



SKRYTO EŽERO VANDENS KOKYBĖS ĮVERTINIMAS ANTROPOGENINĖS VEIKLOS ATŽVILGIU

Edgaras Lavruvianecas¹, Lina Bagdžiūnaitė-Litvinaitienė²

VGTU AIF Aplinkos apsaugos ir vandens inžinerijos katedra
El. p. ¹edgaras.lavruvianecas@stud.vgtu.lt; ²lina.litvinaitiene@vgtu.lt

Anotacija. Straipsnyje analizuojama Skryto ežero ekologinė būklė pagal fizikines-chemines savybes, įvertinami ilgalaikiai poveikio paviršiniam vandens telkiniui monitoringo duomenys. Tiriama bendras azotas, bendras fosforas, skaidrumas. Analizuojamos ūkinės veiklos aplink Skryto ežerą, kurios gali turėti neigiamą įtaką ežero vandens kokybei. Įvertinama, ar didžiausią įtaką ežero vandens kokybei turi sutelktoji ar pasklidoji tarša. Bendrojo azoto koncentracija tiriama oksiduojant mėginį persulfatu, bendro fosforo koncentracija tiriama mineralizuojant mėginį persulfatu, skaidrumas tiriamas naudojant *Secchi* diską. Ežero vandens kokybės mėginiai buvo imami iš 4 skirtingų ežero vietų nuo 2019 m. liepos iki gruodžio. Mėginių paėmimo vietas parinktos taip, jog būtų galima kuo tiksliau identifikuoti ūkinių veiklų sukeltą taršą. Šiame straipsnyje yra pateikiamas išsamus Skryto ežero tyrimas, kuris įvertina antropogeninės veiklos sukeltą taršą Skryto ežero vandens kokybei.

Reikšminiai žodžiai: bendras azotas, bendras fosforas, *Secchi* diskas, fiziniai-cheminiai parametrai, ekologinė būklė.

Įvadas

Svarbiausias kiekvienos šalies gamtos turas – vandens išteklių, todėl svarbu vandens išteklius racionaliai naudoti ir saugoti nuo ūkinės taršos. Viena iš opiausių aplinkosaugos problemų Lietuvoje yra paviršinių vandenių kokybė (Sakalauskiene ir kt., 2002).

Pagrindiniai taršos šaltiniai, lemiantys vandens telkinių būklę, yra šie: pasklidoji tarša, kurią sudaro žemės ūkio veikla; sutelktoji tarša, kuriai priklauso miestų ir pramonės įmonių tarša; tarptautinė tarša, kurią sudaro teršalai, patenkantys iš kaimyninių šalių. Visame pasaulyje ieškoma veiksmingiausių priemonių siekiant sustabdyti vandens taršą, išmokyti visuomenę racionaliau naudoti vandens išteklius (Ruminaitė, 2010).

Žmogaus veikla lemia 90 % pernešamo metinio bendrojo azoto ir 78 % bendrojo fosforo kiekio (Povilaitis, 2008).

Siekiant sumažinti teršalų emisijas į paviršinius vandens telkinius Europos Sąjungoje buvo priimtos dvi direktyvos: Nitratų direktyva (1991/696/EC) ir Bendroji vandens politikos direktyva (2000/60/EB). Direktyvų įgyvendinimo tikslas – apsaugoti paviršinius ir požeminius vandens telkinius nuo antropogeninės taršos (Arbačiauskas, 2008).

Iširta, jog žmogaus daroma ūkinė veikla sukelia poveikį 64 proc. Lietuvos paviršinių vandens telkinių. Nustatyta, jog net 88 proc. rizikos vandens telkinių priskiriami potencialiai rizikos grupei. Didžiausią rizikos telkinių skaičių (75 proc.) nulemia sutelktoji tarša (pramonės įmonių, miestų nuotekos). Pagal užimamą teritoriją didžiausią dalį užima rizikos vandens telkinių baseinai, veikiami pasklidosios, t. y. žemės ūkio taršos (22 proc. visų rizikos telkinių). Dalies vandens telkinių būklė palaipsniui gerėja, bet vis tiek daugumos paviršinių telkinių būklė nėra gera dėl esamos taršos iš ūkinės veiklos ir praeities veiksmų poveikio (Sharip ir Jusoh, 2010).

Mažas savaiminis ežero apsivalymas ir greitėjantys eutrofikacijos procesai, prastėjanti vandens kokybė parodo, kad paviršiniai vandens telkiniai yra neigiamai paveikti antropogeninės taršos.

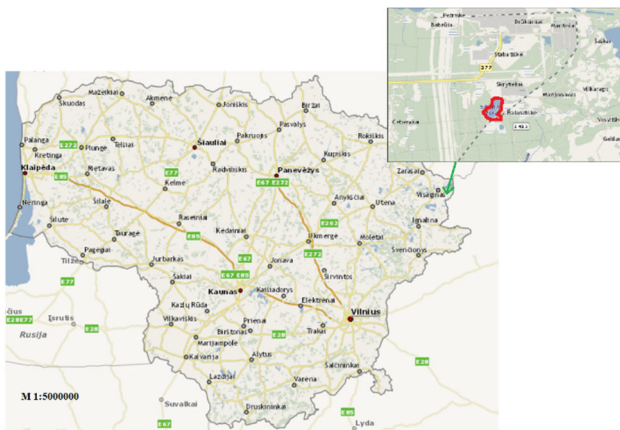
Įvertinus tai, kad daugumai Lietuvos vandens telkinių būklei įtaką daro antropogeninė veikla, būtina atlikti ežerų vandens kokybės tyrimus ir taikyti optimalias priemones gerai ežero ekologinei būklei pasiekti.

Tyrimo objektu pasirinktas Skryto ežeras, kuris praeityje buvo naudojamas kaip biologinis valymo tvenkinys.

Šio straipsnio tikslas – nustatyti antropogeninių veiksnių poveikį Skryto ežero vandens kokybei, identifikuojant taršos šaltinius bei įvertinant jų daromą įtaką vandens kokybei.

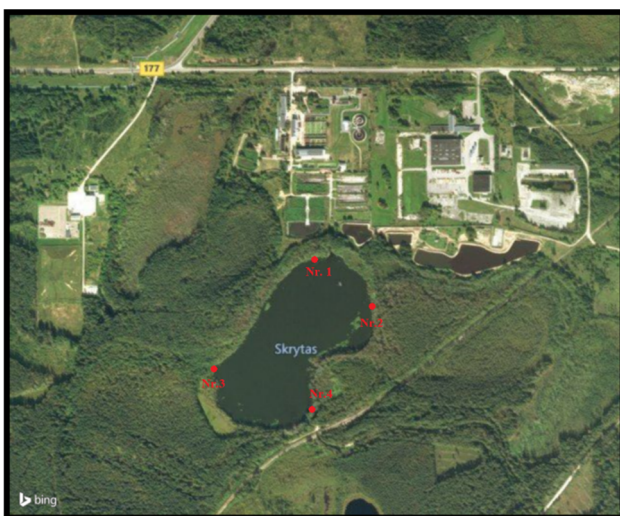
Tyrimo objektas ir metodika

Tyrimo objektu pasirinktas Skryto ežeras (ežero Kad. Nr. 50030190). Ežeras yra šiaurės rytų Lietuvoje (1 paveikslas), Visagino savivaldybėje. Ežero ilgis 0,55 km, plotis 0,310 km. Ežero plotas 13,43 ha, didžiausias ežero gylis – 1,66 m. Krantai žemi, daugiausiai pelkėti, ištiesai apaugę medžiais. Iš rytų ir pietų pusių ribojasi su Berniūnų pelke. Pietuose išteka Bevardis upelis, kuris vėliau įteka į Gulbinėlės upelį, Gulbinėlės upelis įteka į didžiausią Lietuvos ežerą Drūkšius.



1 paveikslas. Skryto ežero geografinė padėtis

Ekologinės būklės vertinimas pagal vandens fizikinius-cheminius parametrus leidžia įvertinti, kokios biogeninės medžiagos patenka į ežerą, kaip jos veikia ežero ekologinę būklę, kaip ežero ekosistema susitvarko su teršalų apkrova.



2 paveikslas. Mėginių paėmimo vietos

Mėginiuose $N_{\text{bendr.}}$ nustatomas spektrometriniu, mineralizuojant su kalio persulfatu, $P_{\text{bendr.}}$ – spektrometriniu, įvykus mineralizacijai su kalio persulfatu, amonio azotas (NH_4-N) – spektrometriniu, su *Nesslerio* reagentu Telkinio vandens skaidrumą tiriamame naudojant *Secchi* diską.

Vandens kokybės rodikliai vertinami lyginant juos su ribinėmis rodiklių vertėmis, nustatytomis dokumente – Paviršinių vandens telkinių, kuriuose gali gyventi ir veisti gėlavandenės žuvis, apsaugos reikalavimų apraše (2005 m. gruodžio 21 d. LR aplinkos ministro įsakymas Nr. D1-633).

Poveikio paviršiniam vandens telkiniui ilgalaikių monitoringo duomenų analizei atlikti panaudotos tokios statistinės charakteristikos: aritmetinis ir imties vidurkis, standartinis ir kintamųjų standartinis nuokrypiai, dispersija ir imties dispersija.

Aritmetinis imties vidurkis – baigtinės aibės dydžių x_1, x_2, \dots, x_n skaitinė charakteristika. Imties vidurkis – tai taškas, kuris vidutiniškai artimiausias visiems statistinės eilės elementams, duomenų patikimumo vertinimas 95 %:

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

Standartinis nuokrypis – vidutinis kvadratinis nuokrypis arba standartas. Kintamųjų (x_1, x_2, \dots, x_n) standartinis nuokrypis – tai nuokrypis, parodantis vidutinę duomenų sklaidą apie vidurkį:

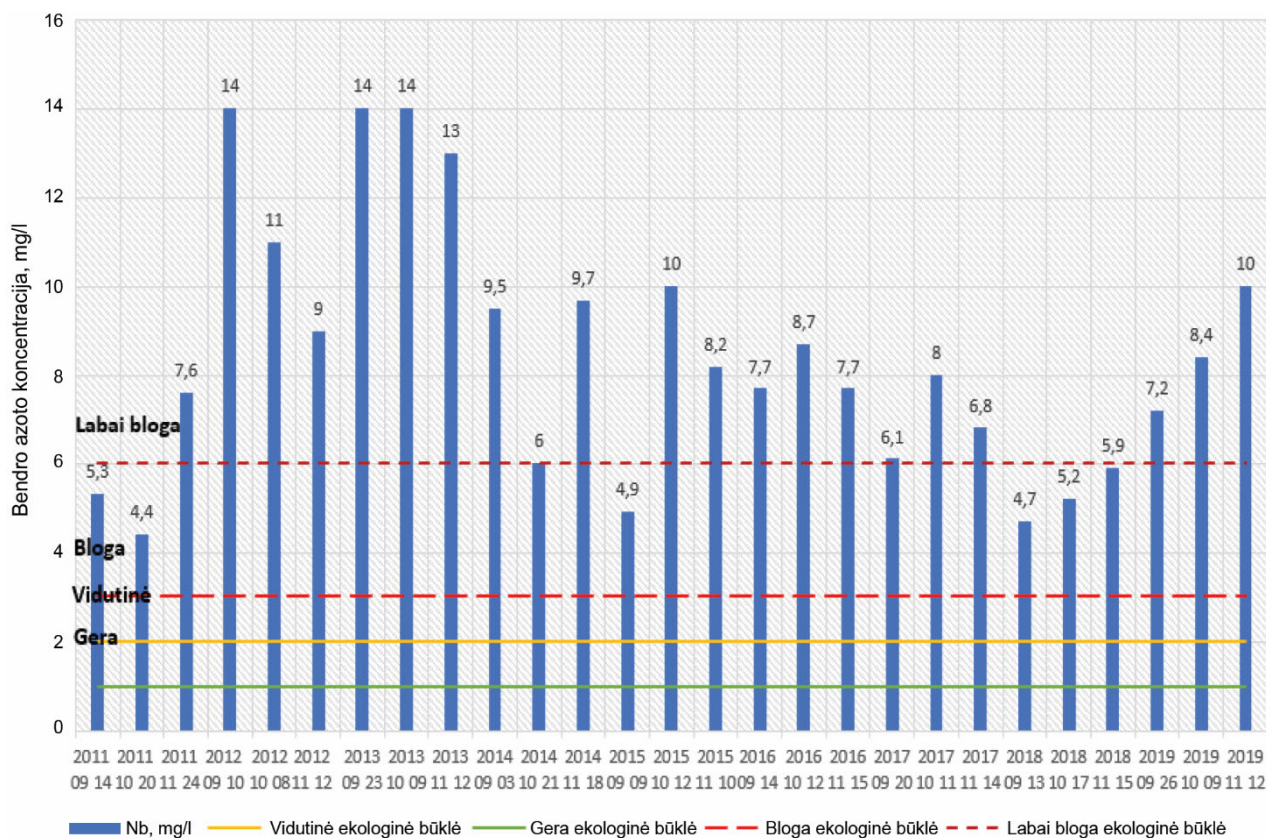
$$S = \sqrt{S^2}. \quad (2)$$

Dispersija – atsitiktinių dydžių sklaidos apie to dydžio vidurkį matas. Imties x_1, x_2, \dots, x_n dispersija yra imties reikšmių nuokrypių nuo imties aritmetinio vidurkio kvadratų asimetrinis vidurkis. Imties dispersija parodo duomenų sklaidą apie vidurkį, duomenų patikimumas vertinamas 95 %.

Rezultatai ir jų analizė

Skryto ežero vandens mėginiai buvo imami vasaros, rudens ir žiemos laikotarpiais. Tiriant ežerą buvo imami paviršinio vandens mėginiai iš 4 skirtingų ežero vietų (2 paveikslas), kad būtų galima tiksliau nustatyti, kurioje telkinio vietoje yra didžiausia tarša biogeninėmis medžiagomis, taip identifikuojant taršos šaltinius.

Didžiausią įtaką Skryto ežero cheminei vandens kokybei turėjo antropogeninė veikla. 31 metus leidžiamos tik mechanškai ir chemiškai išvalomos Visagino miesto nuotekos. 2010 metais rekonstravus Visagino miesto nuotekų valyklą, įrengus biologinio valymo įrenginius, biogeninių



3 paveikslas. Bendro azoto koncentracijos kaita ežero vandenyje Rudens sezonu

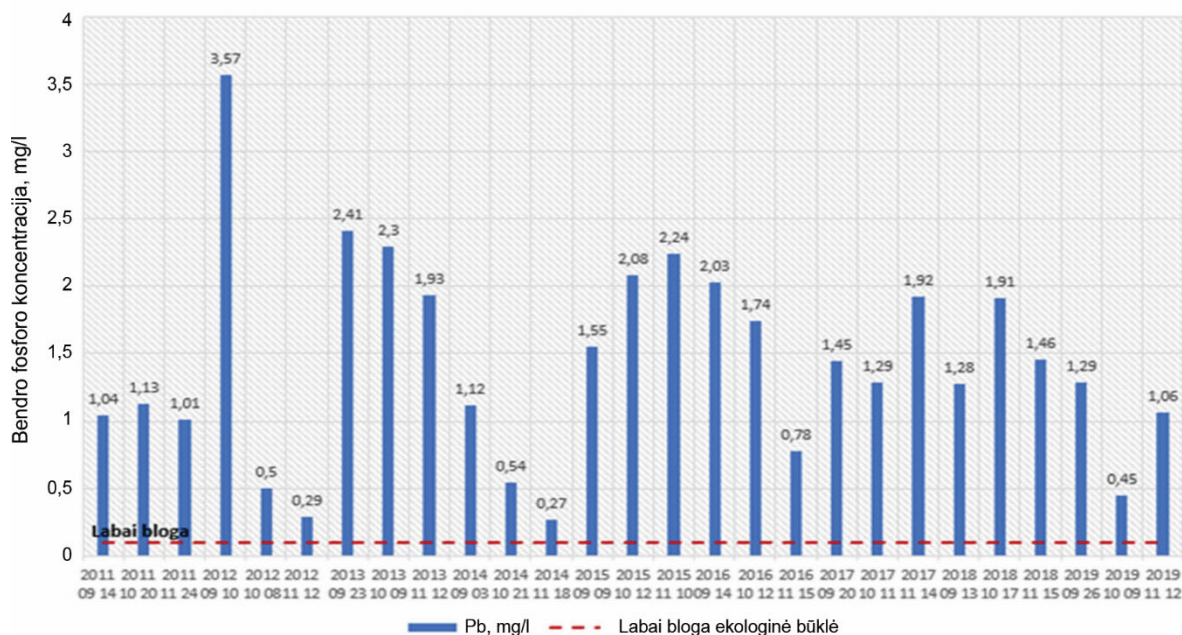
medžiagų koncentracija ežero vandenyje sumažėjo. Ilgalaičiai 2011–2019 metų monitoringo duomenys parodė, kad Skryto ežero vandenyje nustatyti dideli bendro azoto kiekiai, tiriamojo vandens kokybė atitiko blogą ekologinę būklę.

Pagal šį rodiklį matome, kad rudens laikotarpiu vandens kokybė buvo labai bloga, nustatyta koncentracija padidėjo iki 14 mg/l (3 paveikslas). Tam įtaką galėjo daryti pradėti Skryto ežero valymo darbai. Ežero sapropelyje buvo sukauptas didelis kiekis biogeninių medžiagų, išjūdinus šias medžiagas padidėjo tarša ežero vandenyje.

Bendro azoto koncentracijos pokytis žiemos laikotarpiu atsiranda dėl mažų oro temperatūrų ir įšalo, dirvožemio absorbcinė galia labai sumažėja, tad nitratų padidėjimą dirvožemio vandenyje kompensuoja dideli jų kiekiai (Milius ir Baigys, 2001). Kai azoto junginių sunaudojimas yra minimalus, susidaro palankios sąlygos azotinių organinių medžiagų mineralizacijos procesams, todėl dėl jų įtakos žiemos laikotarpiu pastebima šoktelėjusi bendro azoto koncentracija. Tyrimai patvirtina ir kitų autorių pastebėjimus, jog dėl žmogaus vykdomos ūkinės veiklos bendro azoto junginių prietaka į vandens telkinius labai padidėja, tačiau tai priklauso nuo metų sezonų (Stankevičienė, 2012; Kutra ir Berankienė, 2006). Pasitaiko tokių metų laikotarpių, kai azoto junginių koncentracijos gali priklausyti nuo augalų vegetacijos, žiemos sąlygų, dirvožemio išalimo

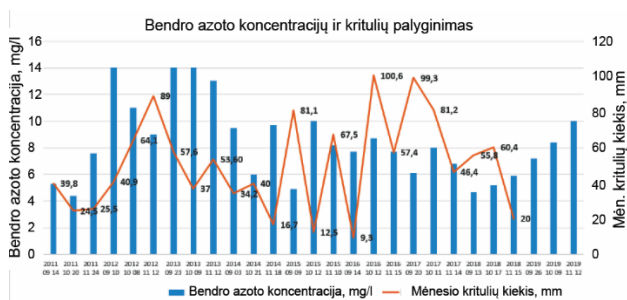
gylio, sniego dangos (Tilickis, 2005). Sezoniškumų pokyčiai daro įtaką azoto junginių koncentracijų kaitai, todėl azoto junginių koncentracija ežero vandenyje sumažėja nuo 16,36 iki 52,72 proc. šiltuoju laikotarpiu vykstant augalų vegetacijos procesams. Didžiausi azoto junginių kiekiai nustatyti žiemos sezoną lyginant su kitais sezonais, nes šaltuoju laikotarpiu nevyksta augalų vegetacija ir azoto junginiai neasimilijuojami. Atlikus Skryto ežero monitoringo duomenų statistinę analizę pavyko nustatyti, kad bendro azoto koncentracija turi ryšį su meteorologinėmis sąlygomis, sezoniškumu ir vykdytu ežero valymu mechaniniu būdu.

Bendro fosforo koncentracijos ežero vandenyje visais metų laikais buvo labai didelės, rudens laikotarpiu (4 paveikslas) koncentracijos kito nuo 0,27 iki 3,57 mg/l. Apibendrinus monitoringo rezultatus matyti, kad bendro fosforo junginių koncentracija ežero vandenyje priklauso nuo sezoniškumo. Mažiausia bendro fosforo junginių koncentracijos kaita nustatyta pavasario ir vasaros sezono metu. Tai gali lemti prasidėjęs augalų vegetacijos periodas, kai augaluose vyksta intensyvi sedimentacija ir fotosintezė, kuri sumažina fosforo junginių koncentracijas ežero vandenyje. Būtent dėl intensyvios sedimentacijos ir fotosintezės bendro fosforo koncentracijos pavasario ir vasaros mėnesiais gerokai mažesnės nei šaltuoju sezonu.



4 paveikslas. Bendro fosforo koncentracijos kaita ežero vandenyje Rudens sezonu

5 paveiksle iliustruojama, kad išskritus didesniai kritulių kiekiui, padidėja ir azoto junginių koncentracija Skryto ežero vandenyje. Tokia koncentracijos tendencija tarp kritulių parodo, kad vyksta azoto junginių prietaka su krituliais ar išplovimas iš aplink ežerą esančių teritorijų. Švedų mokslininkai (Kyllmar ir kt., 2006) tvirtina, kad azoto išplovimą skatina gausūs krituliai ir organiniai dirvožemiai. Lygiai analogiška situacija ir su bendro fosforo koncentracija.



5 paveikslas. Bendro azoto ir kritulių grafikas

Galima tarša biogeninėmis medžiagomis ežero vandenyje atsiranda dėl ežero valymo metu, šalia ežero įrengtų sapropelio sandėliavimo laukų. Tarša galimai patenka per gruntinius vandenius. Žinant, kad gruntiniai vandenys su aplinka siejasi per aeracijos zoną, išskritę krituliai įsifiltruoja į ją, taip papildantys gruntinį vandeningąjį sluoksnį įvairiais teršalais. Tiriant paimtus mėginius iš 4 skirtingų ežero vietų, nustatyta, kad didžiausia koncentracija bendro fosforo ir bendro azoto mėginių paėmimo vietoje Nr. 1,

kuri yra arčiausiai sapropelio sandėliavimo laukų. 1 mėginio ėmimo vietoje bendro azoto koncentracijos kito nuo 3, iki 9,3 mg/l, nustatytas koncentracijos vidurkis – 6,75 mg/l. Vasaros sezono metu bendrojo azoto koncentracijos kaita kito nuo 3,9 iki 5,2 mg/l ir toliau augo. Rudens sezono metu koncentracija viršijo 6 mg/l labai blogos ekologinės būklės ribas. Teršalų koncentracija kito nuo 6,8 iki 8,2 mg/l, nustatytas koncentracijos vidurkis – 7,36 mg/l. Palyginus koncentracijos vidurkius pavasario ir rudens sezonais, paaiškėjo, kad bendro azoto koncentracija padidėjo 8 %. Žiemos metu bendro azoto koncentracija augo iki 9,3 mg/l. Palyginus su vasaros ir rudens sezonais koncentracija padidėjo net 138 %. Išanalizavus išvalytas miesto nuotekas nustatyta, kad tais metais vidutinė bendro azoto koncentracija išleidžiamose nuotekose 4,90 mg/l, o nuotekų išvalymo efektyvumas 93,48 %. Apibendrinus tyrimų rezultatus matyti, kad bendro azoto junginių koncentracija Skryto ežero vandenyje priklauso nuo sezonų.

Didžiausia nustatyta koncentracija siekia 9,3 mg/l, lyginant su gera ekologine būkle (1,00–2,00 mg/l) bendro azoto koncentracija viršija 3,6 kartų. Toks didelis bendrojo azoto koncentracijos pokytis žiemos laikotarpiu atsiranda dėl mažų oro temperatūrų ir įšalo, dirvožemio absorbcinė galia labai sumažėja, todėl matomas nitratų padidėjimas vandenyje. Kai bendro azoto junginių sunaudojimas būna minimalus, susidaro palankios sąlygos azotinių medžiagų mineralizacijos procesams, galimai todėl matoma šoktelėjusio bendro azoto koncentracija.

Bendro fosforo koncentracija kito nuo 0,471 iki 1,31 mg/l, nustatytas koncentracijos vidurkis – 0,95 mg/l.

Vasaros sezono metu bendro fosforo koncentracija kito nuo 0,93 l iki 1,10 mg/l.

Rudens sezono metu bendro fosforo koncentracija viršijo 0,100 mg/l labai blogos ekologinės būklės ribas. Teršalų koncentracija kito nuo 1,31 iki 0,47 mg/l, nustatytas koncentracijos vidurkis – 0,89 mg/l. Palyginus koncentracijos pavasario ir rudens sezonais vidurkius, paaiškėjo, jog bendro fosforo koncentracija sumažėjo 6,31 %. Žiemos sezono metu bendro fosforo koncentracija augo iki 1,01 mg/l. Išanalizavus išvalytas miesto nuotekas tais metais vidutinė bendro fosforo koncentracija išleidžiamose nuotekose 1,03 mg/l, o nuotekų išvalymo efektyvumas 89,67 %.

Išvados

1. Ilgalaikių duomenų analizės rezultatai parodė, jog žiemos ir vasaros laikotarpiais azoto junginių koncentracija kinta nuo 2,1 iki 14 mg/l. Vasaros metu azoto koncentracija sumažėja 7 kartus, lyginant su žiemos metu nustatyta didžiausia koncentracija. Koncentracijos sumažėja dėl nitrifikacijos ir oksidacijos procesų. Vertinant pagal fizikinius-cheminius parametrus ežero ekologinė būklė kinta tarp blogos ir labai blogos. Bendro fosforo koncentracija kinta nuo 0,20 iki 3,97 mg/l. Pagal fizikinius-cheminius parametrus ežero ekologinė būklė viršija labai blogos ekologinės būklės (0,100 mg/l) ribą nuo 2 iki 40 kartų.
2. Matomas kritulių ir biogeninių medžiagų ryšys, kuris leidžia manyti, kad biogeninių medžiagų tarša ežero vandenyje patenka, yra išplaunama ar infiltruojasi per laidžius dirvožemio sluoksnius iš sapropelio sandėliavimo laukų, kurie įrengti 50 metrų nuo ežero.
3. Atliktų tyrimų rezultatai parodė, kad bendro azoto koncentracija kito nuo 3,9 iki 9,3 mg/l. Žiemos sezono metu bendro azoto koncentracija augo iki 9,3 mg/l. Palyginus su vasaros ir rudens sezonais bendro azoto koncentracija padidėjo net 138 %. Bendro fosforo koncentracija kito nuo 0,47 iki 1,31 mg/l. Rudens sezono metu bendro fosforo koncentracija viršijo 0,100 mg/l labai blogos ekologinės būklės ribas. Atlikti matavimai su *Secchi* disku parodė, kad vandens skaidrumas kinta tarp 0,34–0,65 metrų, palyginus su ežerų ekologinės būklės kriterijais nustatyta, kad ji yra tarp blogos ir labai blogos.

Literatūra

Arbačiauskas, K. (2008). Assessing the risk of aquatic species invasions via European inland water-ways: From concepts

to environmental indicators. *Integrated Environmental Assessment and Management*, 5(1), 110–129.

https://doi.org/10.1897/IEAM_2008-034.1

Kyllmar, K., Carlsson, C., Gustafson, A., Ulen, B., & Johnson, H. (2006). Nutrient discharge from small agricultural catchments in Sweden. Characterisation and trends. *Agriculture, Ecosystems & Environment*, 115(1–4), 15–26.

<https://doi.org/10.1016/j.agee.2005.12.004>

Kutra, S. ir Berankienė, L. (2006). Azoto koncentracijos vidutinio dydžio upių vandenyje priklausomybė nuo nuotėkio modulio. *Vandens ūkio inžinerija*, 30(50), 57–66.

Milius, P. ir Baigys, G. (2001). Maisto medžiagų migracijos procesų poveikis paviršinio vandens kokybei. *Vandens ūkio inžinerija*, 16(38), 116–126.

Povilaitis, A. (2008). Source apportionment and retention of nutrients and organic matter in the Merkys river basin in southern Lithuania. *Journal of Environmental Engineering and Landscape Management*, 16(4), 195–204.

<https://doi.org/10.3846/1648-6897.2008.16.195-204>

Ruminaitė, R. (2010). *Antropogeninės veiklos įtakos upių nuotėkiui ir vandens kokybės tyrimai ir vertinimas* (Daktaro disertacija. Vilniaus Gedimino technikos universitetas).

Sakalauskiene, G., Valatka, S. ir Virbickas, T. (2002). Nuotekų įtaka paviršinių vandenų kokybei bei upių klasifikacija į „lašišinius– ir „karpinius– vandenis. *Aplinkos tyrimai, inžinerija ir vadyba*, 2(20), 3–10.

Sharip, Z., & Jusoh, J. (2010). Integrated lake basin management and its importance for Lake Chini and other lakes in Malaysia. *Lakes and Reservoirs: Research and Management*, 15(1), 41–51.

Stankevičienė, R. (2012). Mūšos baseino upių metinės ir sezoninės vandens taršos bendroju azotu taikant Fyris modelį. *Vandens ūkio inžinerija*, 40(60), 54–63.

Tilickis, B. (2005). *Vandens cheminės sudėties kaita Lietuvos baseinuose: Monografija*. Klaipėda.

SKRYTAS LAKE'S WATER QUALITY ASSESSMENT IN THE CONTEXT OF ANTHROPOGENIC

E. Lavruvianecas, L. Bagdžiūnaitė-Litvinaitienė

Summary

The article analyzes the ecological status to physical-chemical parameters of Lake Skrytas and evaluates long-term monitoring data for the impact on the surface water body. Total nitrogen, total phosphorus, transparency are analyzed. Economic activities around Lake Skrytas, which may adversely affect lake water quality, are also analyzed. It is being assessed whether point or diffuse pollution has the greatest impact on lake water quality. The total nitrogen concentration is analyzed by oxidation of the persulfate sample, the total phosphorus concentration is examined by mineralization of the persulfate sample, and the transparency is investigated by using the Secchi disk. Lake water's quality samples were obtained from 4 different locations from July to December of the year 2019. The sampling extraction points have been selected in such a way that the pollution caused by economic activities can be identified as precisely as possible. This article provides a comprehensive study of Lake Skrytas that evaluates the pollution caused by anthropogenic activities to the water's quality.

Keywords: total nitrogen, total phosphorus, secchi disk, physico-chemical parameters, ecological status.