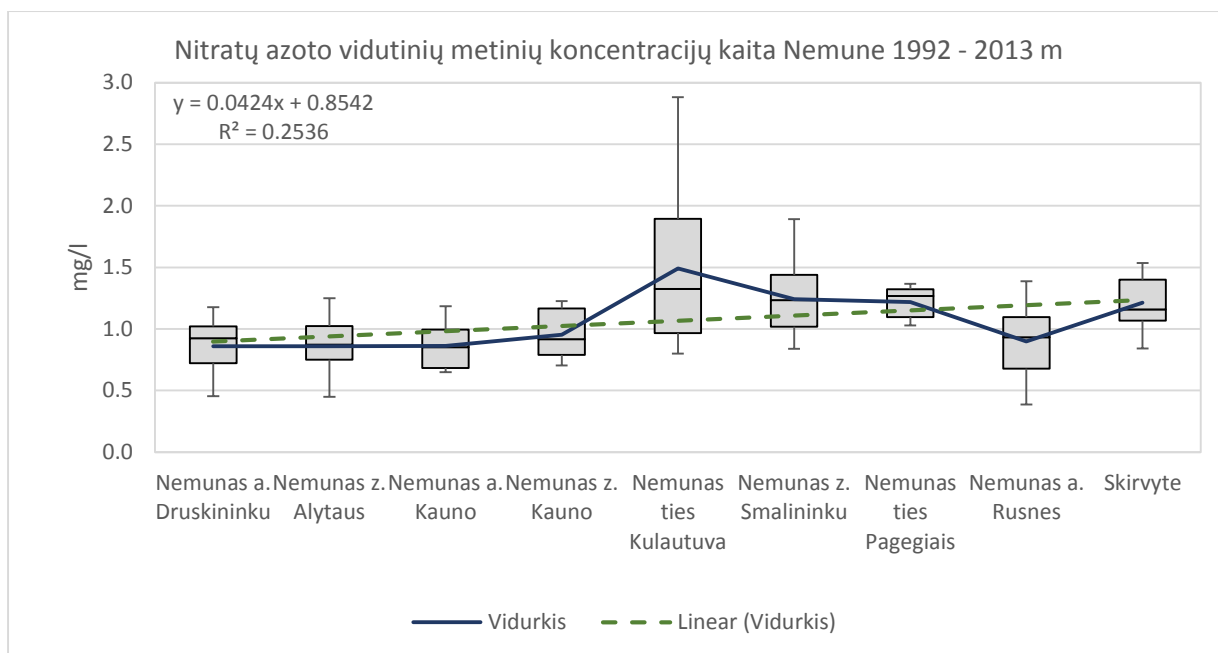
24 pav. Amonio azoto vidutinių metinių 1992-2014 m. laikotarpio koncentracijų kaita Nemune.

Pagal pateiktą grafiką (Pav. 24) galima teigti, kad amonio azoto koncentracijos Nemune nuo aukščiau Druskininkų iki žemiau Kauno didėjo (iki 0,45 mg/l), o tolimesnėse monitoringo vietose mažėjo iki 0,07 mg/l.

Lentelė 20. Amonio azoto tendencijos Nemune pagal Mann-Kendall testą

	Nemune aukščiau Druskininkų	Nemune žemiau Alytaus	Nemune aukščiau Kauno	Nemune žemiau Kauno	Nemune ties Kulautuva	Nemune ties Salininkais	Nemune ties Pagėgiais	Nemune aukščiau Rusne	Skirvytėje
NH ₄ -N	mažėja	mažėja	mažėja	mažėja	mažėja	mažėja	nėra	mažėja	mažėja

Pagal Mann-Kendall tendencijų testą, Amonio azoto koncentracijos Nemune turi tendenciją mažėti visose vietose, išskyrus nėra tendencijos ties Pagėgiais (17 lentelė), todėl galima apibendrinti, kad amonio azoto koncentracija Nemuno vandenyje turi tendenciją mažėti su reikšmingumo verte -0,0014, t. y. sumažėti 0,0014 mg/l per metus.



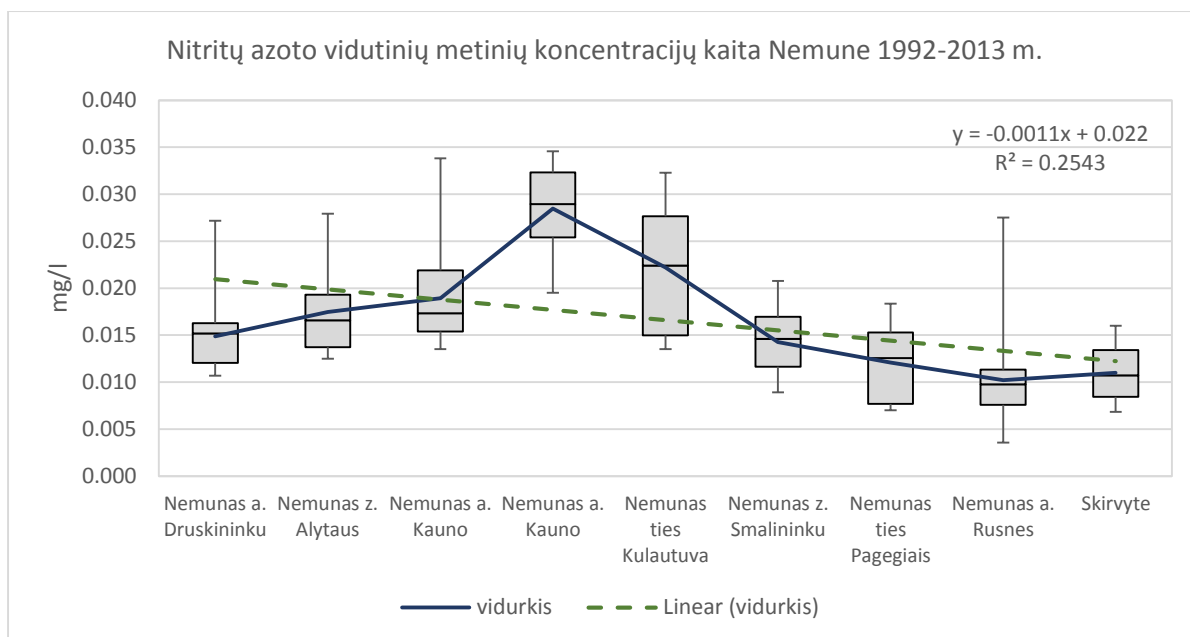
25 pav. Nitratų azoto vidutinių metinių 1992-2014 m. laikotarpio koncentracijų kaita Nemune.

Pagal pateiktą grafiką (Pav. 25) galima teigti, kad nitratų azoto koncentracijos Nemune nuo aukščiau Druskininkų iki žemiau Kauno buvo pastovios apie 0,9 mg/l, tarp Kulautuvos ir Pagėgių nitratų azoto koncentracijos buvo pastoviai apie 1,3 mg/l, aukščiau Rusne sumažėjo iki 0,9 mg/l, o Skirvytėje padidėjo iki 1,2 mg/l.

Lentelė 21. Nitratų azoto tendencijos Nemune pagal Mann-Kendall testą

	Nemune aukščiau Druskininkų	Nemune žemiau Alytaus	Nemune aukščiau Kauno	Nemune žemiau Kauno	Nemune ties Kulautuva	Nemune ties Salininkais	Nemune ties Pagėgiais	Nemune aukščiau Rusne	Skirvytėje
NO ₃ -N	nėra	nėra	nėra	nėra	nėra	nėra	mažėja	mažėja	mažėja

Pagal Mann-Kendall tendencijų testą, nitratų azoto koncentracijos Nemune turi tendenciją mažėti ties Pagėgiais, aukščiau Rusne ir Skirvytėje, o tendencijų nėra visose kitose Nemuno monitoringo vietose (18 lentelė). Remiantis Mann-Kendall testo rezultatais galima apibendrinti, kad nitratų azoto tendencijų nėra.



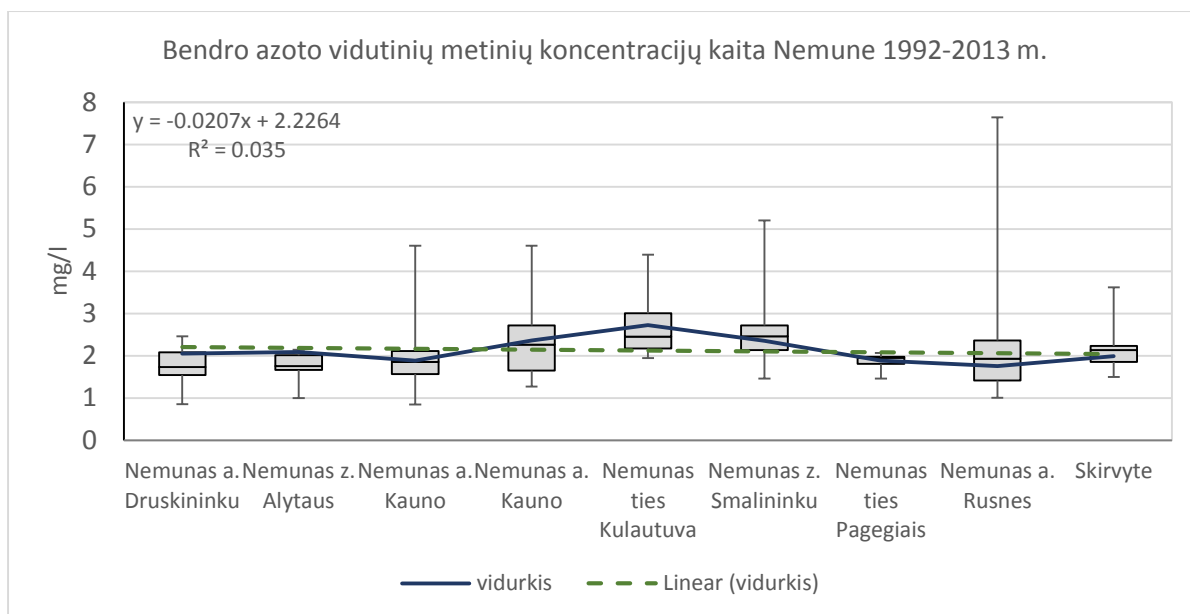
26 pav. Nitritų azoto vidutinių metinių 1992-2014 m. laikotarpio koncentracijų kaita Nemune.

Pagal pateiktą grafiką (Pav. 26) galima teigti, kad nitritų azoto koncentracijos Nemune nuo aukščiau Druskininkų iki aukščiau Kauno buvo pastovios apie 0,017 mg/l, žemiau Kauno nitritų azoto koncentracija žymiai padidėjo iki 0,028 mg/l ir tolimesnėse Nemuno monitoringo vietose mažėjo iki 0,01 mg/l. Didžiausiai nitritų azoto koncentracijų „išsibarstymas“, skirtumu nuo medianos apie 0,015 mg/l) buvo aukščiau Rusne (1992 m.).

Lentelė 22. Nitritų azoto tendencijos Nemune pagal Mann-Kendall testą

	Nemune aukščiau Druskininkų	Nemune žemiau Alytaus	Nemune aukščiau Kauno	Nemune žemiau Kauno	Nemune ties Kulautuva	Nemune ties Salininkais	Nemune ties Pagegiais	Nemune aukščiau Rusne	Skirvytėje
NO ₂ -N	didėja	nėra	nėra	nėra	nėra	didėja	didėja	nėra	didėja

Pagal Mann-Kendall tendencijų testą, nitritų azoto koncentracija Nemune turi tendenciją didėti aukščiau Druskininkų, ties Salininkais, ties Pagegiais ir Skirvytėje, o tendencijų nėra visose kitose Nemuno monitoringo vietose (19 lentelė). Remiantis Mann-Kendall testo rezultatais galima apibendrinti, kad nitritų azoto tendencijų nėra.



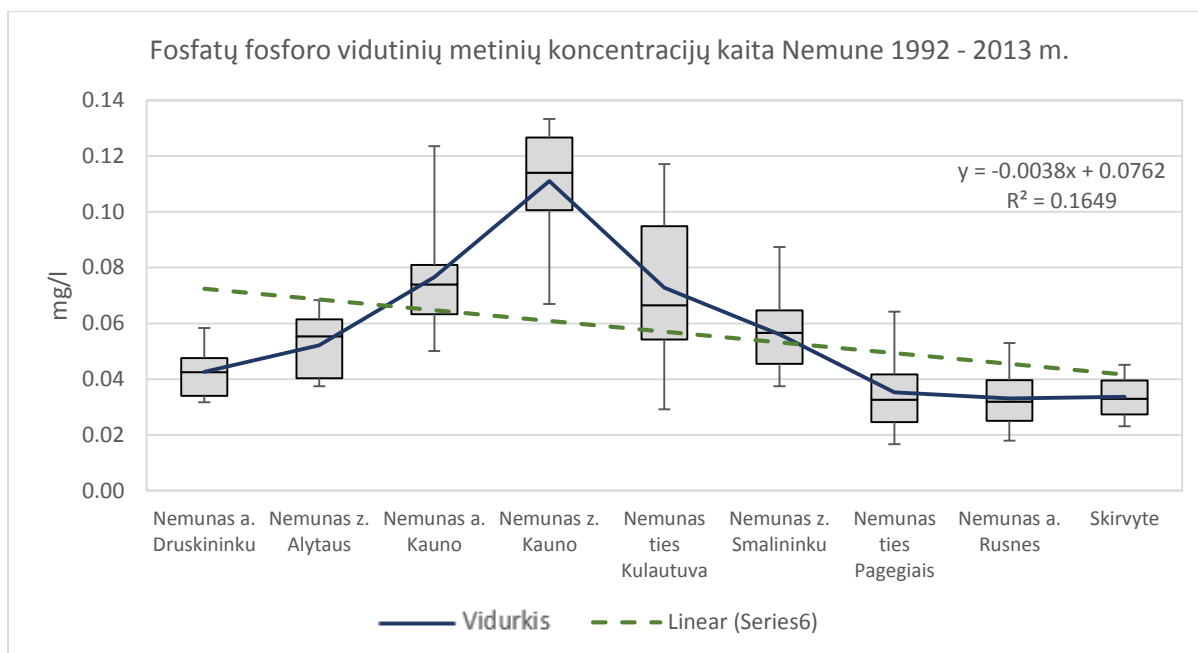
27 pav. Bendro azoto vidutinių metinių 1992-2014 m. laikotarpio koncentracijų kaita Nemune.

Pagal pateiktą grafiką (Pav. 27) galima teigti, kad bendro azoto koncentracijos Nemune nuo aukščiau Druskininkų iki aukščiau Kauno buvo pastovios apie 1,8 mg/l, tarp žemiau Kauno ir Smalininkų bendro azoto koncentracija padidėjo iki 2,5 mg/l, o nuo Pagėgių iki Skirvytės buvo sumažėjusi iki 2 mg/l. Didžiausias bendro azoto koncentracijų „išsibarstymas“, skirtumu nuo medianos apie 5,5 mg/l) buvo aukščiau Rusne (1994 m.).

Lentelė 23. Bendro azoto tendencijos Nemune pagal Mann-Kendall testą

	Nemune aukščiau Druskininkų	Nemune žemiau Alytaus	Nemune aukščiau Kauno	Nemune žemiau Kauno	Nemune ties Kulautuva	Nemune ties Salininkais	Nemune ties Pagėgiais	Nemune aukščiau Rusne	Skirvytėje
N bendras	didėja	nėra	nėra	mažėja	nėra	nėra	nėra	mažėja	nėra

Pagal Mann-Kendall tendencijų testą, bendro azoto koncentracija Nemune turi tendenciją mažėti žemiau Kauno ir aukščiau Rusne, o didėti – aukščiau Druskininkų (20 lentelė). Tendencijų nėra visose likusiose Nemuno monitoringo vietose. Remiantis Mann-Kendall testo rezultatais galima apibendrinti, kad bendro azoto tendencijų nėra.



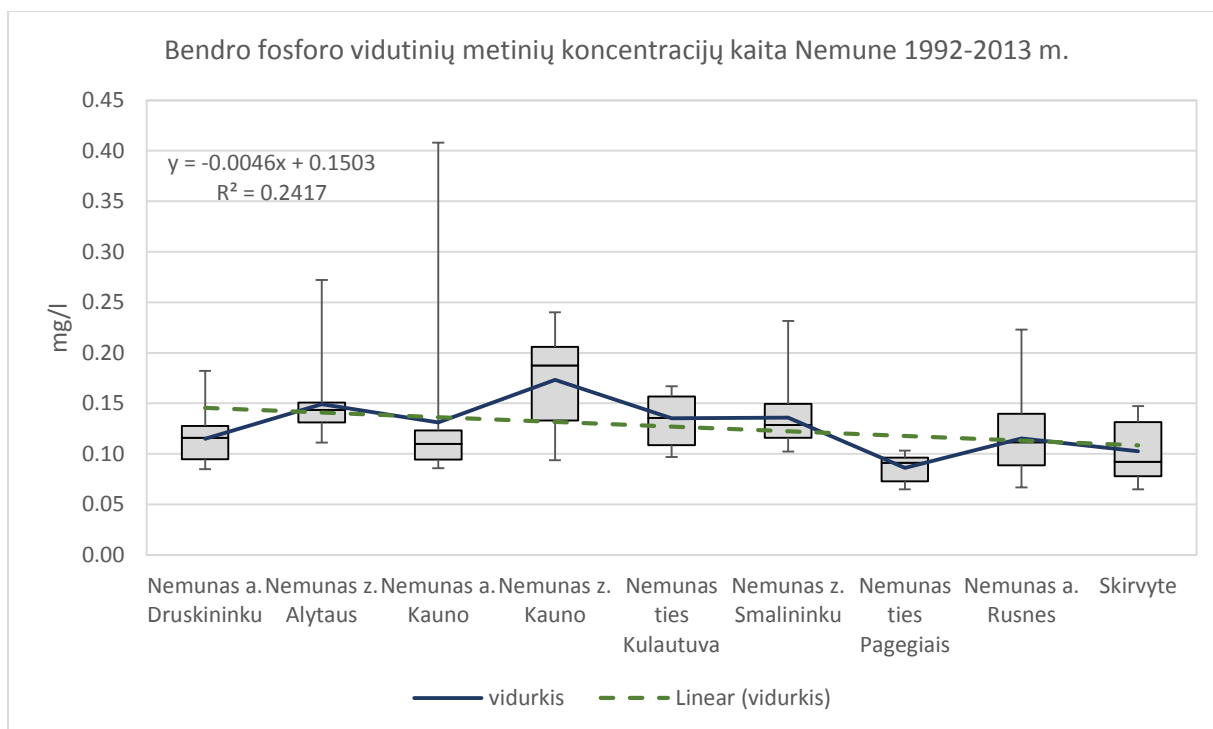
28 pav. Fosfatų fosforo vidutinių metinių 1992-2014 m. laikotarpio koncentracijų kaita Nemune.

Pagal pateiktą grafiką (Pav. 28) galima teigti, kad fosfatų fosforo koncentracijos Nemune nuo aukščiau Druskininkų iki žemiau Kauno didėjo nuo 0,043 mg/l iki 0,11 mg/l, o nuo Kulautuvos fosfatų fosforo koncentracija mažėjo iki 0,03 mg/l ties Pagėgiais, kur koncentracija iki Skirvytės buvo pastovi.

Lentelė 24. Fosfatų fosforo tendencijos Nemune pagal Mann-Kendall testą

	Nemune aukščiau Druskininkų	Nemune žemiau Alytaus	Nemune aukščiau Kauno	Nemune žemiau Kauno	Nemune ties Kulautuva	Nemune ties Salininkais	Nemune ties Pagėgiais	Nemune aukščiau Rusne	Skirvytėje
PO4-P	nėra	mažėja	nėra	nėra	nėra	nėra	mažėja	nėra	nėra

Pagal Mann-Kendall tendencijų testą, fosfatų fosforo koncentracija Nemune turi tendenciją mažėti žemiau Alytaus ir ties Pagėgiais (21 lentelė). Tendencijų nėra visose likusiose Nemuno monitoringo vietose. Remiantis Mann-Kendall testo rezultatais galima apibendrinti, kad fosfatų fosforo tendencijų nėra.



29 pav. Bendro fosforo vidutinių metinių 1992-2014 m. laikotarpio koncentracijų kaita Nemune.

Pagal pateiktą grafiką (Pav. 29) galima teigti, kad bendro fosforo koncentracijos Nemune nuo aukščiau Druskininkų iki Smalininkų buvo daugmaž pastovios apie 0,13 mg/l, išskyrus žemiau Kauno bendro fosforo koncentracija buvo padidėjusi iki 0,18 mg/l. Bendras fosforas ties Pagėgiais sumažėjo iki 0,09 mg/l ir maždaug panašiai laikėsi iki Skirvytės. Didžiausias bendro fosforo koncentracijų „išsibarstymas“, skirtumu nuo medianos apie 0,25 mg/l) buvo aukščiau Kauno (1995 m.).

Lentelė 25. Bendro fosforo tendencijos Nemune pagal Mann-Kendall testą

	Nemune aukščiau Druskininkų	Nemune žemiau Alytaus	Nemune aukščiau Kauno	Nemune žemiau Kauno	Nemune ties Kulautuva	Nemune ties Salininkais	Nemune ties Pagėgiais	Nemune aukščiau Rusne	Skirvytėje
PO ₄ -P	mažėja	nėra	nėra	mažėja	nėra	mažėja	nėra	mažėja	mažėja

Pagal Mann-Kendall tendencijų testą, bendro fosforo koncentracija Nemune turi tendenciją mažėti aukščiau Druskininkų, žemiau Kauno, ties Salininkais, aukščiau Rusne ir Skirvytėje (22 lentelė). Tendencijų nėra visose likusiose Nemuno monitoringo vietose. Remiantis Mann-Kendall testo rezultatais galima apibendrinti, kad bendro fosforo tendencija yra mažėjanti, su reikšmingumo verte -0,00066, t. y. 0,00066 mg/l sumažės per metus.

Pagal gautus Mann-Kendall testo ir regresinės linijos testo rezultatus matome, kad tendencijos tik iš dalies sutampa. Šiuo atveju Mann-Kendall testas pasitarnauja kaip tikslesnis ir naudingesnis testas, nes šis geba parodyti tendencijos buvimą arba nebuvimą, kai tuo tarpu linijinės regresijos linijos testas parodo tik didėjančią arba mažėjančią tendenciją, kas šiuo atveju, kai duomenys yra pasiskirstę nenormaliai, yra netinkamas pasirinkimas.

Varis, chromas, nikelis, BDS7 ir bendras fosforas, tai medžiagos, kurios turi tendenciją mažėti, tačiau iš šių medžiagų žymių koncentracijų mažėjimu, pasižymi tik amonio azotas (nuo 1998 m.), varis (nuo 2003 m.), chromas (nuo 2004 m.) ir BDS7 (nuo 1999m. ir 2010 m.). Sunkiųjų metalų staigaus koncentracijų sumažėjimo nebūtų galima sieti su šių medžiagų emisijomis į orą, kadangi pastarosios žymiai sumažėjo nuo 2009 m.

Chromo išleidimų į Nemuną su nuotekomis kiekiai sumažėjo nuo 2007 m. ir iki 2012 m. palaipsniui mažėjo. Pagal chromo koncentracijų kaitos Nemune grafiką matome, kad chromo koncentracijos ženklesnis sumažėjimas buvo 2004 m. BDS7 koncentracija ženkliau kito dviem periodais – nuo 1999 m. ir 2010 m. Pastarasis BDS7 pokytis gali būti glaudžiai susietas su ženkliu BDS7 koncentracijos mažėjimu Kaune, kuomet 2009 m. buvo įrengti nauji biologinio valymo įrenginiai, sumažinantys BDS7 išleidimą į aplinką beveik 3 kartus. Pagal cinko koncentracijų kaitos Nemune grafiką galima matyti, kad jo koncentracija ženkliai sumažėjo nuo 2005 m. Vertinant cinko išleidimą Kauno mieste galima matyti, kad jie nuo 2005 m. išleidimas sumažėjo beveik 2 kartus, o sekančiais metais beveik 3 kartus (lyginant su 2004 m. išleidimu).

Sunkiųjų metalų tyrimų metodika vandenyje ir dugno nuosėdose per 2006-2014 m. laikotarpį žymiai nepakito, išskyrus vanadžio ir aliuminio tyrimo metodika taikoma jautresnė du kartus. Tuo tarpu visų maistmedžiagų tyrimų metodika per 2006-2010 m. laikotarpį tapo jautresnė. Kadangi ankstesnių metų metodikos nėra (nepateikta, neišsaugota elektroniniuose ir popieriniuose archyvuose), sunku pasakyti kokia metodika buvo taikoma nuo 1992 m. Tikėtina, kad 1992 m. metodika nebuvo patikima, kadangi visų sunkiųjų metalų koncentracijos daug mažesnės nei sekančių metų. Taip pat abejonių kelia ir 1993 m. koncentracijos, kurios yra žymiai didesnės lyginant su 1992 m. ir 1994 m., t. y. 1993 m. dažnai matomas kaip išsišokančios koncentracijos. Kita vertus maistmedžiagų koncentracijų atveju 1992 m. pasižymi tuo, kad koncentracijų reikšmės žymiai didesnės lyginant su sekančiais metais, ypač akivaizdžiai matoma amonio azoto, nitritų azoto ir bendrojo fosforo koncentracijų kaitos grafikuose. Bendro azoto koncentracijos 1992 m. žymiai skiriasi būdamos labai žemos.

Lyginant medžiagų koncentracijas Nemune aukščiau Druskininkų (pirmoji monitoringo vieta Nemunui įtekėjus į Lietuvos teritoriją iš Baltarusijos) ir aukščiau Rusne ir Skirvyte, koncentracijos Nemuno deltoje padidėja cinko, nikelio, kadmio, švino, ChDS, nitratų azoto ir bendro azoto, tuo tarpu chromo, BDS7, amonio azoto, nitritų azoto ir fosfatų fosforo koncentracijos sumažėjo. Kitų medžiagų koncentracijos nuo įtekėjimo į Lietuvos teritoriją iki Kuršių marių – nesikeitė.

Analizuojant sunkiųjų metalų ir maistmedžiagių vidutinių metinių koncentracijų kaitos grafikus galime matyti, kad daugelio medžiagų (vario, chromo, kadmio, švino, BDS7, amonio azoto, nitritų azoto, fosfatų fosforo ir bendro fosforo) koncentracijos didėja iki monitoringo vietos žemiau Kauno, o ties Kulautuva žymiai sumažėja. Toks staigus koncentracijų pokytis žemiau Kauno gali būti vertinamas su dideliu nuotekų išleistuvų kiekiu išleidžiančių nuotekas į Nemuną (žr. 30 pav.), o iki Kulautuvos koncentracijos sumažėja dėl prasiskiedimo ir didesnio debito, kuris atsiranda dėl Nevėžio įtekėjimo į Nemuną prieš Kulautuvą. Vertinant medžiagų koncentracijas žemiau išleistuvų, reikia atsižvelgti į nuotekų maišymosi zonas, nes medžiagų koncentracijos iš karto po išleistuvų visuomet bus didesnės nei tam tikru atstumu nuo jų. Šiuo metu Lietuvoje dar nėra nustatytos maišymosi zonos už išleistuvų.



30 pav. Monitoringo vietos žemiau Kauno ir ties Kulautuva

Išvados

Nemuno vandens ir dugno nuosėdų tendencijų analizė, remiantis Valstybinio monitoringo duomenimis už 1992-2014 m. laikotarpį, buvo atlikta naudojant Mann-Kendall testą. Mann-Kendall testo rezultatai parodo, kad kai apskaičiuota p-vertė yra mažiau už 0,05, tai parodo, kad tendencijos egzistuoja. Gauti rezultatai parodė, kad mažėjančios koncentracijos tendencijomis pasižymi varis, chromas, nikelis, BDS7, amonio azotas ir bendras fosforas. Didėjančios koncentracijos tendenciją turi ChDS. Cinko, švino, nitritų azoto, nitratų azoto ir bendro azoto koncentracijos ryškių tendencijų neturi. Tuo tarpu svarbu paminėti, kad dugno nuosėdų koncentracijos dažnai atkartoja vandens koncentracijų kaitą.

Didžiausia teršalų koncentracija buvo nustatyta esanti žemiau Kauno, o ties Kulautuva – mažiausia. Cinko, nikelio, kadmio, švino, ChDS, nitratų azoto ir bendro azoto koncentracijos monitoringo vietose nuo aukščiau Druskininkų ir aukščiau Rusnės padidėjo, tuo tarpu chromo, BDS7, amonio azoto, nitritų azoto ir fosfatų fosforo koncentracijos sumažėjo. Vario ir bendro fosforo koncentracijos nuo įtekėjimo į Lietuvos teritoriją iki Kuršių marių – nesikeitė.

BDS7 ir cinko koncentracijų sumažėjimas žemiau Kauno gali būti tiesiogiai siejamas su nuotekų išleidimų sumažėjimu iš Kauno miesto nuotakynų.

Kitų analizuotų medžiagų: tam tikrų sunkiųjų metalų, lakiųjų organinių junginių, policiklinių aromatinių angliavandenilių, persticidų, ftalatų, fenolių ir tributilalavo junginių tendencijos statistiniu ir grafiniu metodu nebuvo tirtos dėl duomenų trūkumo arba šių medžiagų koncentracijų neaptikimo, ar aptikimo labai mažomis koncentracijomis. Šioms medžiagoms tendencijų ar pokyčių nusakyti nebuvo galima.

Rekomendacijos

Tolimesni šios temos tyrimai galėtų būti atliekami tiriant fiziko-cheminius parametrus. Taip pat būtų naudinga atlikti tyrimus su biologiniais vandens parametrais ir paanalizuoti ar yra sąsajų su cheminiu užterštumu. Šis tyrimas taip pat gali būti plėtojamas analizuojant duomenis su kitais tendencijų analizių metodais ir lyginant tendencijų reikšmingumo skirtumus ir sąsajas tikslingesniai prognozavimui.

Šio tyrimo rezultatai gali būti naudojami valdžios institucijų, kurios tiesiogiai priima sprendimus dėl paviršinių vandens telkinių monitoringo planavimo ir vykdymo, sprendžiant pritaikytą valymo priemonių efektyvumą ir reikšmingumą.

Literatūros sąrašas

A. Anghileri, F. Pianosi, R. Soncini-Sessa, 2014. Trend detection in seasonal data: from hydrology to water resources. *Journal of Hydrology* 511, p. 171-179.

B. Odemis, M. K. Sangun, F. Evrendilek, 2010. Quantifying long-term changes in water quality and quantity of Euphrates and Tigris rivers, Turkey. *Environmental Monitoring and Assessment* 170, p. 475-490.

B. Onoz, M. Bayazit, 2003. Turkish Journal of Engineering of Environmental Science, 27, p. 247-251.

Bendroji vandenių politikos direktyva 2000/60/EB, 2000 m. spalio 23 d., nustatanti Bendrijos veiksmų vandens politikos srityje pagrindus.

C. E. M. Lloyd et al., 2014. Methods for detecting change in hydrochemical time series in response to targeted pollution mitigation in river catchments. *Journal of Hydrology* 514, p. 297-312.

C. Miller, A. Magdalina, R. I. Willows, A. W. Bowman, E. M. Scott, D. Lee, C. Burgess, L. Pope, F. Pannullo, R. Haggarty, 2014. Spatiotemporal statistical modelling of long-term change in river nutrient concentrations in England & Wales. *Science of the Total Environment*, 466-467, p. 914-923.

D. J. Ballantine, R. J. Davies-Colley, 2014. Water quality trends in New Zealand rivers: 1989-2009. *Environmental Monitoring and Assessment*, 186, p. 1939-1950.

F. Kucuksezgin, E. Uluturhan, H. Batki, 2008. Distribution of heavy metals in water, particulate matter and sediments of Gediz River (Eastern Aegean). *Environmental Monitoring and Assessment* 141, p. 231-225.

G. M. Naja ir B. Volesky, 2005. Chapter in Heavy metals in the environment. Edited by L. K. Wang, J. P. Chen, Y. -T. Jung ir N. K. Shammas. CRC Press, Taylor & Francis Group. ISBN – 13:978-7-4200-7316-4.

I. Kokorite, M. Klavins, V. Rodinov, G. Springe, 2012. Trends of natural organic matter concentrations in river waters of Latvia. *Environmental Monitoring and Assessment* 184, p. 4999-5008.

Y. J. An ir D. H. Kampbell, 2003. Total, dissolved, and bioavailable metals at Lake Texoma marinas. *Environmental Pollution*, 122, p. 253-259.

Y. W. Baek. ir Y. J. An, 2010. Assessment of toxic heavy metals in urban lake sediments as related to urban stressor and bioavailability. *Environmental Monitoring and Assessment* 171, p. 529-537.

J. Robles-Molina, B. Gilbert-Lopez, J. F. Garcia-Reyes, A. Molina-Diaz, 2014. Monitoring of selected priority and emerging contaminant in the Guadalquivir River and other related surface waters in the province of Jaen, South East Spain. *Science of the Total Environment*, p. 247-257.

- K. Ilijevič, I. Gržetič, I. Živadinovič, A. Popovič, 2012. Long-term seasonal changes of the Danube River eco-chemical status in the region of Serbia. *Environmental Monitoring and Assessment* 184, p. 2805-2828.
- K. Kohušova, L. Havel, P. Vlasak, J. Tonika, 2011. A long-term survey of heavy metals and specific organic compounds in biofilms, sediments, and surface water in a heavily affected river in the Czech Republic. *Environmental Monitoring and Assessment* 174, p. 555-572.
- M. Ebrahimpour and I. Mushrifah, 2008. Heavy metal concentrations in water and sediment in Tasik Chini, a freshwater lake, Malaysia. *Environmental Monitoring and Assessment* 141, p. 297-307.
- M. G. Abdullahi et al., 2015. Trends analysis of groundwater: using non-parametric methods in Terengganu Malaysia. *Journal of Earth Science and Climate Change*, 6:1
- M. Klavinš, A. Briede, V. Rodinov, I. Kokorite, E. Parele, I. Klavina, 2000. Heavy metals in rivers of Latvia. *The Science of the Total Environment*, 262, p. 175-183.
- K. Wahlin, A. Grimvall, 2008. Uncertainty in water quality data and its implications for trend detection: lesson from Swedish environmental data. *Environmental Science and Policy*, 11, p. 115-124.
- M. Mil-Homens, R. I. Stevens, I. Cato, F. Abrantes, 2014. Comparing spatial and temporal changes in metal trends (Cr, Ni, Pb and Zn) on the Portuguese shelf since the 1970s. *Environmental Monitoring and Assessment*.
- N. A. Akbulut and A. M. Tuncer, 2011. Accumulation of heavy metals with water quality parameter in Kizilirmak River Basin (Delice River) in Turkey. *Environmental Monitoring and Assessment* 173, p. 387-395.
- N. Barlas, 1999. A pilot study of heavy metal concentration in various environments and fishes in the Upper Sakarua River Basin. *Environmental Toxicology*, 14(3), p. 367-373.
- O. Kisi, M. Ay, 2014. Comparison of Mann-Kendall and innovative trend method for water quality parameters of the Kizilirmak River, Turkey. *Journal of Hydrology*, 513, p. 362-375.
- O. Solaun, J. G. Rodriguez, A. Borja, M. Gonzalez, J. I. Saiz-Salinas, 2013. Biomonitoring of metals under the water framework directive: Detecting temporal trends and abrupt changes, in relation to the removal of pollution sources. *Marine Pollution Bulletin* 67, p. 26-35.
- P. K. Rai, 2009. Heavy metals in water sediments and wetland plants in an aquatic ecosystem of tropical industrial region, India. *Environmental Monitoring and Assessment* 158, p. 433-457.
- P. M. Berhouex, L. C. Brown. 2002. *Statistics for Environmental Engineers*, 2nd edition, Lewis Publishers.
- P. Stalnacke, A. Grimvall, K. Sundblad, A. Wilander, 1999. Trends in nitrogen transport in Swedish rivers. *Environmental Monitoring and Assessment* 59, p. 47-72.
- S. K. Agarwal, 2009. *Heavy metal pollution*. APH Publishing Corporation.

Z. B. Salem, N. Capelli, X. Laffray, G. Elise, H. Ayadi, L. Aleya, 2014. Seasonal variation of heavy metals in water, sediment and roach tissues in a landfill draining system pond (Etueffont, France). *Ecological Engineering*, 69, p. 25-37.

Priedai

Priedas 1. Teršalų išleidimai su nuotekomis 2002-2012 m. laikotarpiu

Miestas / savivaldybė	BDS7	ChDS	N _b	NO ₂ -N	NO ₃ -N	NH ₄ -N	P _b	PO ₄ -P	Cu	Zn	Cr	Ni	Cd	Hg	Al	As	Sn	Pb
	t/m	t/m	t/m	t/m	t/m	t/m	t/m	t/m	t/m	t/m	t/m	t/m	t/m	t/m	t/m	t/m	t/m	t/m
2012																		
Alytus	35.41	126.55	27.35	0.394	19.355	1.479	3.069	2.437	0.027	0.415	0.023	0.088						
Druskininkai	11.95	56.99	10.78	0.172	2.690	5.020	1.412	0.862	0.015	0.098	0.000	0.000			0.052			
Birštonas	4.36	23.63	7.33	0.112	4.266	0.505	0.931	0.527	0.004	0.050	0.004	0.024			0.056	0	0.021	0.0021
Kaunas	171.32	697.73	196.54	0.000	0.003	0.037	9.310	0.000	0.085	0.959	0.006	0.003	0	0.0006	0.633			
Šilutės raj.	14.76	99.52	27.53				1.339		0.000	0.002	0.000	0.000						
Pagėgiai	5.03	27.01	3.81	0.230	0.505	0.362	1.095	0.291										
2011																		
Alytus	33.38	108.08	31.84	0.64	12.66	1.40	2.89	2.44	0.026	0.424	0.022	0.123						
Druskininkai	13.23	53.21	10.50	0.18	3.84	3.34	0.94	0.62	0.000	0.078	0.000	0.000				0	0.000	0
Birštonas	5.46	23.07	9.01	0.12	6.36	0.29	1.49	1.25	0.002	0.108	0.003	0.054						
Kaunas	219.53	780.83	229.27	1.98	83.83	38.11	10.56	1.91	0.117	1.269	0.000	0.003	0	0.0012	0.335			
Šilutės raj.	14.41	86.92	24.38				1.64		0.000	0.009	0.000	0.000						
Pagėgiai	10.19	38.10	6.61	0.01	0.48	3.08	1.76	0.43										
2010																		
Alytus	52.45		28.083				3.02		0.0291	0.4335	0.022	0.1171						
Druskininkai	12.92	43.821	10.8	0.104	4.596	0.387	0.589	0.176	0.019									
Birštonas	3.502	25.34	8.74	0.06	6.23		2.55	2.25		0.073								
Kaunas	239.41	789.62	228.048	2.133	61.66	56.692	13.15	2.609	0.142	1.958	0.0133	0.0028	0.0001	0.0011	1.71			
Šilutės raj.	27.23	64.78	16.4132				1.5842		0.007	0.0001	0.0018	0.0001						
Pagėgiai	9.77	32.109	4.143			0.212	1.43											
2009																		
Alytus	56.94	85.1	27.016	0.708	19.322	1.99	3.494		0.0216	1.1619	0.0547	0.1016						
Druskininkai	34.926	472.81	5.389	0.052	2.156	0.489	0.814		0.0056	0.0844								
Birštonas	6.702	34.64	19.49	0.092	6.2	12.48	2.46			0.057		0.0171				0.0011	0.065	

Miestas / savivaldybė	BDS7	ChDS	N _b	NO ₂ -N	NO ₃ -N	NH ₄ -N	P _b	PO ₄ -P	Cu	Zn	Cr	Ni	Cd	Hg	Al	As	Sn	Pb
	t/m	t/m	t/m	t/m	t/m	t/m	t/m	t/m	t/m	t/m	t/m	t/m	t/m	t/m	t/m	t/m	t/m	t/m
Kaunas	218.27	853.77	242.7361	3.0453	76.7537	56.9012	12.63		0.12	1.66	0.02	0.01	0	0.0051	4.95			0
Šilutės raj.	75.21		14.179				2.448		0.0002	0.0077	0.0005	0.002						
Pagėgiai	9.91	22.56	2.648			0.8882	0.796											
2008																		
Alytus	60.48	167.89	36.65	1.048	23.575	4.567	4.845	3.491	0.0206	0.3989	0.0213	0.1097						
Druskininkai	21.36	59.04	9.147	0.102	3.717	0.947	0.761	0.487	0.02		0.0072	0.0429		0.0001				
Birštonas	5.47	35.79	18.89	0.409	6.17	9.84	3.31	3.07		0.0274		0.0392						
Kaunas	721.34	1563.1	406.19	9.302	81.12	207.12	36.51	10.553	0.201	1.666	0.0451	0.031	0	0	21.195			0
Šilutės raj.	23.49		7.49				0.90		0	0.0213	0.0002	0.0005						
Pagėgiai	11.028	11.32	3.296			0.5743	0.825											
2007																		
Alytus	82.90	219.75	34.103	0.526	24.503	2.71	6.37	4.357	0.0256	0.4459	0.0223	0.1016		0.032	0.0075	0.0002		
Birštonas	5.71	36.37	19.88	0.573	11.63	4.66	4.2	3.64	0	0.0558	0	0	0.0008			0		0
Druskininkai	49.50	76.72	14.234	0.235	7.427	2.745	3.06	2.39		0.0872					0.0745			
Kaunas	1658.76	3310.39	734.85	5.439	12.291	403.88	58.41	13.033	0.29	2.26	0.06	0.043	0	0	21.97			0
Pagėgiai	10.93	7.533	2.41				0.96											
Šilutės raj.	24.58		8.813				0.96		0.0124		0.0002	0						
2006																		
Alytus	68.27	193.72	32.81	1.35	21.17	2.841	3.535	2.445	0.04	0.54	0.03	0.11		0.09	0.13	0.00		
Birštonas	6.069	35.21	18.74	0.467	11.37	2.28	3.78	3.13	0.01	0.10	0.01	0.04						0.00
Druskininkai	24.06	27.48	6.569	0.188	3.505	1.339	1.919	1.399		0.05					0.01		0.01	0.00
Kaunas	1740.71	3837.59	732.22	3.4795	11.06	483.56	57.89	18.64	0.23	3.50	0.06	0.03	0.00	0.00	17.58		0.00	0.00
Pagėgiai	13.02	5.43	0.961				0.29											
Šilutės raj.	29.57		10.97				0.98		0.01	0.05	0.02	0.02						
2005																		
Alytus	95.22	230.66	36.497	1.298	22.356	2.883	3.781	2.563	0.045	0.644	0.025	0.125	0.000	0.000	0.000	0.000		0.000
Birštonas	5.20	34.73	22.700	0.376	19.760	0.916	4.150	2.960	0.004	0.039	0.004	0.007	0.001	0.000	0.145	0.001		0.007
Druskininkai	252.65	452.01	44.885	0.131	1.155	36.168	9.622	7.248	0.005	0.231	0.005	0.013	0.000		0.211		0.023	0.003
Kaunas	1661.58	3767.79	646.494	3.031	15.166	431.03	53.318	13.290	0.189	6.235	0.110	0.065	0.000	0.000	17.682			0.000

Miestas / savivaldybė	BDS7	ChDS	N _b	NO ₂ -N	NO ₃ -N	NH ₄ -N	P _b	PO ₄ -P	Cu	Zn	Cr	Ni	Cd	Hg	Al	As	Sn	Pb
	t/m	t/m	t/m	t/m	t/m	t/m	t/m	t/m	t/m	t/m	t/m	t/m	t/m	t/m	t/m	t/m	t/m	t/m
Pagėgiai	10.44	5.99	0.456				0.236											
Šilutės raj.	33.48		12.627				1.400											
2004																		
Alytus	98.16	244.13	32.109	0.520	21.55	1.25	6.030	4.455	0.051	0.679	0.031	0.095						
Birštonas	6.450	40.96	20.640	0.702	12.390	5.850	4.350	3.620										
Druskininkai	195.17	355.82	41.170	0.124	0.871	35.440	8.39	7.345										
Kaunas	1549.72	2.72	619.245	0.004	0.851	0.935	62.00	0.054	0.000	6.544	0.000	0.000		0.002	13.581			
Pagėgiai	66.50	4.98	0.710				0.06											
Šilutės raj.	25.11		13.534	0.008		0.06	1.45		0.031	0.134	0.002	0.002						
2003																		
Alytus	107.99	129.11	27.320	1.690	17.24	1.97	4.0		0.046	0.679	0.039	0.087						
Birštonas	3.45	27.14	15.290	0.360	7.66	6.17	3.3											
Druskininkai	204.06	393.11	46.870	0.130	1.27	40.90	9.1											
Kaunas	1802.68	13.53	775.26	4.974	7.82	571.15	60.7		0.140	6.45		0.077	0.000	0.001				0.000
Pagėgiai	93.83		1.116				0.1											
Šilutės raj.	44.87		11.577	0.005		0.350	1.2		0.026	0.145	0.007							
2002																		
Alytus	58.81	204.25	33.58			0.07	3.5	0.02	0.064	0.701		0.121						
Birštonas	9.65	29.68	23.26	0.3	20.59	0.93	3.3	3.02										
Druskininkai	193.31	383.53	47.89	0.109	1.271	39.54	9.8	7.879										
Kaunas	2087.87	4.13	763.42	7.046	10.19	549.77	60.9	18.49	0.218	5.216	0.136	0.103						
Pagėgiai	52.92																	
Šilutės raj.	28.015		20.15				2.8		0.033	0.13	0.006							

Šaltinis: Aplinkos apsaugos agentūra

Priedas 2. Teršalų koncentracijų tendencijos atskirose Nemuno monitoringo vietose

Nemune žemiau Alytaus (LTR5) tendencijos

Nr.	Parametras	Mann-Kendall	
		p-vertė	Sen nuolydis
1	Debitas	0.026	- 0.31
2	BDS7	<0.0001	- 0.016
3	CHDS	0.962	0
4	NH ₄ -N	<0.0001	- 0.002
5	NO ₂ -N	0.504	0
6	NO ₃ -N	0.231	0.001
7	N	0.078	0.003
8	PO ₄ -P	0.0002	- 0.0002
9	P	0.238	- 0.00007
10	Cd	0.001	- 0.0008
11	Pb	0.012	- 0.004
12	Ni	0.001	- 0.008
13	Cr	0.001	- 0.009
14	Cu	<0.0001	- 0.026
15	Zn	0.132	- 0.032
16	Hg	-	-
17	V	-	-
18	Al	-	-
19	Sn	-	-
20	As	-	-

Nemune žemiau Alytaus ChDS, nitritų azoto, nitratų azoto, bendro azoto, bendro fosforo ir cinko tendencijų nėra. Neigiamas tendencijas (tendencijas koncentracijoms mažėti) turi debitas, BDS7, amonio azotas, fosfatų fosforas, kadmis, švinas, nikelis, chromas ir varis. Teigiamų tendencijų (tendencijas koncentracijoms didėti) neturi nei vienas hidrocheminis parametras.

Nemune aukščiau Kauno (LTR8) tendencijos

Nr.	Parametras	Mann-Kendall	
		p-vertė	Sen nuolydis
1	Debitas	0.009	- 0.486
2	BDS7	0.107	0.002
3	CHDS	0.686	0
4	NH ₄ -N	<0.0001	- 0.0008
5	NO ₂ -N	0.77	0
6	NO ₃ -N	0.737	- 0.0001
7	N	0.77	0
8	PO ₄ -P	0.226	0.0007
9	P	0.581	0.0004
10	Cd	0.004	- 0.0002
11	Pb	0.813	0

Nr.	Parametras	Mann-Kendall	
		p-vertė	Sen nuolydis
12	Ni	<0.0001	- 0.011
13	Cr	<0.0001	- 0.01
14	Cu	0.006	- 0.02
15	Zn	0.467	- 0.015
16	Hg	-	-

Nemune aukščiau Kauno BDS7, ChDS, nitritų azoto, nitratų azoto, bendro azoto, fosfatų fosforo, bendro fosforo, švino ir cinko tendencijų nėra. Neigiamas tendencijas (tendencijas koncentracijoms mažėti) turi debitas, amonio azotas, kadmio, nikelio, chromo, vario ir cinko. Teigiamų tendencijų (tendencijas koncentracijoms didėti) neturi nei vienas hidrocheminis parametras.

Nemune žemiau Kauno (LTR9) tendencijos

Nr.	Parametras	Mann-Kendall	
		p-vertė	Sen nuolydis
1	Debitas	0.744	0.261
2	BDS7	0.0001	- 0.025
3	CHDS	0.481	0
4	NH ₄ -N	<0.0001	-0.004
5	NO ₂ -N	0.229	-0.0004
6	NO ₃ -N	0.576	-0.0009
7	N	0.005	-0.018
8	PO ₄ -P	0.055	- 0.0004
9	P	<0.0001	- 0.002
10	Cd	0.074	- 0.0005
11	Pb	0.06	0.009
12	Ni	0.066	- 0.01
13	Cr	0.054	- 0.013
14	Cu	0.021	- 0.037
15	Zn	0.897	0.008
16	Hg	0.429	0

Nemune žemiau Kauno debito, ChDS, nitritų azoto, nitratų azoto, fosfatų fosforo, kadmio, švino, nikelio, chromo, cinko ir gyvsidabrio tendencijų nėra. Neigiamas tendencijas (tendencijas koncentracijoms mažėti) turi BDS7, amonio azotas, bendras azotas, bendras fosforas ir varis. Teigiamų tendencijų (tendencijas koncentracijoms didėti) neturi nei vienas hidrocheminis parametras.

Nemune žemiau Smalininkų (LTR11) tendencijos

Nr.	Parametras	Mann-Kendall	
		p-vertė	Sen nuolydis
1	Debitas	0.239	0.204
2	BDS7	0.103	- 0.003
3	CHDS	<0.0001	0.048
4	NH ₄ -N	<0.0001	- 0.001
5	NO ₂ -N	<0.0001	0.0009

Nr.	Parametras	Mann-Kendall	
		p-vertė	Sen nuolydis
6	NO ₃ -N	0.098	0.002
7	N	0.065	- 0.003
8	PO ₄ -P	0.173	- 0.0004
9	P	0.003	- 0.0001
10	Cd	<0.0001	0
11	Pb	<0.0001	- 0.004
12	Ni	<0.0001	- 0.007
13	Cr	<0.0001	- 0.01
14	Cu	<0.0001	- 0.013
15	Zn	<0.0001	- 0.054
16	Hg	0.114	0
17	V	-	-
18	Al	0.923	0
19	Sn	<0.0001	0
20	As	0.443	0

Nemune žemiau Smalininkų debito, BDS7, nitratų azoto, bendro azoto, fosfatų fosforo, gyvsidabrio, aliuminio ir arseno tendencijų nėra. Neigiamas tendencijas (tendencijas koncentracijoms mažėti) turi amonio azotas, bendras fosforas, švinas, nikelis, chromas, varis ir cinkas. Teigiamas tendencijas (tendencijas koncentracijoms didėti) turi ChDS ir nitritų azotas. Kadmis ir alavas turi tendencijas, tačiau jų reikšmingumas lygus nuliui.

Nemune aukščiau Rusne (LTR13) tendencijos

Nr.	Parametras	Mann-Kendall	
		p-vertė	Sen nuolydis
1	Debitas	<0,0001	1,083
2	BDS7	<0,0001	-0,033
3	CHDS	<0,0001	0,088
4	NH ₄ -N	<0,0001	-0,001
5	NO ₂ -N	0,051	0,00002
6	NO ₃ -N	0,017	-0,002
7	N	<0,0001	-0,01
8	PO ₄ -P	0,312	-0,00003
9	P	<0,0001	-0,0003
10	Cd	0,356	0
11	Pb	<0,0001	-0,007
12	Ni	<0,0001	-0,004
13	Cr	0,001	-0,003
14	Cu	<0,0001	-0,003
15	Zn	<0,0001	-0,03
16	Hg	0,043	0
17	V	0,0002	0
18	Al	0,024	0
19	Sn	-	-
20	As	-	-

Nemune aukščiau Rusnės nitritų azoto, fosfatų fosforo ir kadmio tendencijų nėra. Neigiamas tendencijas (tendencijas koncentracijoms mažėti) turi BDS7, amonio azotas, nitratų azotas, bendras azotas, bendras fosforas, švinas, nikelis, chromas, varis ir cinkas. Teigiamas tendencijas (tendencijas koncentracijoms didėti) turi debitas ir ChDS. Kadmio, gyvsidabris, vanadis ir aliuminis turi tendencijas, tačiau jų reikšmingumas lygus nuliui.

Skirvytėje (LTR127) tendencijos

Nr.	Parametras	Mann-Kendall	
		p-vertė	Sen nuolydis
1	Debitas	0.002	0.861
2	BDS7	0.0002	- 0.015
3	CHDS	<0.0001	0.154
4	NH ₄ -N	0.005	- 0.0002
5	NO ₂ -N	0.007	0.00003
6	NO ₃ -N	0.007	-0.03
7	N	0.069	- 0.004
8	PO ₄ -P	0.939	0
9	P	<0.0001	- 0.0002
10	Cd	0.853	0
11	Pb	0.722	0
12	Ni	0.667	0
13	Cr	0.108	0
14	Cu	0.838	0
15	Zn	0.017	0
16	Hg	<0.0001	0
17	V	<0.0001	0
18	Al	0.001	0
19	Sn	-	-
20	As	0.234	0

Skirvytėje bendro azoto, fosfatų fosforo, kadmio, švino, nikelio, chromo, vario ir arseno tendencijų nėra. Neigiamas tendencijas (tendencijas koncentracijoms mažėti) turi BDS7, amonio azotas, nitratų azotas ir bendras fosforas. Teigiamas tendencijas (tendencijas koncentracijoms didėti) turi debitas, ChDS, nitritų azotas ir bendras azotas. Cinkas, gyvsidabris, vanadis ir aliuminis turi tendencijas, tačiau jų reikšmingumas lygus nuliui.

Nemune žemiau Kauno ties Kulautuva (LTR136) tendencijos

Nr.	Parametras	Mann-Kendall	
		p-vertė	Sen nuolydis
1	Debitas	0.008	1.465
2	BDS7	<0.0001	0.019
3	CHDS	0,064	0,029

4	NH ₄ -N	0,0001	-0,002
5	NO ₂ -N	0,78	0
6	NO ₃ -N	0,069	0,005
7	N	0,865	0
8	PO ₄ -P	0,163	- 0,0002
9	P	0,052	0,0003
10	Cd	0,01	0
11	Pb	0,414	0
12	Ni	0,97	0
13	Cr	0,717	0
14	Cu	0,014	- 0,014
15	Zn	<0.0001	- 0,087
16	Hg	<0.0001	0
17	V	<0.0001	0
18	Al	0,038	0
19	Sn	-	-
20	As	0,282	0

Nemune žemiau Kauno ties Kulautuva CHDS, nitritų azoto, nitratų azoto, bendro azoto, fosfatų fosforo, bendro fosforo, švino, nikelio, chromo ir arseno tendencijų nėra. Neigiamas tendencijas (tendencijas koncentracijoms mažėti) turi amonio azotas, varis ir cinkas. Teigiamas tendencijas (tendencijas koncentracijoms didėti) turi debitas ir BDS7. Kadmis, gyvsidabris, vanadis ir aliuminis turi tendencijas, tačiau jų reikšmingumas lygus nuliui.

Nemune ties Pagėgiais (LTR612) tendencijos

Nr.	Parametras	Mann-Kendall	
		p-vertė	Sen nuolydis
1	Debitas	0.305	0.845
2	BDS7	0.635	- 0.004
3	CHDS		
4	NH ₄ -N	0.119	0.0002
5	NO ₂ -N	0.025	0.0001
6	NO ₃ -N	0.002	- 0.009
7	N	0.961	0
8	PO ₄ -P	0.022	- 0.0002
9	P	0.163	- 0.0001
10	Cd	0.075	0
11	Pb	0.097	0
12	Ni	0.58	0
13	Cr	0.006	0
14	Cu	0.001	0.004
15	Zn	0.206	0
16	Hg	0.004	0
17	V	-	-
18	Al	0.003	0
19	Sn	-	-

Nr.	Parametras	Mann-Kendall	
		p-vertė	Sen nuolydis
20	As	0.91	0

Nemune ties Pagėgiais debitas, BDS7, amonio azoto, bendro azoto, bendro fosforo, švino, nikelio, cinko ir arseno tendencijų nėra. Neigiamas tendencijas (tendencijas koncentracijoms mažėti) turi nitrato azotas ir fosfato fosforas. Teigiamas tendencijas (tendencijas koncentracijoms didėti) turi nitrito azotas. Kadmio, chromo, gyvsidabrio, vanadio ir aliuminio tendencijas, tačiau jų reikšmingumas lygus nuliui.

Tendencijos Nemune pagal atskiras monitoringo vietas.

	Nemune aukščiau Druskininkų	Nemune žemiau Alytaus	Nemune aukščiau Kauno	Nemune žemiau Kauno	Nemune ties Salininkais	Nemune aukščiau Rusne	Skirvytė	Nemune žemiau Kauno ties Kulautuva	Nemune ties Pagėgiais
	R1	R5	R8	R9	R11	R13	R127	R136	R612
Debitas	Nėra	-	-	Nėra	Nėra	+	+	+	Nėra
BDS7	-	-	Nėra	-	Nėra	-	-	+	Nėra
CHDS	-	Nėra	Nėra	Nėra	+	+	+	Nėra	
NH ₄ -N	-	-	-	-	-	-	-	-	Nėra
NO ₂ -N	+	Nėra	Nėra	Nėra	+	Nėra	+	Nėra	+
NO ₃ -N	Nėra	Nėra	Nėra	Nėra	Nėra	-	-	Nėra	-
N	+	Nėra	Nėra	-	Nėra	-	Nėra	Nėra	Nėra
PO ₄ -P	Nėra	-	Nėra	Nėra	Nėra	Nėra	Nėra	Nėra	-
P	-	Nėra	Nėra	-	-	-	-	Nėra	Nėra
Cd	0	-	-	Nėra	0	0	Nėra	0	0
Pb	0	-	Nėra	Nėra	-	-	Nėra	Nėra	Nėra
Ni	-	-	-	Nėra	-	-	Nėra	Nėra	Nėra
Cr	-	-	-	Nėra	-	-	Nėra	Nėra	0
Cu	+	-	-	-	-	-	Nėra	-	+
Zn	-	Nėra	Nėra	Nėra	-	-	0	-	Nėra
Hg	0			Nėra	Nėra	0	0	0	+

	Nemune aukščiau Druskininkų	Nemune žemiau Alytaus	Nemune aukščiau Kauno	Nemune žemiau Kauno	Nemunties Salininkais	Nemune aukščiau Rusne	Skirvytėje	Nemune žemiau Kaunties Kulautuva	Nemunties Pagėgiais
	R1	R5	R8	R9	R11	R13	R127	R136	R612
V	-				-	0	0	0	
Al	Nėra				Nėra	0	0	0	+
Sn	0				0				
As	0				Nėra		Nėra	Nėra	Nėra