

ŠVINO BIOAKUMULIACIJOS ATLANTINIŲ LAŠIŠŲ (*Salmo salar* L.) KŪNO  
AUDINIUOSE EKSPERIMENTINIS TYRIMAS IR LYGINAMOJI ANALIZĖRaimondas Leopoldas Idzelis<sup>1</sup>, Gintarė Sauliūtė<sup>2</sup>,  
Joana Grigelevičiūtė<sup>3</sup>, Gintaras Svecevičius<sup>4</sup><sup>1, 2, 3</sup>Vilniaus Gedimino technikos universitetas,<sup>4</sup>Ekologijos institutas, Gamtos tyrimų centrasEl. paštas: <sup>1</sup>aak@vgtu.lt; <sup>2</sup>gintare.sauliute@gmail.com; <sup>3</sup>joanag3@gmail.com;<sup>4</sup>gintaras.svecevicius@takas.lt

**Santrauka.** Bandymai buvo atliekami su dirbtinai veistų Atlantinių lašišų metinukais. 14 parų žuvis buvo veikiamos švino nitrato  $Pb(NO_3)_2$  esant koncentracijai, atitinkančiai didžiausią leidžiamą koncentraciją paviršiniuose vandenyse (0,005 mg Pb/l). Švino (Pb) kiekis kūno audiniuose (raumenyse ir žiaunose) buvo nustatytas atominės absorbcijos spektrofotometriiniu (AAS) būdu. Tyrimo rezultatai parodė, kad didžiausias leidžiamas švino kiekis žuvyje (DLK = 0,2 mg Pb/kg, Lietuvos higienos norma HN 54:2003) nežymiai buvo viršytas lašišos žiaunose (0,237 mg/kg), o raumenyse viršytas net 2 kartus (0,4 mg/kg). Gauti rezultatai buvo palyginti su ankstesniųjų metų tyrimų duomenimis, kur analogiškėmis eksperimentinėmis sąlygomis buvo tirtos penkios žuvų rūšys: kuoja, ešerys, vaivorykštinis upėtakis, šlyžys bei sidabrinis karosas. Buvo nustatyta, kad skirtingos žuvų rūšys labai skirtingai kaupia šviną, o DLK buvo viršytas daugelio žuvų kūno audiniuose. Daugiausiai švino DLK buvo viršyta lašišos ir šlyžio raumenyse ir žiaunose. Eksperimentiniai duomenys sutampa su švino kaupimosi žuvyse iš stebimų vandens telkinių tyrimų duomenimis.

**Reikšminiai žodžiai:** žuvis, sunkieji metalai, švinas, didžiausia leidžiama koncentracija, bioakumuliacija, didžiausias leidžiamas kiekis.

## Įvadas

Per paskutiniuosius dešimtmečius tarša sunkiaisiais metalais vandens ekosistemoje tapo aktuali problema visame pasaulyje, nes dauguma jų, patekę iš technogeninės aplinkos į natūralią, įsijungia į medžiagų apykaitos ratą, tampa toksiški ir sutrikdo organizmų fiziologines funkcijas (MacFarlane, Burchett 2000; Roy 2010).

Viena pagrindinių sunkiųjų metalų toksinių savybių – gebėjimas kauptis gyvųjų organizmų audiniuose (Parlak *et al.* 1999). Sunkiųjų metalų neigiamas poveikis pastebimas ne iš karto, nes pokyčiai organizme išryškėja po kelių ar net kelių dešimčių metų, pasireikšdami kancerogeniniu, mutageniniu, gonadotropiniu ir embriotoksiniu veikimu (Goyer, Cherian 1995).

Metalų poveikis organizmui priklauso ne tik nuo jų koncentracijos aplinkoje, bet ir nuo tarpusavio santykio, migracinės formos bei nuo teršalo bioakumuliacijos potencialo (Staniškienė, Garalevičienė 2004).

Į sunkiųjų metalų sąrašą patenka daug elementų, kurie mažomis koncentracijomis gyviesiems organizmams yra būtini – tai geležis, cinkas, varis, kobaltas ir kt. Jie yra daugumos fermentų sudedamoji dalis ir dalyvauja biocheminiuose, fiziologiniuose procesuose, tačiau didelės jų

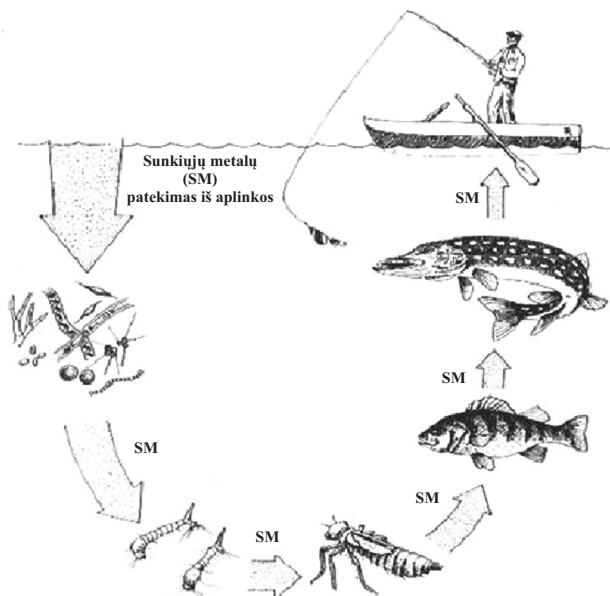
koncentracijos gyviesiems organizmams yra kenksmingos (Lubytė ir kt. 2004). Nustatyta, kad sunkusis metalas švinas (Pb) gyvajam organizmui nėra būtinas, jis nedaro jokios teigiamos įtakos, o žinduoliams yra toksiškas (Alloway 1999).

Manoma, kad iš toksiškų metalų didžiausias dėmesys turi būti skiriamas švinui. Pagrindinis švino taršos šaltinis – transportas. Švinas aplinkoje kaupiasi daugiausia dėl tetrilšvino naudojimo benzino gamybai. Degaluose esantis švinas kartu su išmetamosiomis dujomis patenka į atmosferą. Su oro dulkėmis nusėda į dirvožemį, patenka į gruntinius vandenis, paskui per augalus bei gyvuosius organizmus mitybos grandine patenka į žmogaus organizmą (Urbonas ir kt. 1992).

Švinas nėra pavojingas aplinkai, kol neištirpsta ir nevirsta jonu. Švino jonų koncentracija vandenyje yra tiesiogiai proporcinga  $H^+$  jonų koncentracijai vandenyje. Rūgštiniai vandens telkiniai kontaktuoja su „netirpiaisi“ švino mineralais, todėl Pb jonų koncentracija vandenyje gali pasiekti pavojingą ribą (Sitonytė 2003).

Vandens ekosistemos yra ypač jautrios vandens teršalams, nes mitybinės grandinės yra labiau trofinės negu sausumoje, todėl biokumuliacija yra stipresnė. Be to, švinas

vandenyje nebiodegraduoja, todėl jo akumuliacija mitybos grandinėse vyksta itin sparčiai. Jam patekus į vandenį, jo migraciją veikia vandens organizmai, kurie jį akumuliuoja, dideliais kiekiais sukaupia savo organizmuose ir mitybos grandinėmis perduoda aukštesniems trofiniams lygiams (1 pav.) (Kesminas 2001).



1 pav. Sunkiųjų metalų patekimas į žmogaus organizmą per mitybos grandinę (Dining... 2009)

Fig. 1. The input of heavy metals into the human organism through the nutrition chain (Dining... 2009)

Žuvis, kaip pagrindinis taršos indikatorius, naudojamos vandens ekosistemos taršai vertinti. Skirtingai nei kiti gyvūnai, žuvis negali pasprukti nuo žalingo taršos poveikio, nes jų judėjimas yra ribotas, todėl dėl jų biologinių savybių žuvis yra puiki priemonė sunkiųjų metalų bioakumuliacijai įvertinti (Vinodhini, Narayana 2008). Sunkieji metalai žuvų audiniuose akumuliuojasi selektyviai. Atlikus mineralizaciją yra nustatoma, kokių ir kokiuose audiniuose sunkiųjų metalų susikaupia daugiausia (Idzelis ir kt. 2011).

Lietuvoje žuvų ekotoksikologinis monitoringas vykdomas nuo 1993 m. įvairaus tipo vandens telkiniuose: Baltijos jūroje, Kuršių mariose, specialiai parinktuose ežeruose (Dusioje, Tauragne, Plateliuose, Žuvinte) ir upėse (Žeimenoje, Bukoje ir Skroblyje) (Kesminas ir kt. 1998). Pasaulyje bei Lietuvoje siekiant gauti kuo išsamesnių duomenų apie švino migraciją bei akumuliaciją vandens organizmuose, vykdomi eksperimentiniai tyrimai. Šių tyrimų tikslas – nustatyti, kaip ir kokiuose audiniuose švino susikaupia daugiausia skirtingose žuvų rūšyse eksperimentinėmis sąlygomis (Metals... 2006).

Lietuvoje sunkiųjų metalų leidžiami taršos lygiai iki 2002 m. buvo reglamentuojami 1989 m. nustatytomis normomis. Nuo 2002 m. įsigaliojo higienos norma HN

54:2003. Ši higienos norma reglamentuoja sunkiųjų metalų DLK (mg/kg) žuvų, gyvenančių Lietuvos vandenyse, raumenų mėsoje ir jos produktuose. HN54:2003 nustato didžiausią leidžiamą sunkiųjų metalų taršos lygį (LTL), tai yra tokį SM lygį, kuris, veikdamas trumpą arba ilgą laiką, negali sukelti ligų arba sveikatos sutrikimų ir sudaro: cinkui – 40 mg/kg, variui – 10 mg/kg, nikeliumi – 0,5 mg/kg, chromui – 0,3 mg/kg, švinui – 0,2 mg/kg ir kadmiumi – 0,05 mg/kg žalios masės (HN 54:2003 2004).

Sunkiųjų metalų bioakumuliacija žuvyse yra plačiai (eksperimentiškai ir gamtoje) tiriama daugelyje užsienio valstybių (Spacie, Hamelink 1985; Boudou, Ribeyre 1989; Jezierska, Witeska 2001), o Lietuvoje šie tyrimai buvo atliekami daugiausia kaip aplinkos monitoringo dalis (Projekto.. 2004). Tuo tarpu eksperimentiniai sunkiųjų metalų kaupimosi žuvyse tyrimai pradėti visai neseniai (Idzelis ir kt. 2008, 2010, 2011).

Nuo 2008 metų Gamtos tyrimų centro Ekologijos instituto Hidrobiontų ekologijos ir fiziologijos laboratorijoje vykdomi sunkiųjų metalų bioakumuliacijos žuvyse eksperimentiniai tyrimai. Per šį laikotarpį vienodomis tyrimų sąlygomis švino kaupimasis žuvų audiniuose buvo tirtas penkių žuvų rūšių (kuoja, ešeris, vaivorykštinis upėtakis, šlyžys, sidabrinis karosas) (Idzelis ir kt. 2008, 2010, 2011), o 2011 metais buvo atlikti bandymai su Atlantine laiša.

## Metodika

Darbo tikslas – ištirti švino bioakumuliacijos Atlantinės laišos (*Salmo salar* L.) kūno audiniuose (raumenys, žiaunos) ypatumus bei išanalizuoti ir palyginti švino kaupimąsi skirtingų žuvų rūšių raumenyse ir žiaunose dėsningumas eksperimentinėmis ir lauko sąlygomis.

Švino kaupimosi laišos kūno audiniuose eksperimentinių tyrimų rezultatai buvo lyginami su kitomis žuvų rūšimis: ešeriu (*Perca fluviatilis* L.), kuoja (*Rutilus rutilus* L.), vaivorykštiniu upėtakiu (*Oncorhynchus mykiss* Walbaum), šlyžiu (*Noemacheilus barbatulus* L.) ir sidabrinu karosu (*Carassius auratus gibelio* (Bloch.)), bei su kitomis žuvų rūšimis iš monitoringinių vandens telkinių. Tyrimams buvo naudojamos dirbtinai veistos laišos iš Žeimenos laišinių žuvų veislyno 2010 m. Bandymams buvo parenkami maždaug vienodo dydžio 1 metų amžiaus, vidutiniškai 22,6 gramų svorio individai.

Eksperimentai buvo atliekami Gamtos tyrimų centro Ekologijos instituto Hidrobiontų ekologijos ir fiziologijos laboratorijoje. Atvežtos žuvis buvo pratinamos prie laboratorinių sąlygų dvi savaites. Jos buvo laikomos pratakiniuose aeruojamuose baseinuose ir maitinamos specialiu firminių laišų pašaru.

Tyrimas buvo pradėtas, kai žuvis jau normaliai elgėsi ir maitinosi. Jos buvo suleistos į 30 litrų akvariumus po 7-ias į kiekvieną (2 pav.). Į vieną akvariumą buvo suleistos žuvis kaip kontrolinė grupė – jos buvo laikomos šviriame vandenyje, į kitą akvariumą – paveiktoji grupė – žuvis buvo veikiamos didžiausia leidžiama švino koncentracija, šiuo metu galiojančia Lietuvos paviršiniuose vandenyse (DLK = 0,005 mg/l). Tam buvo naudojama chemiškai šviri švino nitrato  $Pb(NO_3)_2$  druska, galutinę koncentraciją perskaičiuojant pagal sunkiojo metalo jono kiekį.



2 pav. Akvariumai, kuriuose laikomos bandymo lašišos  
Fig. 2. Exposure tanks used for testing salmon

Akvariuminėje skiedimui buvo naudojamas artezinis aeruotas vanduo. Vidutinis vandens kietumas sudarė 284 mg/l pagal  $CaCO_3$ , šarmingumas buvo 244 mg/l pagal  $HCO_3^-$ , pH buvo 7,9 – 8,1. Temperatūra buvo palaikoma 10,5 °C – 11,5 °C ribose, o deguonies koncentracija svyravo nuo 8 iki 10 mg/l.

Tyrimo metu žuvis buvo maitinamos ir stebima jų elgsena. Švarus vanduo (kontrolė) ir švino tirpalas buvo atnaujinami kas antrą dieną. Toks ciklas truko 14 dienų.

Baigus eksperimentą, bandymo žuvis buvo sudėtos į šaldymo kamerą. Vėliau iš jų buvo paimti reikalingi audinių mėginiai ir tiriamos švino koncentracijos juose.

Tyrimams paimti audiniai:

- raumenys be žvynų;
- žiaunos.

Sunkiųjų metalų koncentracijos lašišų audiniuose buvo nustatomos Vilniaus Gedimino technikos universiteto Aplinkos apsaugos instituto Aplinkos apsaugos ir darbo sąlygų laboratorijoje.

Visų pirma audiniai buvo deginami aukštoje 450 °C temperatūroje. Po sudeginimo mėginiai buvo mineralizuojami. Mineralizavimui buvo naudojamosi Milestone firmos mineralizatoriai ETHOS.

Atliekant mineralizaciją, buvo pasveriami iki 0,5 g kiekvieno ėminio ir suberiama į mineralizavimo indelius. Mėginių masės pateiktos 1 lentelėje. Įlašinama  $HNO_3$  (10 ml) ir  $H_2O_2$  (2 ml) mišinio ir 30 min mineralizuojama mineralizatoriuje. Gautas tirpalas buvo pilamas į 50 ml talpos kolbas ir skiedžiamas dejonizuotu vandeniu iki 50 ml žymės. Praskiestas tirpalas filtruojamas per specialius poringiaus filtrus į sandarius mėginių buteliukus.

1 lentelė. Mėginių masės, naudotos tyrimui

Table 1. Samples of mass used for investigation purposes

Audinių masė (g) prieš sudeginimą			
Raumenys (kontrolinė grupė)	Žiaunos (kontrolinė grupė)	Raumenys (paveiktoji grupė)	Žiaunos (paveiktoji grupė)
8,31	3,34	8,02	4,77
Audinių masė (g), paimta mineralizacijai			
Raumenys (kontrolinė grupė)	Žiaunos (kontrolinė grupė)	Raumenys (paveiktoji grupė)	Žiaunos (paveiktoji grupė)
0,22	0,14	0,15	0,16
Audinių pelenų masė (g) po sudeginimo tirta spektrofotometriškai			
Raumenyse (kontrolinė grupė)	Žiaunose (kontrolinė grupė)	Raumenyse (paveiktoji grupė)	Žiaunose (paveiktoji grupė)
0,119	0,088	0,4	0,237

Švino koncentracijos žuvų audiniuose buvo nustatomos atominės absorbcijos spektrometru „Buck Scientific“ 210 VGP Vilniaus Gedimino technikos universiteto cheminių metodų laboratorijoje. Metodas remiasi elemento koncentracijos matavimais mėginyje naudojant liepsnos atominę absorbcinę spektrometriją.

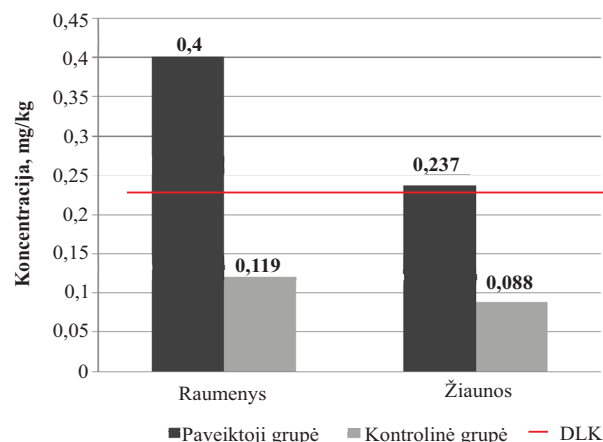
## Rezultatai ir jų analizė

Eksperimento rezultatai parodė (3 pav.), kad paveiktos žuvų grupės audiniuose buvo aptikta daugiau švino negu kontrolinės grupės.

Lyginant kontrolinę ir paveiktą žuvų grupes nustatyta, kad švino koncentracija paveiktos žuvų grupės audiniuose padidėjo: žiaunose nuo 0,088 mg/kg iki 0,237 mg/kg, o raumenyse nuo 0,119 mg/kg iki 0,4 mg/kg, t. y. atitinkamai nuo 2,7 iki 3,4 karto. Švino koncentracija tiek lašišos raumenyse, tiek žiaunose viršijo didžiausią leistiną kiekį (DLK) 0,2 mg/kg (HN 54:2003) žiaunose – 1,2 karto, o raumenyse net 2 kartus. Eksperimento rezultatai parodė skirtingą organų (žiaunų ir raumenų) gebėjimą kaupti šviną. Švino koncentracija lašišos raumenyse buvo daugiau nei 1,5 karto didesnė nei žiaunose. Tai tikriausiai priklauso nuo daugelio žuvies rūšiai būdingų biologinių savybių.

Šiame ir ankstesniuose tyrimuose analogiškais eksperimentinėmis sąlygomis gauti tyrimų rezultatai leidžia teigti, kad švino koncentracija skirtingų žuvų rūšių žiaunose ir raumenyse padidėjo po 14-os dienų ekspozicijos, veikiant sunkiųjų metalų modeliniu mišiniu ir esant didžiausioms leistinoms koncentracijoms (DLK), šiuo metu galiojančioms Lietuvoje paviršiniams vandenims.

Lyginant šių ir ankstesnių metu tyrimų rezultatus aki-vaizdu, kad švinas skirtingų žuvų rūšių audiniuose (raume-nyse ir žiaunose) kaupiasi nevienodai (3–4 pav.).



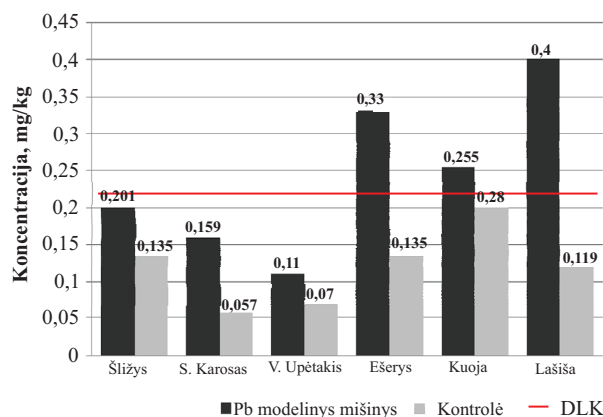
**3 pav.** Švino koncentracija (mg/kg) lašišos audiniuose  
**Fig. 3.** Lead concentration (mg/kg) in the tissues of salmon

Švino koncentracija tirtųjų žuvų raumenyse kito nuo 0,11 mg/kg iki 0,4 mg/kg. Mažiausia švino koncentracija nustatyta vaivorykštinio upėtakio raumenyse, didžiausia aptikta lašišos raumenyse (3 pav.). Viršytas DLK buvo nustatytas šių žuvų raumenyse: šlyžio (0,201 mg/kg), ešerio (0,33 mg/kg), kuojos (0,255 mg/kg) bei lašišos (0,4 mg/kg), kur jis buvo viršytas net 2 kartus.

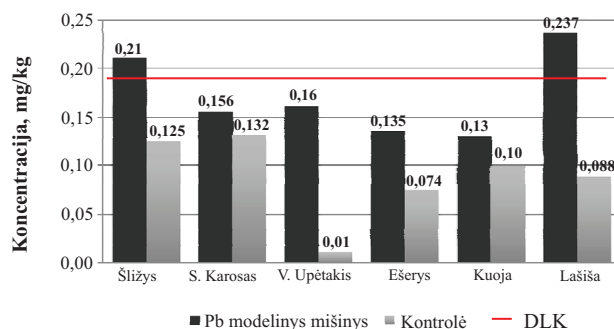
Nustatyta, kad švinas skirtingose žuvų rūšių žiaunose kaupiasi taip pat nevienodai (5 pav.). Švino koncentracija kito nuo 0,13 mg/kg iki 0,237 mg/kg. Mažiausia koncentracija aptikta kuojoje, didžiausia – lašišoje. Daugiausiai DLK buvo viršytas šlyžio (0,21 mg/kg) ir lašišos (0,237 mg/kg) žiaunose.

Daugiausiai DLK buvo viršytas lašišos ir šlyžio raumenyse bei žiaunose, todėl galima teigti, kad šių žuvų kūno audiniai šviną akumuliuoja labiau nei kitos žuvų rūšys. Eksperimentinėmis sąlygomis nustatyti padidėję švino kiekiai daugelio skirtingų žuvų raumenyse leidžia teigti, kad švinas yra labiau linkęs kauptis žuvų raumenyse nei žiaunose.

Tyrimų rezultatai parodė, kad ekologiškai skirtingos žuvų rūšys labai nevienodai kaupia sunkiųjų metalų – šviną. Tam įtakos gali turėti specifinės žuvies rūšiai būdingos fiziologinės-biocheminės elgsenos ypatybės bei kiti veiksniai, kurie dar iki šiol nėra pakankamai ištirti.



**4 pav.** Švino kaupimasis (mg/kg) žuvų raumenyse  
**Fig. 4.** Accumulation of lead (mg/kg) in fish muscles



**5 pav.** Švino kaupimasis (mg/kg) žuvų žiaunose  
**Fig. 5.** Accumulation of lead (mg/kg) in fish gills

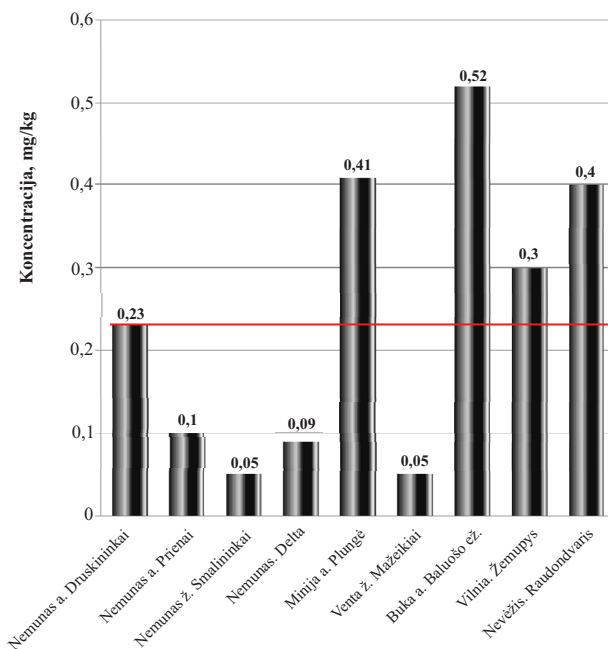
Gauti eksperimentiniai rezultatai iš pagrindų sutampa su švino kaupimosi stebimų žuvų rūšyse iš natūralių vandens telkinių tyrimų duomenimis.

2003 m. buvo vykdomas paviršinio vandens monitoringas ir atliekami sunkiųjų metalų tyrimai. Tam, kad tyrimų rezultatai atspindėtų 2002 metų laikotarpį, kai buvo užfiksuotas sunkiųjų metalų koncentracijų padidėjimas Lietuvos upėse, tyrimams buvo atrinktos trumpaamžės žuvys arba jauni (2 metų) ilgaamžių žuvų jaunikliai – tai kuoja, ešerys ir vaivorykštinis upėtakis. Žuvys tyrimams buvo gaudomos 15-oje upių ir 5-iose ežeruose, norint nustatyti sunkiųjų metalų koncentracijas žuvų audiniuose. Mėginiai buvo imami iš žuvų jauniklių ir iš 4–7 m. amžiaus žuvų (Projekto... 2004).

2003 m. atlikus bandymus monitoringinėse upėse ir ežeruose, paaiškėjo, kad daugelyje vietų švino koncentracija viršija DLK.

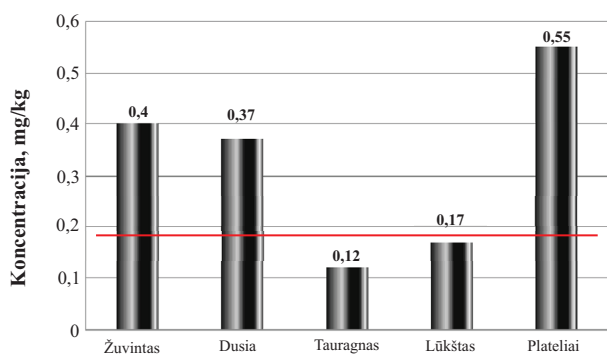
Tirtose Lietuvos upėse švino koncentracijos ešerio raumenyse kito nuo 0,05 mg/kg iki 0,52 mg/kg ir viršijo leistiną normą tokiose vietose, kaip Nemune prie Druskininkų, Minijoje prie Plungės, Vilnios žemupyje, Nevėžyje prie Raudondvario, o Bukos upėje prie Baluošo ežero DLK viršyta daugiau nei 2,6 kartus (6 pav.).





6 pav. Švino koncentracija (mg/kg) ešerių raumenyse Lietuvos upėse 2003 m.

Fig. 6. Lead concentration (mg/kg) in the muscles of perch caught in the rivers of Lithuania in 2003



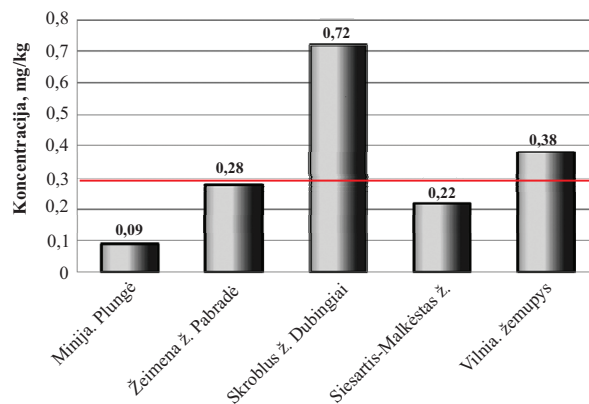
7 pav. Švino koncentracija (mg/kg) ešerių raumenyse Lietuvos ežeruose 2003 m.

Fig. 7. Lead concentration (mg/kg) in the muscles of perch caught in the lakes of Lithuania in 2003

Taip pat švino koncentracijų viršijimo atvejai ešerių raumenyse pastebėti Žuvinte, Dusios, Platelių ežeruose (7 pav.).

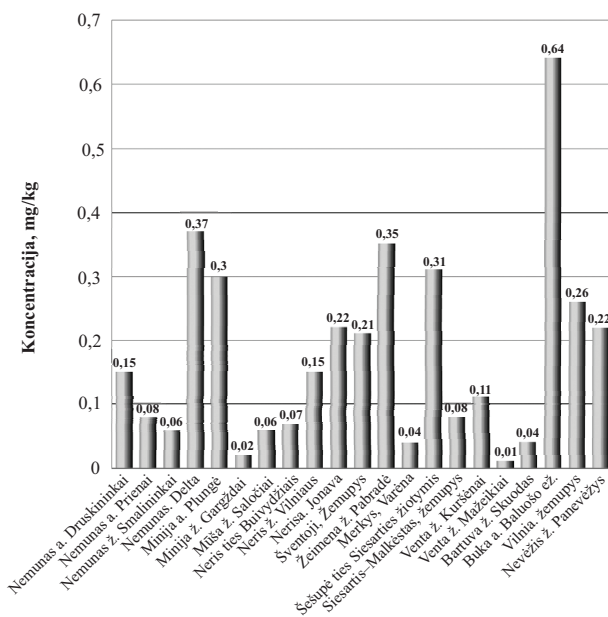
Kitos rūšies žuvų švino koncentracijos viršijamos ne vienodai. 8 pav. galima matyti, kad švino DLK upėtakio raumenyse buvo viršyta daugumos tirtųjų upių: Žeimenos upėje prie Pabradės, Siesarties žemupyje, Vilnios žemupyje, o Skroblaus upėje, prie Dubingių, DLK viršyta net 3,6 kartus.

Kuojos raumenyse švino DLK viršijimas žymiai akivaizdesnis (9 pav.). Leidžiama švino norma buvo viršyta žuvies raumenyse šiose upėse: Nemuno deltoje, Minijoje ties Plunge ir Gargždais, Mūšoje prie Saločių, Neryje,



8 pav. Švino koncentracija (mg/kg) upėtakio raumenyse Lietuvos upėse 2003 m.

Fig. 8. Lead concentrations (mg/kg) in the muscles of trout caught in the rivers of Lithuania in 2003



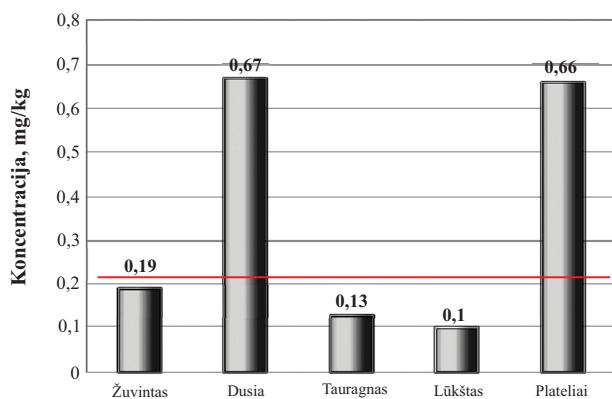
9 pav. Švino koncentracija (mg/kg) kuojos raumenyse Lietuvos upėse 2003 m.

Fig. 9. Lead concentrations (mg/kg) in the muscles of roach caught in the rivers of Lithuania in 2003

Šventojoje, Žeimenoje prie Pabradės, Ventoje, Šešupėje ir Siesartyje, Merkyje ties Varėna. Didžiausias švino kiekis – 0,64 mg/kg – užfiksuotas Bukoje, Balušo ežero aukštupyje.

Taip pat švino DLK viršytas kuojos raumenyse Žuvinto, Dusios, Platelių ežeruose (10 pav.). Švino koncentracija žuvies raumenyse kito nuo 0,1 iki 0,67 mg/kg. Mažiausia koncentracija aptikta Lūkšto ežere, didžiausia – Dusios ežere.

2003 metais atlikti žuvų tyrimai parodė, kad daugumoje šalies upių bei ežerų švino kiekiai skirtingų žuvų rūšių raumenyse viršijo didžiausių leistiną dydį.



**10 pav.** Švino kaupimasis (mg/kg) kuojos raumenyse Lietuvos ežeruose 2003 m.

**Fig. 10.** Accumulation of lead (mg/kg) in the muscles of roach caught in the lakes of Lithuania in 2003

Pastebėta, kad tirtosiose upėse priskirtoms lašišiniams vandens telkiniams švino kiekis žuvų raumenyse viršijo leistiną DLK vertę net kelis kartus – tai Skroblaus, Vilnios, Žeimenos ž. Pabradės, Minijos upėse. Tačiau tirtosiose upėse priskirtiems karpiniams vandens telkiniams bei kitoms upėms švino kiekis žuvų raumenyse neviršijo DLK (Mūša, Bartuva). Švino akumuliacijai žuvų audiniuose didelės įtakos turi ne tik vandenyje ar dugno nuosėdose esantis jo kiekis, bet ir vandens pH, temperatūra, druskingumas.

Šio ir ankstesnių eksperimentinių bei monitoringinių tyrimų rezultatai parodė, kad ekologiškai skirtingų rūšių žuvų kūno audiniuose švinas kaupiasi labai skirtingai. Tai turbūt priklauso ne tik nuo rūšiai būdingų fiziologinių savybių bei organizmo biocheminių procesų ypatybių, bet taip pat ir nuo elgsenos bei kitų veiksnių, kuriuos dar būtina išaiškinti.

## Išvados

1. Šiame ir ankstesniuose tyrimuose analogiškais eksperimentinėmis sąlygomis gauti tyrimų rezultatai parodė, kad švino koncentracija skirtingų žuvų žiaunose ir raumenyse padidėjo po 14-os dienų ekspozicijos, veikiant švinu ir esant didžiausiai leistinai koncentracijai paviršiniuose vandenyse (0,005 mg Pb/l).
2. Lyginant kontrolinę ir paveiktą žuvų grupes nustatyta, kad švino koncentracija paveiktos žuvų grupės audiniuose padidėjo: žiaunose nuo 0,088 iki 0,237 mg/kg, o raumenyse nuo 0,119 iki 0,4 mg/kg, t. y. atitinkamai nuo 2,7 iki 3,4 karto.
3. Eksperimento rezultatai parodė skirtingą organų (žiaunų ir raumenų) gebėjimą kaupti šviną. Švino koncentracija lašišos raumenyse buvo daugiau nei 1,5 karto didesnė nei žiaunose ir viršijo didžiausią leistiną kiekį (DLK =

0,2 mg Pb/kg) žiaunose – 1,2 karto, o raumenyse – net 2 kartus.

4. Lyginant šiuo ir ankstesnių metų tyrimų rezultatus akivaizdu, kad švinas skirtingų žuvų rūšių kūno audiniuose (raumenyse ir žiaunose) kaupiasi nevienodai. Švino DLK buvo viršytas daugelio skirtingų žuvų raumenyse, kuriuose švinas buvo labiau linkęs kauptis nei žiaunose.
5. Daugiausiai švino DLK buvo viršytas lašišos bei šlyžio kūno audiniuose. Šių žuvų audiniuose švino bioakumuliacija vyksta sparčiau nei kitų žuvų rūšių.
6. Eksperimentinėmis sąlygomis gauti rezultatai leidžia teigti, kad skirtingoms žuvų rūšims švinas kaupiasi labai skirtingai, specifiskai ir neretai viršija DLK. Tam įtakos gali turėti ekologiniai, fiziologiniai, elgsenos bei organizmo biocheminių procesų tarpūsiniškai skirtumai.
7. Gauti tyrimų rezultatai iš pagrindų sutampa su švino kaupimosi stebimų žuvų rūšių iš natūralių vandens telkinių tyrimų duomenimis. Žuvų audiniuose švino koncentracijos dažnai viršija Lietuvos higienos normoje nurodytą DLK. Tokie rezultatai įpareigoja nuolat kontroliuoti švino kiekį žuvyse, nors jo koncentracija aplinkos vandenyje ir neviršija leidžiamų koncentracijų.

## Literatūra

- Alloway, B. J. 1999. *Schwermetalle in Boden: Analytik, Konzentration, Wechselwirkungen*. 540 p. <http://dx.doi.org/10.1007/978-3-642-58384-1>
- Boudou, A.; Ribeyre, F. 1989. Fish as biological model for experimental studies in ecotoxicology, in Boudou, A. and Ribeyre, F. (Eds.). *Aquatic Ecotoxicology: Fundamental Concepts and Methodologies 2*: 127–162.
- Dining and the Food Chain [interaktyvus]. 2009. EatRealThings. [Žiūrėta 2012 m. sausio 21 d.]. Prieiga per internetą: <http://healthbyhamilton.squarespace.com/blog/2009/9/11/dining-and-the-food-chain.html>
- Goyer, R. A.; Cherian, M. G. 1995. *Toxicology of Metals. Biochemical Aspects*. New York: Springer Verlag. 467 p.
- HN 54:2003. Sunkiųjų metalų leidžiami lygiai žuvų raumenyse, *Valstybės žinios*, 14–87.
- Idzelis, R. L.; Kesminas, V.; Svecevičius, G.; Misius, V. 2008. Sunkiųjų metalų (Cu, Zn, Ni, Cr, Pb, Cd) kaupimasis ešerio *Perca fluviatilis* L. ir kuojos *Rutilus rutilus* (L.) audiniuose eksperimento sąlygomis, *Journal of Environmental Engineering and Landscape Management* 16(4): 205–212.
- Idzelis, R. L.; Kesminas, V.; Svecevičius, G.; Venclovas, A. 2010. Experimental investigation of heavy metal accumulation in tissues of stone loach *Noemacheilus barbatulus* (L.) and rainbow trout *Oncorhynchus mykiss* (Walbaum) exposed to a model mixture (Cu, Zn, Ni, Cr, Pb, Cd), *Journal of Environmental Engineering and Landscape Management* 18(2): 111–117. <http://dx.doi.org/10.3846/1648-6897.2008.16.205-212>
- Idzelis, R. L.; Mockutė, E.; Svecevičius, G. 2011. Sunkiųjų metalų bioakumuliacijos sidabrinii karošų *carassius auratus*

- gibelio* (Bloch.) organuose eksperimentiniai tyrimai., *Journal of Environmental Engineering and Landscape Management* 19(2): 107–113.
- Jezierska, B.; Witeska, M. 2001. *Metal toxicity to fish*. University of Podlasie, Siedlce. 318.
- Kesminas, V. 2001. *Monitoringinių žuvų rūšių toksiškumas*. Ekologijos institutas. Mokslo ataskaita, 79–83.
- Kesminas, V., V.; Repečka, R.; Balkuvienė, G.; Virbickas, T.; Stakėnas, S.; Šriupkuvienė, N.; Motiejūnas, S. 1998. Monitoring of fish communities, population parameters and heavy metals in Lithuania, *Latvian Academy of Sciences* 52: 85–92.
- Lubytė, J.; Antanaitis, A.; Adomaitis, T.; Mažvila, J.; Vaišvila, Z.; Arbačiauskas, J. 2004. Įvairių formų sunkiųjų metalų ir mikroelementų kiekio dirvožemyje priklausomumas nuo tręšimo, *Žemdirbystė* 3: 39–46.
- MacFarlane, G. B.; Burchet, M. D. 2000. Cellular distribution of Cu, Pb, and Zn in the Grey Mangrove, *Avicennia marina* (Forsk.), *Vierh Aquatic Botanic* 68: 45–59. [http://dx.doi.org/10.1016/S0304-3770\(00\)00105-4](http://dx.doi.org/10.1016/S0304-3770(00)00105-4)
- Metals in the Environment*. 2006. *3<sup>rd</sup> International Conference in Lithuania*. Abstracts. Vilnius. 248 p.
- Parlak, H.; Katalay, S.; Buyukisik, B. 1999. Accumulation and loss of Chromium by mussels (*M. galloprovincialis*), *Bulletin of Environmental Contamination and Toxicology* 62: 286–292. <http://dx.doi.org/10.1007/s001289900872>
- Projekto „Sunkiųjų metalų kaupimasis žuvyse ir dugno nuosėdose“ rezultatų apžvalga [interaktyvus]. 2004. Aplinkos apsaugos agentūra. [Žiūrėta 2012 m. kovo 18 d.] Prieiga per internetą: <[http://oldaaa.gamta.lt/VI/article.php3?article\\_id=1203](http://oldaaa.gamta.lt/VI/article.php3?article_id=1203)>.
- Roy, S. P. 2010. Overview of heavy metals and aquatic environment with notes on their recovery, *Ecoscan: An International Quarterly Journal of Environmental Sciences* 4: 235–240.
- Sitonytė, J. 2003. *Aplinkos chemija: paskaitų konspektas*. Šiaulių universitetas. 164 p.
- Spacie, A.; Hamelink, J. L. 1985. Bioaccumulation, in Rand, G. M. and Petrocelli, S. R. (Eds.). *Fundamentals of Aquatic Toxicology*, 1052–1082.
- Staniškienė, B.; Garalevičienė, D. 2004. Sunkieji metalai žuvų mėsoje ir kauluose, *Veterinarija ir zootechnika* 26(48): 46–52.
- Urbonas, R.; Simonavičius, J.; Kudakas, V. 1992. Pakelių dirvožemio užterštumo tyrimai, *Žemėtvarka ir melioracija* 4: 17–18.
- Vinodhini, R.; Narayanan, M. 2008. Bioaccumulation of heavy metals in organs of fresh water fish *Cyprinus carpio* (Common carp), *International Journal of Environmental Science and Technology* 5(2): 179–182.

**BIOACCUMULATION OF LEAD IN BODY TISSUES OF ATLANTIC SALMON (*SALMO SALAR* L): EXPERIMENTAL INVESTIGATION AND COMPARATIVE ANALYSIS**

**R. L. Idzelis, G. Sauliutė, J. Grigelevičiūtė, G. Svecevičius**

**Abstract**

The article presents tests on one-year artificially bred Atlantic salmon. For 14 days, fish were exposed to lead nitrate  $Pb(NO_3)_2$  under concentration corresponding to the highest allowable standard of inland water making 0.005 mg Pb/l. Lead (Pb) in fish tissues (muscle and gills) was determined applying atomic absorption spectrophotometry (AAS). The obtained results have showed that the maximum-permissible-amount of lead in fish (MPA = 0.2 mg Pb/kg) (Lithuanian Hygiene Standard HN 54:2003) slightly exceeds in salmon gills (0.237 mg/kg), whereas in muscles, it exceeds more than twice (0.4 mg/kg). The received data have been compared with the results of the previous studies, where under the same experimental conditions, the bioaccumulation of lead in five types of fish, including roach, perch, rainbow trout, stone loach and gibel carp has been investigated. The conducted research has also revealed that different fish species quite differently accumulate lead while MPA has exceeded in the body tissues of a number of fish, i.e., in the majority of cases, it can be attributed to salmon and stone loach muscles and gills. When observing water bodies, the collected experimental data completely coincide with the results of studies on lead bioaccumulation in fish.

**Keywords:** fish, heavy metals, lead, maximum permissible concentration, bioaccumulation, maximum-permissible-amount.