

SIESARTIES IR VILNIO UPIŲ EKOTOKSIKOLOGINĖS BŪKLĖS ĮVERTINIMAS PAGAL ATLANTINĖS LAŠIŠOS (*SALMO SALAR L.*) JAUNIKLIŲ MORFOLOGINIUS RODIKLIUS

Gintarė SAULIUTĖ¹, Gintaras SVECEVIČIUS²

Gamtos tyrimų centro Ekologijos institutas, Vilnius, Lietuva

El. paštas: ¹gintare.sauliute@gmail.com; ²gintaras.svecevicius@takas.lt

Santrauka. Tyrimo tikslas – įvertinti dviejų galimai skirtingai užterštų lašišinių upių Vilnios ir Siesarties ekotoksikologinę būklę pagal atlantinės lašišos (*Salmo salar L.*) jauniklių morfologinius rodiklius. Statistiškai apdorojus ir apskaičiavus žuvų morfometrinius parametrus bei morfologinius rodiklius, nustatyta, kad tirtos Vilnios ir Siesarties žuvis gerokai skiriasi. Žuvų imitimo koeficientas (*IK*) ir žiaunų somatinis indeksas (*ŽSI*) – jautriausi biožymenys, atspindintys žuvų fiziologinę būklę. Vilnios upėje lašišų jauniklių *IK* ir *ŽSI* vertės gerokai skyrėsi, lyginant su Siesarties upės lašišų jauniklių rodikliais, tikriausiai dėl didesnės vandens taršos pirmojoje upėje. Kadangi pagal klasikinius fizinius ir cheminius vandens parametrus upės buvo labai panašios [patikimų skirtumų nenumatyta ($p > 0,1$)], galima teigti, kad egzistuoja kiti, nespecifiniai cheminiai veiksniai (teršalai) vandenyje, kurie lemia žuvų fiziologinę bei indikuoja upių ekotoksikologinę būklę.

Reikšminiai žodžiai: Atlantinė lašiša, morfologiniai rodikliai, organų somatinis indeksas, imitimo koeficientas, upės ekotoksikologinė būklė, bioindikatorius.

Įvadas

Žuvis priklauso aukščiausiam mitybinės grandinės lygmeniui vandens ekosistemoje. Dėl šios priežasties, nuodingosioms medžiagoms patekus į vandenį, didžiausias jų kiekis tenka žuvims ir kelia grėsmę ne tik vandens organizmams, bet ir paukščiams bei žinduoliams, įskaitant ir žmogų (Bervoets, Blust 2003). Dažniausiai pagal biologines bendrijas tiksliai apibrėžiami vandens ekosistemos rodikliai, priklausantys nuo aibės biotinių ir abiotinių veiksnių. Žuvis atlieka svarbų bioindikatoriaus vaidmenį valdant vandens išteklius (Naigaga *et al.* 2011). Chovanec *et al.* (2003) apibrėžė bioindikatoriaus sąvoką – tai organizmas ar organizmų bendrija, kuriuos tiriant gaunama pakankamai informacijos apie aplinkos kokybę. Pagal bioindikatorių įvertinama supančios aplinkos kokybė, nustatomas žmogaus daromas neigiamas poveikis aplinkai ir parenkamos tinkamos aplinkos atkūrimo priemonės.

Bioindikatoriais gali tapti pastoviai konkrečioje aplinkoje gyvenantys organizmai, padedantys identifikuoti vandens ekosistemos problemas, kaip antai žuvis. Žuvis jautrios bet kokioms toksinėms medžiagoms, kurių kiekis vandenyje nuolatos kinta priklausomai nuo laiko ir aplinkos sąlygų. Paprastai teršalų poveikis organizmui yra platus: jis apima ląstelinį ir biocheminį lygmenis, taip pat sutrikdo

elgsenos, augimo ir reprodukcijos funkcijas (Adedeji *et al.* 2012). Esant minimaliai vandens taršai, žuvis patiria nuolatinį stresą, trikdantį hormoninius ir biocheminius procesus, dėl ko suintensyvėja medžiagų apykaita, nusilpsta imuninė sistema, sutrinka osmoreguliacija, pablogėja reprodukcija bei pagausėja audinių pažeidimų (Zahedi *et al.* 2013). Tačiau tuo pat metu verta stebėti žuvį kaip bioindikatorių, padedantį įvertinti bendrą taršos lygį supančioje aplinkoje (Chovanec *et al.* 2003).

Žuvų, turinčių sudėtingas buveines, fauna tampa svarbiu rodikliu vertinant vandens ekosistemos ekologinio vientisumo priklausomybę nuo mikrobuveinių ir baseinų dydžių (Chakrabarty, Homechaudhuri 2013). Tik šį vandens organizmą galima vertinti tokia daugybe metodų (pvz., morfologinių, histologinių, hematologinių, elgsenos ir kt.), leidžiančių nustatyti audinių pažeidimus, nuodingųjų medžiagų pavojingumą ir jų kaupimąsi organizme (Grabarkiewicz, Davis 2008). Teršalų kiekiai žuvų audiniuose yra puikus biožymuo, atspindintis organizmo fiziologinius pokyčius, tiesiogiai priklausančius nuo teršalų kiekio vandenyje (Van der Oost *et al.* 2003).

Žuvų fiziologinei būklei vertinti yra naudojami pagrindiniai morfologiniai rodikliai – imitimo koeficientas (*IK*),

žiaunų (*ŽSI*), kepenų (*KSI*), inkstų (*ISI*) somatiniai indeksai (Liebel *et al.* 2013). Nereikia papildomai apdoroti duomenų, pakanka pradinių duomenų (žuvies kūno ir organų svorio bei kūno ilgio), kad būtų galima vertinti aplinkos ekologinę būklę. Taikydamas šiuos rodiklius, tyrėjas greičiau aptinka stresoriaus tiesiogiai lemiančius bendrą žuvų gerbūvį (Ariweriokuma *et al.* 2011).

Natūralioje aplinkoje žuvies organizmą bendrai veikia aibė kombinuotų teršalų ir kitų stresorių. Kai kurios nuodingosios medžiagos vandenyje, ypatingai mažos jų koncentracijos, pavojingos išlieka ilgą laiką, o dabartinės vandens kokybės stebėsenos metodikos dažnai neįvertina jų poveikio. Kadangi morfologiniai rodikliai glaudžiai susiję su organizmu ir jo organais, kintančios jų vertės parodo, kaip organizmas ir organų sistema sąveikauja su teršalais ar stresoriais ir taip leidžia įvertinti supančios aplinkos ekologinę būklę (Montenegro, Gonzalez 2012).

Įmitimo koeficientas ir organų somatiniai indeksai taip pat naudojami vertinant žuvų gerbūvį ir populiaciją (Moiseenko *et al.* 2008). Jie sujungia organizme vykstančius fiziologinius procesus nuo molekulinio iki organų lygio į visumą (Ariweriokuma *et al.* 2011). Nuodingosios medžiagos tiesiogiai didina individų mirtingumą, lemia maisto patekimo ir pasisavinimo procesus bei reguliuoja reprodukcijos intensyvumą. Žuvų augimas tiesiogiai priklauso nuo maitinimosi ir energijos sąnaudų laiko atžvilgiu. Sulėtėjęs organizmo augimas tiesiogiai koreliuoja su jo reprodukcija, ir tai lemia populiacijos mažėjimą. Žuvų augimas ir dauginimasis – tai pagrindiniai integruoti laiko atžvilgiu veiksniai, atspindintys organizmo gerbūvį jį supančioje aplinkoje (Van der Oost *et al.* 2003).

Įmitimo koeficientas (*IK*) – tai informatyvus rodiklis, parodantis bendrą žuvų fiziologinę būklę, kuri priklauso nuo biotinių ir abiotinių veiksnių sąveikos aplinkoje. Šis rodiklis naudojamas kaip standartinis metodas žuvų fiziologijos tyrimams, tiesiogiai susijęs su žuvies kūno ir organų svoriu bei ilgiu (Adeyemi 2010). Aukštos įmitimo koeficiento vertės atspindi gerą aplinkos kokybę, o labai žemas įmitimo koeficientas rodo prastą aplinkos būklę (Kazlauskienė, Vosylienė 2004).

Organų somatinis indeksas – taip pat santykinis dydis, atspindintis individo reprodukcinius ir energetinius pokyčius organizme (Maxwell, Dutta 2005). Jis parodo organų sistemos proporcingumą viso kūno atžvilgiu, kurios dydį lemia aplinkos veiksniai nepriklausomai nuo žuvies kūno svorio ir ilgio svyravimų. Mokslininkai dažniausiai naudoja žiaunų (*ŽSI*), kepenų (*KSI*) ir inkstų (*ISI*) somatinius indeksus vertindami nepalankias (stresines) sąlygas. Giulio ir Hinton (2008) nustatė, kad esant užterštai aplinkai, žuvų organai-taikiniai (pvz., žiaunos, kepenys, inkstai) linke

padidėti arba sumažėti. Žuvų kepenys užterštoje aplinkoje paprastai yra mažesnės, lyginant su švarios aplinkos žuvų kepenimis. Priešingai žiaunoms, kurios linkusios žymiai padidėti (hipertrofuotis), vandenyje esant nuodingų medžiagų (Sağlam, N. E., Sağlam, C. 2012).

Pagal morfologinius žuvų rodiklius negalima nustatyti tikslios tam tikrų veiksnių sukeltos žalos priežasties, tačiau pagal organų svorio pakitimus bei kitus organizmo pokyčius galima identifikuoti kitus biologinius žymenis, kurie bus svarbūs toliau analizuojant tyrimus. Remdamiesi koreliacija tarp šių rodiklių ir laiko intervalų, tyrėjai gali aptikti ir kiekybiškai įvertinti toksinį teršalų poveikį organizmui ir nustatyti priežastinius veiksnius (Lagadic 2002).

Lašišinės žuvys yra labai jautrios vandens taršai. Daugelio autorių nuomone, jos yra vienos jautriausių bioindikatorių, parodančių vandens kokybę ir aplinkos ekotoksikologinę būklę (Khodadoust *et al.* 2013).

Šio tyrimo tikslas – įvertinti dviejų galimai skirtingai užterštų lašišinių upių Vilnios ir Siesarties ekotoksikologinę būklę pagal atlantinės lašišos (*Salmo salar* L.) jauniklių morfologinius rodiklius.

Metodika

Vilnia ir Siesartis – tipiškos Lietuvos vidutinio dydžio lašišinės upės.

Vilnia (arba Vilnelė) teka Lietuvos rytinėje dalyje. Išteka iš Medininkų aukštumos ir įteka į Nerį, Vilniuje. Upės vagos ilgis – 81,6 km, vidutinis vandens debitas – 5,63 m³/s, bendras baseino plotas – 623,5 km², iš kurio Lietuvai priklauso 550,5 km², o likusi baseino dalis priklauso Baltarusijai. Upė priskiriama Nemuno UBR, Neries mažųjų intakų (su Nerimi) pabaseiniui. Antropogeninis poveikis ypač ryškus tam tikrose upės atkarpose. Vilnia teka pro urbanizuotą miesto teritoriją ir yra jos poveikio zonoje. Todėl pagrindinis taršos šaltinis – buitinės, pramoninės bei paviršinės lietaus nuotekos (Gailiūšis *et al.* 2001).

Siesartis teka Lietuvos Aukštaitijos teritorijoje. Tai kairysis Šventosios intakas, priklausantis Šventosios baseinui. Upės ištakos – Siesarties ežeras, kiek į rytus nuo Molėtų ji įteka į Šventąją. Upės vagos ilgis – 64,1 km, bendras baseino plotas – 615,7 km², vidutinis vandens debitas – 5,13 m³/s. Upė teka miškingomis teritorijomis į vakarus, pro Molėtus. Pakeliui prateka Pastovio, Pastovėlio ežeras. Taršos šaltinių beveik nėra.

Žuvis buvo gaudomos per eksperimentines žūklas 2013 m. gruodžio mėn. Vilnios upėje, už Naujosios Vilnios, ties Stepono Batoro tiltu (Vilniaus raj.) [54° 41' 25.67", 25° 21' 33.31" (WGS)] bei Siesarties upės žemupyje, ties Vaisgeliškių km. (Ukmergės raj.) [55° 17' 24.67", 24°

51° 54.67' (WGS)], naudojant sertifikuotą elektros žūklės aparatą (srovės stiprumas – 540 V, dažnis – 20–60 Hz, impulso trukmė 2–12 m s⁻¹).

Morfologinių rodiklių analizei bei palyginimui buvo sugauta po 10 vienetų to paties amžiaus (0+) individų iš Vilnios ir Siesarties upių.

Žuvis buvo pasvertos (0,01 g tikslumu), išmatuotos mm), išskrostos, tada buvo išimti bei pasverti šie organai: žiaunos, kepenys ir instakai.

Žuvų fiziologinei būklei įvertinti buvo apskaičiuoti morfologiniai rodikliai: ėmitimo koeficientas (angl. *Condition Factor*) (*IK*) ir organų somatiniai indeksai (*OSI*).

Ėmitimo koeficientas lašišinėms žuvims (*IK*) – santykinis dydis, išreikštas žuvies kūno svorio ir ilgio santykiu:

$$IK = \frac{10^N \cdot Q}{l_c^3}, \quad (1)$$

kur *Q* – žuvies bendras svoris, g; *N* – vertė (*N* = 5) parinkta, siekiant gauti kuo artimesnę vienetui *IK* vertę; *l_c* – kaudalinis ilgis, mm; lašišinių žuvų kūno ilgis matuojamas nuo snukio pradžios iki uodeginio peleko iškirptės centro (angl. fork length) (Barnham, Baxter 2003).

Organų-somatinis indeksas (*OSI*) išreiškiamas tam tikro organo ir kūno masės santykio procentais (Liebel et al. 2013):

$$OSI = \frac{\text{Organo svoris (g)}}{\text{Kūno svoris (g)}} \times 100 \%. \quad (2)$$

Gauti rezultatai buvo apdoroti statistiškai su programa STATISTICA 7.0 (StatSoft Inc., Tulsa, Oklahoma, JAV). Integralus rezultatų skirtumų reikšmingumas buvo nustatytas taikant dvifaktoriinę dispersinę analizę (Two-way MANOVA) bei atliekant daugkartinio lyginimo Bonferroni testą, o skirtumai tarp atskirų verčių buvo nustatyti taikant vienfaktoriinę dispersinę analizę (One-way ANOVA), kai reikšmingumo lygmuo *p* < 0,05.

Rezultatai ir jų analizė

Atlikus Vilnios ir Siesarties upių lašišų morfometrinių parametrų (*L*, *l_c*, *Q*, *q*) dvifaktoriinę dispersinę analizę, nustatyta, kad lašišų jaunikliai pagal šiuos rodiklius bendrai gerokai skiriasi (*F* (1,72) = 133,11; *p* < 0,0005). Taip pat gerokai skiriasi ir atskirų parametrų vertės (1 lentelė).

Atlikus Vilnios ir Siesarties upių lašišų morfologinių rodiklių (*IK*, *ŽSI*, *KSI*, *ISI*) dvifaktoriinę dispersinę analizę, nustatyta, kad lašišų jaunikliai iš Vilnios ir Siesarties upių pagal šiuos rodiklius bendrai gerokai skiriasi (*F* (1,72) = 5,4582; *p* = 0,022) (1 pav.). Kadangi šie rodikliai koreliuoja su supančia aplinka, galima daryti prielaidą, kad ir šių upių ekotoksikologinė būklė taip pat gerokai skiriasi.

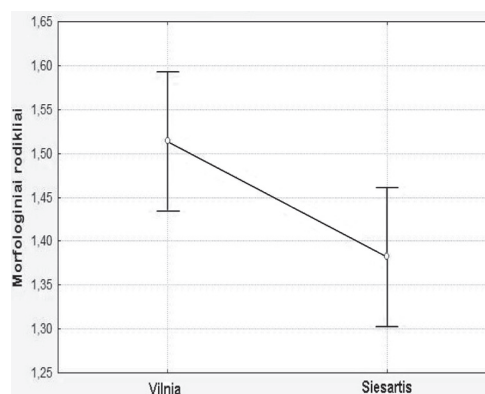
1 lentelė. Lašišų jauniklių iš Vilnios ir Siesarties upių morfometrinių parametrų (vidurkis ± standartinė paklaida, *n* = 10)

Table 1. Morphometric parameters of juvenile Atlantic salmon from the Vilnia and Seisartis Rivers [mean ± standard error (*N* = 10)]

Morfometriniai parametrai	Upė	
	Vilnia	Siesartis
Bendras ilgis (<i>L</i>), mm*	177,5±2,7	127,5±8,1
Kaudalinis ilgis (<i>l_c</i>), mm*	168,25±2,4	119,75±7,6
Bendras svoris (<i>Q</i>), g*	50,12±2,4	22,48±3,7
Svoris be vidurių (<i>q</i>), g*	43,58±2,2	18,89±3,2

Pastaba: Žvaigždutės (*) žymi patikimus skirtumus tarp atskirų verčių (*p* < 0,05)

Note: Asterisks (*) denote significant differences between different values (*p* < 0.05)

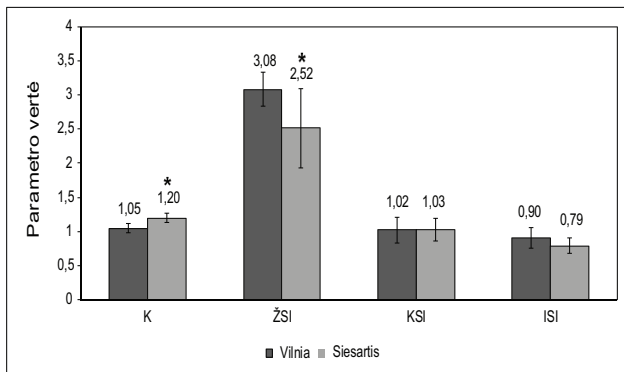


1 pav. Vilnios ir Siesarties upių atlantinių lašišų jauniklių morfologinių rodiklių (*IK*, *ŽSI*, *KSI*, *ISI*) dvifaktoriinės dispersinės analizės grafinė schema (vidurkis ± 95 % pasikliautinis intervalas)

Fig. 1. Graphical presentation of two-way MANOVA of morphological indices (*IK*, *ŽSI*, *KSI*, *ISI*) of juvenile Atlantic salmon from the Vilnia and Seisartis Rivers (mean ± 95% confidence interval)

Akivaizdu, kad Siesarties lašišų jauniklių morfometrinių parametrų vertės gerokai žemesnės. Šioje upėje to paties amžiaus žuvis smulkesnės, mažesnis jų vidutinis kūno svoris ir ilgis. Tačiau analizuojant Vilnios ir Siesarties upių lašišų morfologinius rodiklius matyti, kad žuvų ėmitimo koeficiento vertė Siesarties upėje gerokai didesnė nei Vilnios upėje (2 pav.). Lyginant lašišų jauniklių *IK* vertes tirtose upėse, matyti, kad Siesarties upėje žuvis ėmitusios geriau (*IK* = 1,20±0,07). Todėl galima daryti išvadą, kad lašišų jaunikliai šioje upėje jaučiasi žymiai geriau, nes juos veikia mažiau stresorių, priešingai nei Vilnios upėje, kurioje žuvų ėmitimas prastesnis (*IK* = 1,05±0,07) dėl galimų neigiamų veiksnių (teršalų) aplinkoje.

Nors Siesarties upėje žuvis daug smulkesnės, tačiau pagal savo kūno svorį ir ilgį jos proporcingesnės, jos kur kas labiau ėmitusios, nei Vilnios upėje gyvenančios žuvis, kurių kūnai ne tokie proporcingi. Galima teigti, kad Siesarties lašišų jauniklių morfologinėms savybėms įtaką



2 pav. Vilnios ir Siesarties upių lašišų jauniklių morfologiniai rodikliai (vidurkis \pm standartinis nuokrypis, $n = 10$). Žvaigždutės (*) žymi patikimus verčių skirtumus ($p < 0,05$) **IK** – ėmitimo koeficientas; **ŽSI** – žiaunų somatinis indeksas; **KSI** – kepenų somatinis indeksas; **ISI** – inkstų somatinis indeksas

Fig. 2. Morphological indices of juvenile Atlantic salmon from the Vilnia and Siesartis Rivers [mean \pm deviation ($N = 10$)]. Asterisks (*) denote significant differences between values ($p < 0.05$)

IK – condition factor; **ŽSI** – gill-somatic index; **KSI** – liver-somatic index; **ISI** – reno-somatic index

darė ne tik geresnės aplinkos sąlygos, bet ir jų prigimtis bei genetika.

Mityba, įvairios ligos ir aplinkos tarša – tai tarpusavyje susiję veiksniai, lemiantys žuvų gerbūvį. Daugelis mokslininkų įrodė, kad ėmitimo koeficientas glaudžiai koreliuoja su individo mityba (Ariweriokuma *et al.* 2011). Aplinkoje esant nuodingųjų medžiagų, sumažėja maisto išteklių, pasikeičia mitybos grandinė, todėl žuvys tampa neatsparios ligoms. O esant aukštam sergamumui, mažėja ir ėmitimo koeficiento vertė (Van der Oost *et al.* 2003).

Ne tik ėmitimo koeficientas, bet ir organų somatiniai indeksai adekvačiai atspindi neigiamų aplinkos veiksnių įtaką individo gerbūviui. Apskaičiavus bei statistiškai apdorojus organų somatinius indeksus, nustatyta, kad **ŽSI** – jautriausias biožymuo, ($p = 0,011$), lyginant su kitais indeksais [**ISI** ($p = 0,066$); **KSI** ($p = 0,942$)], parodantis žuvų fiziologinę būklę.

Žiaunos išklotos vienasluoksniu epitelinu audiniu, kuris pažeidžiamas, vandenyje esant ištirpusių ar suspenduotų nuodingųjų medžiagų. Žiaunų pagrindinė funkcija – dujų apykaita tarp vandens ir organizmo (Hadi, Alwan 2012). Daugelio tyrėjų nuomone, žiaunos dėl savo unikalios struktūros ir atliekamų funkcijų yra lengviau pažeidžiamos nei kiti žuvies organai, nes tiesiogiai liečiasi su vandenyje esančiomis nuodingosiomis medžiagomis (Olaganathan, Patterson 2012).

Ksenobiotikai vandenyje sukelia žiaunų epitelinio audinio pakitimus – hiperplaziją. Tai žiaunų apsauginis atsakas į bet koki dirginimą, kurio metu suintensyvėja

gleivių hipersekrecija, padengdama visą žiaunų epitelinio audinio paviršių. Hiperplazijos pasekmė – susilpnėjusi dujų apykaita tarp vandens ir organizmo. Ši reiškinį galima palyginti su bronchine astma, žmonių liga. Hiperplazijos atvejų ypač pagausėjo užterštose teritorijose per pastarąjį laikotarpį (Pawert *et al.* 1998).

Pagrindiniai hiperplaziją sukeliantys veiksniai: pirmuonys, bakterijos, parazitai, prasta vandens kokybė bei nuodingosios medžiagos aplinkoje (amoniakas, nitritai, sunkieji metalai). Šie veiksniai pakeičia pagrindinių ir nepagrindinių žiauninių plokštelių struktūrą – sumažina bendrą paviršiaus plotą, kuris turi įtakos dujų apykaitos intensyvumui bei žiaunų atliekamoms funkcijoms (Roberts 2001).

Paprastai, esant prastai vandens kokybei, žuvų žiaunos linkusios padidėti, lyginant su švarios aplinkos žuvų žiaunomis, dėl galimai padidėjusios apkrovos žiaunoms (Sağlam, N. E., Sağlam, C. 2012; Olaganathan, Patterson 2012). Lyginant Vilnios ir Siesarties upių lašišų jauniklių žiaunų somatinius indeksus, matyti, kad Siesarties žuvų žiaunų somatinis indeksas gerokai mažesnis (**ŽSI** = $2,52 \pm 0,58$) nei Vilnios upėje gyvenančių žuvų (**ŽSI** = $3,08 \pm 0,25$) (2 pav.). Galima daryti prielaidą, kad Siesarties žuvų žiaunos mažesnės dėl galimai mažesnio teršalų kiekio upėje.

Nors Vilnios ir Siesarties lašišų kepenų ir inkstų somatiniai indeksai beveik nesiskyrė ($p > 0,1$) (2 pav.), tačiau, daugelio autorių nuomone, kepenys užterštoje aplinkoje paprastai yra mažesnės, lyginant su švarios aplinkos žuvų kepenimis, priešingai nei inkstai, kurie linkę padidėti užterštoje terpėje (Sağlam N. E., Sağlam C. 2012). Vilnios upės lašišų jauniklių kepenys tik labai nežymiai mažesnės (**KSI** = $1,02 \pm 0,19$), lyginant su Siesarties lašišų jauniklių kepenimis (**KSI** = $1,03 \pm 0,17$).

Gėlavandenės žuvys per inkstus perfiltruoja didelį kiekį vandens, kuris į organizmą patenka per žiaunas. Taip pat inkstai gamina šlapimą, perfiltruodami didelį kiekį kraujo bei pašalindami ksenobiotikus iš organizmo. Todėl, kuo didesnė teršalų koncentracija vandenyje, tuo intensyvesnė apkrova tenka inkstams, dėl ko išauga jų masė (Olaganathan, Patterson 2012). Tai akivaizdžiai matyti 2 pav., kur Vilnios lašišų jauniklių inkstų somatinis indeksas 12 % santykinai didesnis (**ISI** = $0,90 \pm 0,15$), lyginant su galimai švarioje upėje gyvenančių lašišų jaunikliais (**ISI** = $0,79 \pm 0,11$), tačiau skirtumas statistiškai nepatikimas.

Kadangi buvo gauti patikimi skirtumai tarp Vilnioje ir Siesartyje gyvenančių lašišų jauniklių morfologinių rodiklių, iškilo būtinybė palyginti šias upes pagal hidrofizinius–hidrocheminius parametrus. Antroje lentelėje pateikiami Vilnios ir Siesarties upių fizikiniai ir cheminiai parametrai pagal 2013 m. Vilniaus regiono aplinkos apsaugos depar-

2 lentelė. Vidutiniai metiniai (2013 m.) Vilnios ir Siesarties upių fizikiniai ir cheminiai vandens parametrai (Vilniaus RAAD duomenys) (vidurkis ± standartinė paklaida, $n = 4$)

Table 2. Average annual physico-chemical parameters of the Vilnia and Siesartis River water in 2013 [mean ± standard error ($N = 4$)] (according to Vilnius Regional Environmental Protection Department data)

Parametrai	Vilnia už Naujosios Vilnios	Siesarties žemupyje
Temperatūra, °C	9,75±3,56	10,93±3,94
pH	7,92±0,14	8,06±0,11
Ištirpęs O ₂ , mg O ₂ /l	9,62±0,57	11,36±0,54
Prisotinimas O ₂ , %	85,84±10,08	103,9±12,56
Savitasis elektrinis laidis, μS/cm	414,25±10,64	476±29,5
BDS ₇ , mg O ₂ /l	2,13±0,3	1,85±0,31
Bichromatinė oksidacija, mg O ₂ /l	20,25±0,75	32,25±7,24
Šarmingumas, mgekv/l	3,5±0,29	4,5±0,5
NH ₄ ⁺ -N, mg N/l	0,06±0,03	0,05±0,03
NO ₂ ⁻ -N, mg N/l	0,03±0,02	0,01±0,01
NO ₃ ⁻ -N, mg N/l	0,9±0,14	1,81±0,94
Bendras azotas, mg/l	1,25±0,21	2,95±1,66
PO ₄ ³⁻ -P, mg P/l	0,05±0,004	0,03±0,01
Bendras fosforas, mg/l	0,11±0,02	0,14±0,07

tamento (RAAD) pateiktus sezoninius (pavasaris-vasararuduo-žiema) duomenis (duomenys nepublikuoti).

Statistinė analizė parodė, kad Siesarties ir Vilnios upių vidutiniai metiniai fizikiniai ir cheminiai vandens parametrai beveik nesiskyrė ($p > 0,1$). Tai rodo, kad pagal specifinius, klasikinius vandens fizikinius ir cheminius parametrus šios upės yra labai panašios. Akivaizdu, kad skirtumus tarp Vilnioje ir Siesartyje gyvenančių lašišos jauniklių morfologinių rodiklių lemia nespecifiniai cheminiai veiksniai (teršiančios medžiagos), esantys vandenyje. Todėl galima teigti, kad Vilnios upės ekotoksikologinė būklė yra žymiai prastesnė nei Siesarties upės būklė.

Išvados

1. Apibendrinus gautus ir literatūros duomenis, galima teigti, kad žuvų morfometrinių parametrai (ilgis, svoris) bei morfologiniai rodikliai (imitimo koeficientas, organų somatiniai indeksai) adekvačiai atspindi neigiamų aplinkos veiksnių įtaką žuvies organizmo gerbūviui.
2. Atlikus dvifaktoriinę dispersinę rezultatų analizę, nustatyta, kad Vilnios ir Siesarties lašišų jaunikliai pagal morfometrinius parametrus (L , l_c , Q , q) ir morfo-

loginius rodiklius (IK , $\check{Z}SI$, KSI , ISI) bendrai gerokai skiriasi ($p < 0,0005$ ir $p = 0,022$, atitinkamai).

3. Nustatyta, kad imitimo koeficientas (IK) ir žiaunų somatinis indeksas ($\check{Z}SI$) – jautriausi biožymenys, patikimai atspindintys žuvų fiziologinę būklę. Siesarties lašišų jaunikliai labiau imitė ($IK = 1,20 \pm 0,07$), lyginant su Vilnios upės lašišų jaunikliais ($IK = 1,05 \pm 0,07$). Taip pat Vilnios upėje žuvų žiaunų somatinis indeksas gerokai didesnis ($\check{Z}SI = 3,08 \pm 0,25$), lyginant su Siesarties žuvimis ($\check{Z}SI = 2,52 \pm 0,58$), turbūt dėl didesnės vandens taršos.
4. Kadangi abi upės pagal klasikinius vandens fizikinius ir cheminius parametrus beveik nesiskyrė ($p > 0,1$), galima teigti, kad vandenyje egzistuoja kiti nespecifiniai cheminiai veiksniai (teršalai), kurie turi įtakos Vilnios ir Siesarties žuvų fiziologinei būklei ir gerbūviui. Vadinasi, Vilnios upės ekotoksikologinė būklė yra žymiai prastesnė nei Siesarties upės būklė.

Literatūra

- Adedeji, O. B.; Okerentugba, P. O.; Okonko, I. O. 2012. Use of molecular, biochemical and cellular biomarkers in monitoring environmental and aquatic pollution, *Natural science* 10: 83–104.
- Adeyemi, S. O. 2010. Length-weight relationship and condition factor of *Protopterus annectens* (owen) in Idah area of River Niger, Nigeria, *Animal Research International* 7(3): 1264–1266.
- Ariweriokuma, S. V.; Akinrotimi, O. A.; Gabriel, U. U. 2011. Effects of cypermethrin on condition factor and organosomatic indices of *Clarias gariepinus*, *Journal of Agriculture and Social Research* 11: 2.
- Barnham, C. P. S. M.; Baxter, A. 2003. *Condition factor, K, for salmonid fish*. Fisheries notes. State of Victoria, Department of Primary Industries. ISSN 1440-2254.
- Bervoets, L.; Blust, R. 2003. Heavy metal concentrations in water, sediment and Gudgeon (*Gobio gobio*) from a pollution gradient: relationship with fish condition factor, *Environmental Pollution* 126: 9–19.
[http://dx.doi.org/10.1016/S0269-7491\(03\)00173-8](http://dx.doi.org/10.1016/S0269-7491(03)00173-8)
- Chakrabarty, M.; Homechaudhuri, S. 2013. Fish guild structure along a longitudinally-determined ecological zonation of Teesta, an eastern Himalayan river in West Bengal, India, *Arxius de Miscel-lània Zoològica* 11: 196–213.
- Chovanec, A.; Hofer, R.; Schiemer, F. 2003. Fish as bioindicators, in Markert, B. A.; Beurre, A. M.; Zechmeister, H. G. (Eds.). *Bioindicators and biomonitors*. Elsevier Science LTD, 639–675.
- Gailiūšis, B.; Jablonskis, J.; Kovalenkoviėnė, M. 2001. *Lietuvos upės. Hidrografija ir nuotėkis*. Kaunas: Lietuvos energetikos institutas. 790 p.
- Giulio, R. T.; Hinton, D. E. 2008. *The Toxicology of Fishes*. CRC Press. Boca Paton: Taylor and Francis Group, 895–998.
- Grabarkiewicz, J.; Davis, W. 2008. *An introduction to freshwater fishes as biological indicators*. Washington, DC: U.S.

- Environmental Protection Agency, Office of Environmental Information. EPA-260-R-08-016, 65–74.
- Hadi, A. A.; Alwan, S. F. 2012. Histopathological changes in gills, liver and kidney of fresh water fish, *Tilapia zillii*, exposed to aluminum, *International Journal of Pharmacy and Life Sciences* 3(11): 2071–2081.
- Kazlauskienė, N.; Vosyliienė, M. Z. 2004. Physiological state of Atlantic salmon (*Salmo salar* L.) and Sea Trout (*Salmo trutta trutta* L.) fry grown in Žeimenos hatchery, *Acta Zoologica Lituonica* 14(4): 48–51.
<http://dx.doi.org/10.1080/13921657.2004.10512599>
- Khodadoust, D.; Ismail, A.; Zulkifli, S. Z.; Tayefeh, F. H. 2013. Short time effect of cadmium on juveniles and adults of Java Medaka (*Oryzias javanicus*) fish as a bioindicator for ecotoxicological studies, *Life Science Journal* 10(1): 1857–1861.
- Lagadic, L. 2002. Biomarkers: useful tools for the monitoring of aquatic environments, *Revue De Medecine Veterinaire* 153(8–9): 581–588.
- Liebel, S.; Tomokake, M. E. M.; Oliveira Ribeiro, C. A. 2013. Fish histopathology as biomarker to evaluate water quality, *Ecotoxicology and Environmental Contamination* 8(2): 9–15.
<http://dx.doi.org/10.5132/eec.2013.02.002>
- Maxwell, L. B.; Dutta, H. M. 2005. Diacinon induced endocrine disruption in Sole Gill Sun fish *Lepomis macrochirus*, *Ecotoxicology and Environmental Safety* 60: 21–27.
<http://dx.doi.org/10.1016/j.ecoenv.2003.12.015>
- Moiseenko, T. I.; Gashkina, N. A.; Sharova, Y. N.; Kudryavtseva, L. P. 2008. Ecotoxicological assessment of water quality and ecosystem health: A case study of the Volga River, *Ecotoxicology and Environmental Safety* 71: 837–850.
<http://dx.doi.org/10.1016/j.ecoenv.2008.02.025>
- Montenegro, D.; Gonzalez, M. T. 2012. Evaluation of somatic indexes, hematology and liver histopathology of the fish *Labrisomus philippii* from San Jorge Bay, northern Chile, as associated with environmental stress, *Revista de Biología Marina y Oceanografía* 47(1): 99–107.
<http://dx.doi.org/10.4067/S0718-19572012000100009>
- Naigaga, I.; Kaiser, H.; Muller, W. J.; Ojok, L.; Mbabazi, D.; Magezi, G.; Muhumuza, E. 2011. Fish as bioindicators in aquatic environmental pollution assessment: a case study in Lake Victoria Wetlands, Uganda, *Physics and Chemistry of the Earth* 36: 918–928.
<http://dx.doi.org/10.1016/j.pce.2011.07.066>
- Olaganathan, R.; Patterson, A. J. 2012. Histological changes in the target organs of *Channa punctatus* after exposure to Anthraquinone vat dyes, *Journal of Ecotoxicology and Environmental Monitoring* 22(5): 443–449.
- Pawert, M.; Muller, E.; Triebkorn, R. 1998. Ultrastructural changes in fish gills as biomarker to assess small stream pollution, *Tissue & Cell* 30(6): 617–626.
[http://dx.doi.org/10.1016/S0040-8166\(98\)80080-3](http://dx.doi.org/10.1016/S0040-8166(98)80080-3)
- Roberts, R. J. 2001. *Fish Pathology*. Elsevier Health Sciences, 315–318.
- Sağlam, N. E.; Sağlam, C. 2012. Population parameters of Whiting (*Merlangius merlangus euxinus* L., 1758) in the South-Eastern Black Sea, *Turkish Journal of Fisheries and Aquatic Sciences* 12: 831–839.
- Valstybinio upių monitoringo duomenys* [interaktyvus]. 2013. Aplinkos apsaugos agentūra [žiūrėta 2015 m. kovo 19 d.]. Prieiga per internetą: <http://vanduo.gamta.lt/cms/index?rubricId=6adeeb1d-c902-49ab-81bb-d64b8bccefd>
- Van der Oost, R.; Beyer, J.; Vermeulen, N. P. E. 2003. Fish bioaccumulation and biomarkers in environmental risk assessment: a review, *Environmental Toxicology and Pharmacology* 13: 57–149. [http://dx.doi.org/10.1016/S1382-6689\(02\)00126-6](http://dx.doi.org/10.1016/S1382-6689(02)00126-6)
- Zahedi, S.; Akbarzadeh, A.; Rafati, M.; Banaee, M.; Sepehri, H.; Raec, H. 2013. Biochemical responses of juvenile European sturgeon (*Huso huso*) to a sub-lethal level of copper and cadmium in freshwater and brackish water environments, *Journal of Environmental Health Sciences and Engineering* 11(1): 26. <http://dx.doi.org/10.1186/2052-336x-11-26>

EVALUATION OF THE RIVERS VILNIA AND SIESARTIS ECOTOXICOLOGICAL STATE BASED ON MORPHOLOGICAL INDEXES OF JUVENILE ATLANTIC SALMON (*SALMO SALAR* L.)

G. Sauliūtė, G. Svecevičius

Summary

Objective of the study – to evaluate ecotoxicological state of two probably differently polluted salmon rivers: the Vilnia and Siesartis based on Atlantic salmon (*Salmo salar* L.) juvenile's morphological indexes. Statistical analysis of estimated fish morphometric parameters and morphological indexes showed that the Vilnia and Siesartis Rivers' salmon juveniles differ significantly. Condition factor (*CF*) and the gills-somatic index (*GSI*) were found to be the most sensitive biomarkers reflecting the physiological state of the fish. The Vilnia River salmon juvenile *CF* and *GSI* value was significantly different as compared with the Siesartis River's salmon juvenile indexes, apparently, due to the increased water pollution. Since according to the classical physico-chemical parameters, both rivers' water was very similar [no significant differences were found ($p > 0.1$)], it was suggested that here exist other non-specific chemical factors (pollutants) in water, which determine fish physiological and indicate river ecotoxicological states.

Keywords: Atlantic salmon, morphological indexes, organo-somatic index, condition factor, river ecotoxicological state, bioindicators.