

**VILNIAUS UNIVERSITETAS
GAMTOS MOKSLŲ FAKULTETAS
EKOLOGIJOS IR APLINKOTYROS CENTRAS**

Arūnas SAMAS

Upinio bebro (*Castor fiber*), kaip kertinės
ekosistemų rūšies, poveikis buveinių
struktūrai ir jo reikšmė žinduoliams

Disertacinio darbo santrauka
Biomedicinos mokslai, Ekologija ir Aplinkotyra (03 B)

Vilnius, 2015

Disertacija rengta 2011 – 2015 metais Vilniaus universitete

Mokslinis vadovas – dr. Rimvydas Juškaitis (Gamtos tyrimų centras, biomedicinos mokslai, ekologija ir aplinkotyra – 03B).

Mokslinis konsultantas – prof. dr. Alius Ulevičius (Vilniaus universitetas, biomedicinos mokslai, ekologija ir aplinkotyra – 03B).

Disertacija ginama Vilniaus universiteto Biomedicinos mokslo krypties taryboje:

Pirmininkas – prof. habil. dr. Vincas Būda (Gamtos tyrimų centras, biomedicinos mokslai, ekologija ir aplinkotyra – 03B).

Nariai:

doc. habil. dr. Linas Balčiauskas (Gamtos tyrimų centras, biomedicinos mokslai, ekologija ir aplinkotyra – 03B);

habil. dr. Zbigniew Borowski (Miškų tyrimų institutas, Lenkija, biomedicinos mokslai, ekologija ir aplinkotyra – 03B);

prof. dr. Jana Radzijeuskaja (Vytauto Didžiojo universitetas, fiziniai mokslai, biochemija – 04P);

prof. habil. dr. Rimantas Rakauskas (Vilniaus universitetas, biomedicinos mokslai, biologija – 01B).

Disertacija bus ginama viešame Biomedicinos mokslų krypties tarybos posėdyje 2016 m. rugsėjo mėn. 26 d. 15 val. Jungtinio gyvybės mokslų centro R108 auditorijoje, 15 val.

Adresas: Saulėtekio al. 7, Vilnius, Lietuva.

Disertacijos santrauka išsiuntinėta 2016 m. rugpjūčio mėn. 26 d.

Disertaciją galima peržiūrėti Vilniaus universiteto bibliotekoje ir VU interneto svetainėje adresu: www.vu.lt/lt/naujienos/ivykiu-kalendorius

VILNIUS UNIVERSITY
FACULTY OF NATURAL SCIENCE
CENTER OF ECOLOGY AND ENVIRONMENTAL SCIENCE

ARŪNAS SAMAS

**IMPACT OF THE KEYSTONE SPECIES, THE
EURASIAN BEAVER (*CASTOR FIBER*), ON
HABITAT STRUCTURE AND ITS
SIGNIFICANCE TO MAMMALS**

Summary of doctoral dissertation

Biomedical Sciences, Ecology and Environmental Science (03 B)

Vilnius, 2015

The research was carried out in 2011-2015 at Vilnius University

Scientific supervisor: dr. Rimvydas Juškaitis (Nature Research Centre, biomedical science, ecology and environmental science – 03B).

Scientific consultant: prof. dr. Alius Ulevičius (Vilnius University, biomedical science, ecology and environmental science – 03B).

The defence of the doctoral dissertation is held at the Vilnius University Biomedical Research Council:

Chairman: prof. habil. dr. Vincas Būda (Nature Research Centre, biomedical science, ecology and environmental science – 03B).

Members: doc. habil. dr. Linas Balčiauskas (Nature Research Centre, biomedical science, ecology and environmental science – 03B);

habil. dr. Zbigniew Borowski (Forest Research Institute, Poland, biomedical science, ecology and environmental science – 03B);

prof. dr. Jana Radzijeuskaja (Vytautas Magnus University, physical science, biochemistry – 04P);

prof. habil. dr. Rimantas Rakauskas (Vilnius University, biomedical science, biology – 01B).

The defence of the dissertation will be held at a public meeting of the Vilnius University Biomedical Research Council in the Auditorium R108 of the Faculty of Natural Sciences of Life science center on 26th of September 2016 at 15.00.

Address: Saulėtekis av. 7, LT – 10257, Vilnius, Lithuania.

Summary of doctoral dissertation has been sent in ____th of August, 2016.

The dissertation is available at the libraries of Vilnius University and on the website of Vilnius University at www.vu.lt/lt/naujienos/ivykiu-kalendorius.

IVADAS

Upinis bebras (*Castor fiber*) yra viena iš dviejų rūšių priklausančių *Castor* genčiai. Tiek upinis, tiek kanadinis (*Castor canadensis*) bebras yra didžiausi graužikai palearktikos regione. XX amžiaus pradžioje abi rūšys buvo beveik išnykę visame rūšies areale. Iki 1900 metų upinio bebros populiacija buvo sumažėjusi nuo 100 milijonų iki 1000 individų, tuo tarpu kanadinių bebrų – nuo 60 milijonų iki kelių tūkstančių. Pagrindinės to priežastys buvo intensyvi bebrų medžioklė dėl kailio, muskusinės liaukos ir žalos, kurią bebrai darydavo miškui ir žemės ūkiui (Novak, 1991). Bet po sėkmingų apsaugos ir reintrodukcijos programų, kurių pradžia buvo devyniolikto amžiaus trečiajame dešimtmetyje, abiejų bebrų rūšių paplitimo arealai pasiekė buvusias ribas (Halley, Rosell, 2003).

Upinio bebros istorija Lietuvoje yra gerai iširta. Pasak Prūsaitę (1988), paskutiniai upinių bebrų individai Lietuvoje buvo sumedžioti dar XX amžiaus pradžioje. Nuo to laikotarpio iki bebrų reintrodukcijos pradžios, Lietuvos teritorijoje nebuvo pastebima pastoviai reziduojančių individų. Pavieniai migrantai iš Baltarusijos atplaukdavo Nemunu, tačiau įsitvirtinti jiems nepavykdavo. Upinio bebros reintrodukcija Lietuvoje prasidėjo 1947 metais T. Ivanausko iniciatyva. Pirmieji upiniai bebrai buvo paleisti Žuvinto gamtiniame rezervate. Bebrų reintrodukcija Lietuvoje tęsėsi iki 1959 metų. Praėjus daugiau nei 20 metų po reintrodukcijos pabaigos, bebrai jau buvo sutinkami didžiojoje dalyje Lietuvos upių. Pagal naujausius mokslininkų skaičiavimus, upinių bebrų Lietuvoje galėtų būti nuo 80 iki 100 tūkst. individų (Ulevičius, 2008).

Abi bebrų rūšys vaidina svarbią rolę ekosistemose ir yra traktuojamos kaip kartinės ekosistemų rūšys (Davic, 2003). Dėl jų gebėjimų keisti kraštovaizdį, bebrai neretai vadinami ekosistemų inžinieriais (Jones *et al.*, 1994; Gurney, Lawton, 1996; Müller-Swarze, Sun, 2003). Pasak Johnston ir Naiman (1990a), bebrai gali pakeisti iki 4% kraštovaizdžio per dešimtmetį. Užtvėnkdami upelius ir upes bebrai užlieja sausumą taip sukurdami šlapių pievų, įvairių tipų pelkių ir stovinčių vandenų buveines. Tokiu būdu bebras padidina kraštovaizdžio heterogeniškumą ir ekologinę buveinių talpą (Remillard *et al.*, 1987; Johnston, Naiman, 1990b, 1992). Dėl pasikeitusių aplinkos sąlygų stipriai pakinta tiek augalų, tiek gyvūnų bendrijų struktūra. Pasak Simonavičiūtės ir Ulevičiaus (2007), didžiausią bebros poveikį

patiria būtent augalų bendrijos. Dėl selektyvios bebrų graužiamosios veiklos gali stipriai sumažėti atskirų augalų rūšių gausumas (Nolet *et al.*, 1994). Kai kuriais atvejais tai gali lemti augalo rūšies išnikimą lokaliu mastu. Pasak Rosell ir kiti (2005), graužiamoji bebrų veikla keičia augalų bendrijos sudėtį taip, kad buveinėje pradeda dominuoti bebrų netoleruojamos rūšys. Ir nors po bebro įsikūrimo augalų įvairovė sumažėja lokaliu mastu, regioniniu mastu yra stebimas rūšinės įvairovės didėjimas (Wright, Jones, 2002).

Augalų bendrijos pokyčiai bebrų paveiktose buveinėse gali įtakoti kanopinių žinduolių pasiskirstymą kraštovaizdyje, ypač žiemą (Safanov, Saveljev, 1992; Danolov, 1995). Dėl sumažėjęs konkurencijos, padidėjusios drėgmės bei apšviestumo, bebrų šlapynių bei jas supančių buveinių ekotonuose įsitvirtina gluosniai (Hodkinson, 1975). Be to, dėl intensyvios bebrų graužiamosios veiklos paspartėja drebulių atsikūrimas. Nugrauzdamas senas drebulės bebras stimuliuoja vegetatyvinį jų dauginimąsi – naujų individų ataugimą iš šaknų aplink nukirstą augalą (McGintley, Witham, 1985). Pastarųjų dviejų genčių augalai sudaro mitybos pagrindą tokių kanopinių žinduolių kaip stirnų (*Capreolus capreolus*), tauriųjų elnių (*Cervus elaphus*) bei briedžių (*Alces alces*) (Safanov, Saveljev, 1992; Danolov, 1992, 1995).

Bebrų sukurtos buveinės taip pat svarbios pusiau vandens žinduoliams. Ondatros (*Ondatra zibethicus*), vandeninis pelėnas (*Arvicola terrestris*), kanadinė audinė (*Neovison vison*) bei ūdra (*Lutra lutra*) lankosi ar net įsikuria bebrų aplinkoje. Bebrų šlapynės užtikrina stabilų vandens lygį, prieinamus mitybos resursus ir pastogę išvardintos rūšims. Kanadinė audinė ir ūdra medžioja žuvis, varliagyvius, smulkiuosius žinduolius ir net bebrų jauniklius bebravietėse (Green, 1932; Bailei, Stephens, 1951). Ondatra ir vandeninis pelėnas maitinasi vandens ir bebrų paliktais nugrauztais bei apgraužtais augalais (Grasse, 1951). Visos išvardintos pusiau vandens žinduolių rūšys taip pat naudojasi bebrų trobelėmis kaip slėptuvėmis (Leighton, 1933; Grasse, 1991; Tyurin, 1984; Müller-Schwarze, 1992). Būtent dėl poveikio kitoms augalų ir žinduolių rūšims, bebrai priskiriami prie kertinių ekosistemos rūšių (Rosell, Parker, 1996; Davic, 2003).

Bebro populiacija Lietuvoje yra labai tanki (Ulevičius, 2008) ir jo poveikis buveinių struktūrai bei augalų ir gyvūnų bendrijoms gali būti vienas didžiausių visoje Europoje. Taip pat, pasak Halley ir Rossel (2003), Lietuvoje tai yra viena tankiausių ir seniausių

reintrodukuotų populiacijų Europoje. Todėl gali būti, kad tiek augalų, tiek gyvūnų bendrijos jau spėjo prisitaikyti prie upinio bebro poveikio ir yra stabilios visose bebrų modifikuotose buveinėse.

Nors kanadinio bebro poveikis kraštovaizdžiui, buveinėms ir augalų/gyvūnų bendrijoms yra pakankamai gerai ištirtas Šiaurės Amerikoje, tačiau Europoje tėra atlikta gerokai mažiau darbų. Mažai žinoma apie upinio bebro poveikį kraštovaizdžiui (Tornblorn *et al.*, 2011), bebrų sukurtų buveinių bei bebrų statinių (bebrų trobelių ir urvų) reikšmę įvairioms žinduolių ekologinėms grupėms.

TIKSLAS IR UŽDAVINIAI

Darbo tikslas – įvertinti upinio bebro poveikį kraštovaizdžiui ir buveinių struktūrai, bei bebro transformuotų buveinių ir bebrų infrastruktūros elementų (bebrų trobelių ir urvų) reikšmę žinduolių įvairovei, gausumui ir paplitimui; įvertinti žinduolių populiacinius bei užsikrėtimo helmintais parametrus bebrų transformuotose buveinėse.

Uždaviniai:

1. įvertinti upinio bebro poveikį buveinių struktūrai kraštovaizdžio ekosistemoje nuotoliniais bei *in situ* metodais;
2. įvertinti bebrų transformuotų buveinių reikšmę skirtingų ekologinių grupių žinduolių įvairovei, gausai, pasiskirstymui ir bendrijos struktūrai;
3. įvertinti bebrų sukurtų infrastruktūros elementų (bebrų trobelių ir urvų) reikšmę plėšrūnams, pusiau vandens ir smulkiesiems žinduoliams;
4. įvertinti smulkiųjų žinduolių demografinius ir užkrėtimo helmintais būklę bebrų transformuotose buveinėse.

DARBO NAUJUMAS

Pirmą kartą įvertintas upinio bebro (*Castor fiber*) poveikio buveinėms ir jų struktūrai mastas kalvotame moreniniame kraštovaizdyje, kuriam būdingas aukštas bebrų tankumas; įvertinimas atliktas pritaikius nuotolinę geografinių informacinių sistemų (GIS) bei matavimų *in situ* metodiką.

Įvertinta bebrų transformuotų buveinių reikšmė skirtingų ekologinių grupių žinduoliams. Išskirtos žinduolių rūšys ir rūšių grupės, kurioms bebrų indukuotos buveinių transformacijos yra palankios kalvotame moreniniame rytu Lietuvos kraštovaizdyje.

Įvertinta bebrų sukurtų infrastruktūros elementų (bebrų trobelių ir urvų) reikšmė žinduoliams. Tyrimai buvo atlikti pritaikant naują duomenų rinkimo ne invaziniu būdu – į judesį reaguojančias infraraudonųjų spindulių kameras – metodiką ir tradicinius žinduolių gaudymo spąstais bei pėdsakų registravimo metodus.

Įvertinti smulkiųjų žinduolių, rudojo pelėno (*Clethrionomys glareolus*) ir geltonkaklės pelės (*Apodemus flavicollis*), demografiniai ir užsikrėtimo helmintais parametrai bebrų transformuotose buveinėse. Tikslas – įvertinti šių tipiškų miškui rūšių populiacinių ir helmintologinių parametru pokyčius bebrų transformuotose buveinėse.

Rezultatai disertacijos tema buvo pristatyti septyniose tarptautinėse konferencijose: du pranešimai „5-ame tarptautiniame bebro simpoziume“ (Dubingiuose, Lietuvoje, 2009)‘; „8-oje Baltijos teriologų konferencijoje“ (Palanga, Lietuva, 2011 m.); du pranešimai „6-ame tarptautiniame bebrų simpoziume“ (Ivanič-Grad, Kroatijoje, 2012); „2-trame tarptautiniame medžioklės simpoziume“ (Novi Sad, Serbijoje, 2013); „9-oje Baltijos teriologų konferencijoje“ (Daugpilyje, Latvijoje, 2014); „6-ame tarptautiniame simpoziume: Medžiojamosios faunos populiacijų dinamika šiaurės Europoje“ (Kirkkojahti, Karelijos respublika, Rusija, 2014); du pranešimai „Tarptautiniame susitikime: Laukinės faunos tyrimų metodai“ (Bad Blankenburg/Thüringen, Vokietija, 2015), „7-tame tarptautiniame bebro simpoziume“ (Voroneže, Rusijoje).

Rezultatai disertacijos tema paskelbti keturiose publikacijose – dvi publikacijos žurnaluose, priklausančiuose Thompsons Reuters Web of Knowledge (ISI) bei dvi kituose recenzuojamuose žurnaluose.

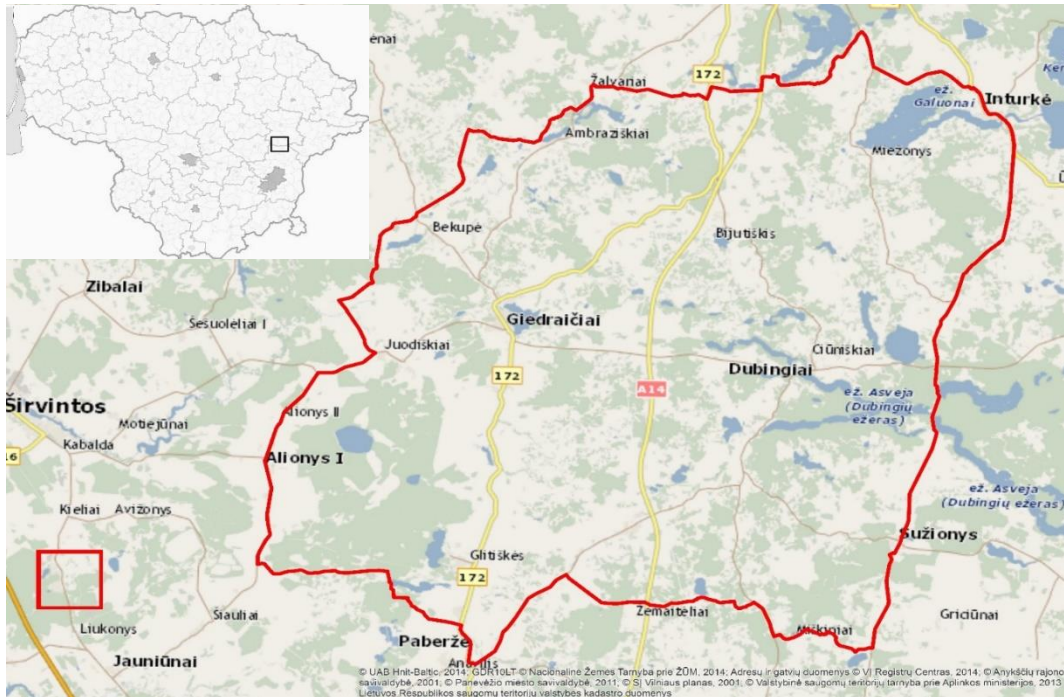
Darbo struktūra ir apimtis. Darbas parašytas anglų kalba. Darbo struktūra: *Ivadas, Tikslas ir uždaviniai, Literatūros apžvalga, Medžiaga ir metodai, Rezultatai, Rezultatų aptarimas, Išvados, , Autoriaus publikacijų sąrašas, Padėka ir Cituota literatūra.* Pacituota 234 literatūros šaltinių. Disertacinio darbo apimtis 133 puslapių. Disertacijoje pateiktos 22 lentelės ir 25 paveikslai.

1. MEDŽIAGA IR METODIKA

1.1. Tyrimų teritorija

Upinio bebro poveikis buveinėms ir jo reikšmė žinduoliams buvo tirtas rytų Lietuvoje, Vilniaus, Molėtų ir Širvintų rajonuose, dviejuose tyrimų poligonuose (1 pav.). Teritorijai būdingas kalvotas moreninis kraštovaizdis. Vidutinis miškingumas siekia 28% (GIS analizė). Paprastoji eglė (*Picea abies*), plaukuotasis beržas (*Betula pubescens*) bei alksniai (*Alnus spp.*) sudarė sumedėjusios augalų bendrijos branduolį. Teritorijoje gausu apleistų sukcesinių pievų, įvairių dydžių miškų fragmentų, kurių dydis svyruoja nuo 0,1 iki 6500 hektarų, bei įvairių tipų šlapynių (GIS analizė).

Kalvos užima apie 40% kraštovaizdžio. Tarp kalvų įsiterpę pažemėjimai, kuriuose susiformavusios šlapynės bei įvairūs kiti vandens telkiniai, apaugę karklų ir alksnių bendrijomis (Basalykas, 1977). Būtent pastarosios įdubos yra pamėgtos bebrų. Pasak Bluzma (2003) bei Ulevičių (2008), vidutinis bebrų tankumas teritorijoje siekia 19 bebraviečių/1000 ha.



1 pav. Tyrimų teritorija rytų Lietuvoje. Raudona linija pažymėti du tyrimų poligonai, kurių dydis 10 km² bei 540 km².

1.2. Bebro poveikio buveinių struktūrai kraštovaizdžio ekosistemoje vertinimas

Vertinimas buvo atliktas 100 km² teritorijoje esančioje rytų Lietuvoje, Vilniaus ir Molėtų rajonuose, centro koordinatės 25,329 R ir 55,020 Š.

Teritorijos įvertinimas ir buveinių inventorizacija atlikta su GIS ESRI®, ArcGIS 10.x.® Lietuvos orto foto nuotraukose (1: 10 000, GDR10LT, Nacionalinė Žemės tarnyba prie Žemės ūkio ministerijos). Buvo išskirtos devynių tipų buveinės: pievos ir kitos žemės ūkio naudmenos, miškai, ežerai, upės, melioracijos kanalai, pelkės, bebrų šlapynės ir bebravietės, ekotonai. Bebrų šlapynė – tai šlapynė, kurioje yra matoma bebrų veikla: bebrų trobelės, užtvankos, bebrų takai, bebrų urvai, patvankos, užtvindyti miškai su stovinčia negyva mediena ir bebrų nugrauztais medžiais. Tuo tarpu bebravietė – tai teritorija, kuri susideda iš bebrų šlapynės ir bebrų paveiktos sausumos. Bebrų paveikta sausumos dalis nustatoma sujungus toliausiai nuo šlapynės esančias bebrų veiklos žymes.

Bebro poveikis sausumai negalėjo būti pavaizduotas ir išmatuotas analizuojant tik orto foto nuotraukas prieš tai neatlikus papildomų tyrimų *in situ*, nes didžioji dalis bebrų veiklos žymių – nugrauztų medžių, užtvankų miško kanaluose – slepia medžių laja.

In situ tyrimai atlikti 2011-2015 metų žiemą ir ankstyvą pavasarį siekiant įvertinti šlapynių ribų paklaidą ir bebrų paveiktą sausumos plotą aplink šlapynes. 13 bebrų paveiktų šlapynių buvo išmatuotos su didelio tikslumo GPS prietaisu „Trimble® GPS Pathfinder® Pro Series“, kurio paklaida siekia 50 cm. Vandens ir sausumos riba buvo nustatoma nustatant koordinates kas 5-10 metrų. Bebrų poveikis sausumos buveinėms buvo vertinamas pažymint toliausiai nuo vandens esančias bebrų veiklos žymes: užtvankas, įgriuvusius bebrų urvus bei bebrų graužimus. Koordinatės perkeltos į GIS ESRI®, ArcGIS 10.x.®. Taškai sujungti suformuojant poligonus. *In situ* išmatuotos bebrų šlapynės buvo palygintos su atitinkamomis iš orto foto nuotraukų. Neparametrinis Wilcoxon testas buvo naudojamas palyginimui. Buvo gauti du korekcijos koeficientai, kurie gali būti naudojami tikslinant šlapynių ribas orto foto nuotraukose.

1.3. GIS metodo pritaikymas

1.3.1. Šlapynių ploto vertinimo orto foto nuotraukose korekcijos koeficientai

1-sis korekcijos koeficientas. Palyginus *in situ* išmatuotas šlapynes su tomis pačiomis esančiomis orto foto nuotraukose buvo nustatyta, kad *in situ* šlapynės buvo didesnės nuo 1,01 iki 2 kartų, vidutiniškai $1,31 \pm 0,33$ karto (Wilcoxon testas: $p = 0,005$) (1 lentelė). Kuo šlapynės plotas buvo mažesnis, tuo didesnis skirtumas tarp *in situ* ir *ex situ* šlapynių plotų buvo fiksuotas. Taigi, pirmasis korekcijos koeficientas, kuris buvo išskirtas, buvo 1,3. Tai reiškia, kad šlapynės plotas tikrovėje yra 1,3 karto didesnis, nei išmatuotas orto foto nuotraukoje.

2-sis korekcijos koeficientas. Tam, kad būtų sumažintas žmogiškasis faktorius, kuris atsiranda skaitmeninant orto foto nuotraukas, iš imties buvo pašalintos didžiausią ir mažiausią *in situ* : *ex situ* santykį turinčios šlapynės. Po šios procedūros buvo nustatyta, kad *in situ* šlapynės buvo didesnės už *ex situ* $1,21 \pm 0,14$ karto (Wilcoxon testas: $p = 0,002$). Tokiu būdu buvo gautas antrasis korekcijos koeficientas, kuris lygus 1,2.

Palyginus *ex situ* šlapynių plotus su atitinkamų šlapynių plotais, kurie gauti perskaičius pritaikant korekcijos koeficientus, buvo nustatyti patikimi skirtumai (1 lentelė). Tuo tarpu perskaičiuoti šlapynių plotai nesiskyrė nuo atitinkam *in situ* šlapynių plotų. Galutiniam upinio bebro poveikio kraštovaizdžiui vertinimui iš orto foto nuotraukų buvo pasirinkta korekcija su koeficientu 1,2. To priežastys 1) paklaidos, atsirandančios dėl žmogiškojo faktoriaus eliminacija, 2) šiuo korekcijos koeficientu perskaičiuotų *ex situ* šlapynių plotai patikimai skyrėsi nuo kitu koeficientu perskaičiuotų plotų.

1 lentelė. Skirtumai (Wilcoxon testas) tarp *ex situ*, *in situ*, *ex situ* koreguotų koeficientais 1,2 (C 1,2) bei 1,3 (C 1,3) bebrų šlapynių plotų

	<i>in situ</i>	C 1.2	C 1.3
<i>ex situ</i>	0.007	0.002	0.005
<i>in situ</i>		0.9	0.16
C 1.2			<0.001

1.3.2. Korekcijos koeficientai bebrų paveiktai sausumos daliai

Vienas svarbiausių faktorių, lemiančių bebrų paveiktą sausumos plotą, buvo bebrų šlapynės supančios augalų bendrijos rūšinė sudėtis ir struktūra. Tyrimų teritorijoje nustatyta, jog upinis bebras gali nutolti daugiau nei 50 metrų nuo kranto, kad nugrauztų drebulę (*Populus tremula*). Visose tirtose bebravietėse bebrų selektyvumas šiai rūšiai siekė 100% 50 metrų atstumu nuo vandens. Taip pat bebras gali nugrauzti egles (*Picea abies*) esančias 43 metrų atstumu nuo vandens. Tačiau reikia paminėti, kad bebrai egles renkasi labai retai. Mūsų atveju, tai buvo pavieniai augalai, kurių tankumas siekė vos kelis individus 50 metrų atstumu nuo kranto. Tačiau bebravietėse, kuriose eglių tankumas arti vandens buvo didelis, nugrauztų/apgrauztų individų skaičius buvo labai mažas. Kitos sumedėjusių augalų rūšis, kurias bebras renkosi kaip mitybos objektą tirtose teritorijose, buvo karklai (*Salix* spp.), lazdynas (*Corylus avellana*), plaukuotasis beržas bei ąžuolas (*Quercus robur*). Kad nugrauztų karklus, bebrai gali nutolti iki 48 metrų, kad nugrauztų lazdynus – 24 metrus. Pastarųjų rūšių selektyvumas buvo antras pagal dydį po drebulių tirtose bebravietėse. Bebrų nugrauzti beržai ir ąžuolai buvo užregistruoti ne didesniu nei 10 metru atstumu nuo vandens telkinio.

Kitas svarbus faktorius, kuris galėjo lemti bebrų paveiktą sausumos plotą buvo šlapynės tipas (2 lentelė). Nors sumedėjusios augalijos rūšinė sudėtis ir struktūra buvo panaši visose tirtose bebravietėse, vidutinis atstumas iki nugrauzto augalo skyrėsi priklausomai nuo šlapynės tipo (Kruskal-Wallis testas: $p = 0,02$). Didesnius atstumus iki mitybos objekto bebras įveikia sausumoje esančioje aplink šlapynės su atviru vandeniu ir mažiausius – aplink nendrėmis bei viksvomis apaugusias šlapynes. Tačiau vidutinis atstumas iki bebro veiklos žymių sausumoje, esančioje aplink skirtingo tipo šlapynes, statistiškai nesiskyrė.

2 lentelė. Didžiausias ir vidutinis atstumas (m) iki bebrų veiklos žymių sausumoje esančioje aplink skirtingo tipo bebrų šlapynes

Bebrų šlapynės tipas	n	Didžiausias atstumas	Vidutinis atstumas
Šlapynės su atviru vandeniu	5	49.17	12.56
Nendrynai ir kupstuotos žemapelkės	3	33.77	2.17
Krūmuotos žemapelkės	7	51.3	8.46

Atsižvelgiant į tyrimus atliktus *in situ*, du korekcijos koeficientai, skirti bebrų poveikio medžiais apaugusios teritorijos vertinimui, buvo išskirti. Pirmasis, skirtas nustatyti mažiausią galimą bebrų paveikto miško plotą, sudarytas iš trijų dedamųjų – 12,5 metrų buferinės juostos aplink šlapynes su atviru vandens plotu, 2 metrų – aplink nendrynus ir kupstuotas žemapelkes bei 8,5 metrų – aplink krūmuotas žemapelkes esančiuose miškuose. Antrasis, skirtas nustatyti didžiausią galimą bebrų poveikį. Jis yra lygus 51 metrui buferinės juostos aplink šlapynes esančiuose miškuose.

1.4. Upinio bebro transformuotų buveinių reikšmė skirtingų ekologinių grupių žinduoliams

Tyrimų teritorijoje, kurios dydis 540 km², atsitiktinai buvo parinkti 55 tyrimų bareliai, kurių dydis siekė 1 km². Bareliai perkelti ant žemėlapiu naudojant ESRI®, ArcGIS 10.x®. Buvo iškelta pagrindinė sąlyga, kad atsitiktinai sugeneruoti tyrimų bareliai negali liesti kraštinėmis ir kampais. Jei ši sąlyga buvo pažeidžiama, barelis buvo perkeliamas į šalia esantį kvadratą taip, kad nebūtų sąlyčio su kitais bareliais. Buveinių inventorizacija ir įvertinimas atliktas su ESRI®, ArcGIS10.x®.

Žinduolių pėdsakų registravimas atliktas 57 vieno kvadratinio kilometro barelyje 2013-2015 metų žiemomis. Kai kuriuose bareliuose pėdsakų registracija buvo atlikta trejus metus iš eilės. Žinduolių pėdsakai registruoti 1 kilometro ilgio transekteje kiekviename barelyje. Transektos bareliuose buvo išdėstomos taip, kad ji kirstu visas ten esančias buveines. Buveinių dalis barelyje turėjo atsispindėti transekteje. Žinduolių pėdsakų suma transekteje buvo perskaičiuojama į santykinį dydį – gausumo indeksą, pėdsakų sk./100 m/ parų be sniego (Balčiauskas, 2009).

Žinduolių pėdsakai identifikuoti iki rūšies ar genties lygmens. Dėl miškinės kiaunės (*Martes martes*) bei akmeninės kiaunės (*Martes foina*) pėdsakų panašumo, šių rūšių pėdsakai buvo priskirti *Martes* pėdsakų grupei, tuo tarpu žebenkštis (*Mustela nivalis*) bei šermuonėlio (*Mustela erminea*) – *Mustela* pėdsakų grupei.

Siekiant įvertinti upinio bebro transformuotų buveinių reikšmę žinduoliams, bebrų veikiamo ekotono ilgis, bebrų šlapynės plotas bei buveinių įvairovė buvo palyginta su

žinduolių gausumo indeksais. Pearson'o koreliacija naudota duomenų analizei ($p < 0,05$) (Goetelli, Ellison, 2013). Shannon'o įvairovės indeksas su logaritmo pagrindu 2 buvo naudojamas įvertinti kraštovaizdžio įvairovę (Poole, 1984). Kruskal-Wallis testu įvertinti gausumo indekso rūšiniai ir biotopiniai skirtumai (Dytham, 2001).

Žinduolių biotopinio pasiskirstymo barelio viduje įvertinimui buvo išskirti keturi biotopai: miškas, bebrų šlapynė (visuose tirtuose bareliuose esančiose šlapynėse buvo pastebėta bebrų veiklos žymių), pieva, mozaika. Mozaika, tai toks biotopas, kuriame gausu pievų biotope įsiterpusių įvairaus dydžio miško fragmentų bei šlapynių.

Kanadinės audinės aptikimo bebrų šlapynėse dažnis buvo vertintas 2009-2014 metų žiemomis. Ištirta 181 bebrų šlapynė. Buvo registruotos kanadinės audinės veiklos žymės – pėdsakai ir ekskrementai. Aptikimo dažnis (AD) apskaičiuotas naudojant bendrai priimtą skaičiavimo metodiką ir išreikštas aptiktų žinduolio veiklos žymių (yra/nėra) procentine dalimi. χ^2 testas buvo naudojamas įvertinti aptikimo dažnio skirtumus tarp skirtingų metų.

1.5. Upinio bebro gausumo Lietuvos upėse reikšmė pusiau vandens žinduoliams

Tyrimai buvo atlikti 2012 ir 2013 metų pavasarį ir vasarą. Ištirtos 69 atkarpos įvairiose Lietuvos upėse (2 pav.). žinduolių pėdsakai buvo registruojami upės pakrantės 1 kilometro ilgio segmentuose.

Žinduolių tankis upės atkarpoje išreikštas gausumo indeksu, pėdsakų sk./ 1000 m.

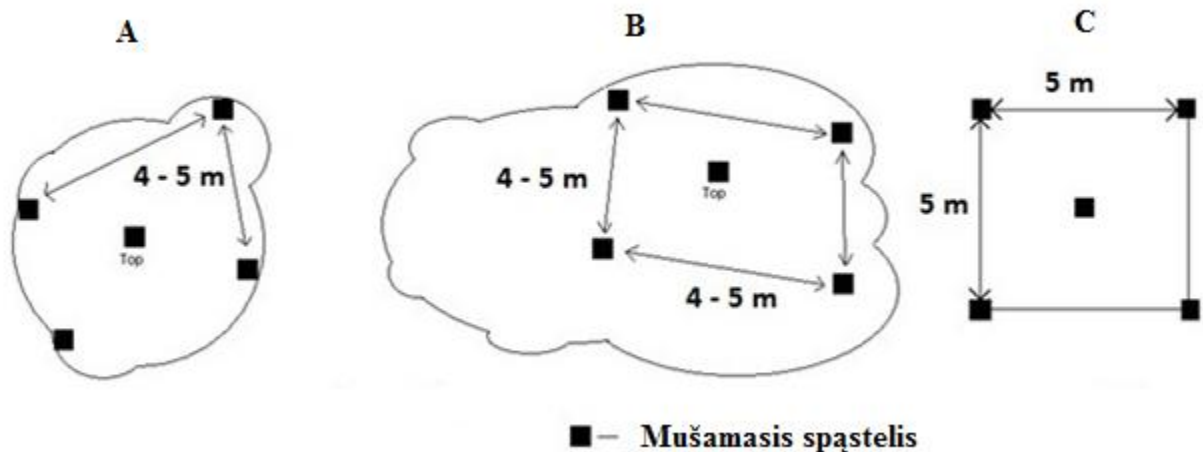
Aptikimo dažnis išreikštas aptiktų žinduolio veiklos žymių (yra/nėra) procentine dalimi. χ^2 testas buvo naudojamas įvertinti aptikimo dažnio skirtumus tarp rūšių.



2 pav. Pusiaus vandens žinduolių tyrimo tinklelis Lietuvos upėse (skaičiais nurodyta apytikslė segmento vieta, o upių pavadinimai, atitinkantys segmentų numerius, pateikti pirmame priede).

1.6. Smulkiųjų žinduolių gaudymas

Smulkieji žinduoliai ant bebrų trobelių ir kontroliniuose miškų biotopuose buvo gaudomi keturis kartus per metus, pavasarį (balandžio mėn.), vasarą (rugpjūčio mėn.), rudenį (spalio mėn.) ir žiemą (vasario mėn.), 2007-2011 metais. Kvadratų, sudarytų iš 5 spąstelių (vienas spąstelis viduryje ir keturi spąstai kvadrato kraštuose) išdėstytų 5 metrų atstumu vienas kito, metodas naudotas tyrime (3 pav.). Klasikinio, smulkiųjų žinduolių gaudymo 25 spąstelių linija, metodo pritaikymas nebuvo įmanomas dėl sąlyginai mažo bebrų trobelės ploto.



3 pav. Spąstelių išdėstymo ant bebrų trobelių (A ir B) ir kontroliniuose biotopuose (C) schema.

Tyrimo apimtis – 2700 spąstų-parų ant bebrų trobelių ir 2250 spąstų-parų kontroliniuose miškų biotopuose. Per tyrimų laikotarpį sugauti 492 smulkieji žinduoliai ant bebrų trobelių ir 238 smuklieji žinduoliai kontroliniuose biotopuose.

Sugautų smulkiųjų žinduolių skaičius buvo išreikštas standartiniu dydžiu – sugavimo efektyvumu (TS, nuo angliškos sąvokos *Trapping success*): $TS = (N_m / N_{tn}) \times 100$, kur N_m – sugautų individų skaičius, o N_{tn} – spąstų parų skaičius, kuris reiškia sugautų individų skaičių tenkanti 100 spąstų parų.

Visų smulkiųjų žinduolių gaudymo metu kaip masalas naudotas tamsios duonos plutos kubelis, kuris buvo suvilgomas nerafinuotame saulėgražų aliejuje. Spąsteliai eksponuoti tris paras ir tikrinti vieną kartą paroje. Tyrimai buvo atlikti gavus Aplinkos ministerijos leidimą (Nr. (11-)-D8-3650).

Sugauti smulkieji žinduoliai buvo identifikuojami iki rūšies lygmens. *Microtus* genties individai identifikuoti laboratorijoje po dantų morfologinės analizės (Niethammer, Krapp, 1982; Prūsaitė, 1988). Buvo nustatoma sugautų rudųjų pelėnų lytis, ir individai buvo priskiriami konkrečiai amžiaus grupei.

Shannon'o – Weaver'io įvairovės indeksas su logaritmo pagrindu 2 buvo naudojamas įvertinti smulkiųjų žinduolių įvairovę skirtinguose biotopuose bei skirtingais sezonais

(Shannon, Weaver, 1949). Neparimetriniai Mann-Whitney bei Kurskal-Wallis testai buvo naudoti vertinant sugavimo efektyvumo sezoninius ir buveinių skirtumus (Gotelli, Ellison, 2013), nes daugeliu atveju sugavimo efektyvumui nebuvo būdingas normalusis skirstinys. Normalingumas buvo tikrinamas Shapiro-Wilks'o testu.

Smulkiųjų žinduolių bendrijos struktūra buvo išreikšta rūšies dalimi (%) nuo visų sugautų individų biotope skirtingu sezonu.

Smulkiųjų žinduolių aptikimo dažnis buvo išreikštas teigiamų gaudymų dalimi nuo visų gaudymų. Teigiamas gaudymas tai toks įvykis, kuomet tiriamos rūšies individas bent kartą buvo sugautas per tris paras.

1.7. Bebrų urvų tyrimas į judesį reaguojančiomis kameromis

Tyrimui naudotos *Reconyx PC800 HyperFire Professional Semi-Covert IR* kameros. Buvo suprojektuota originali platforma, prie kurios pritvirtinta kamera buvo įstatoma bebro urve (4 pav.). Kameros platformos rėmas padarytas iš plieno, o pati kamera plastikinių juostelių pagalba pritvirtinta prie medinio pagrindo. „Plieninės kojos“ skirtos įstatyti kamerą tinkamu kampu.



4 pav. Kamera, pritvirtinta prie platformos, kuri yra paruošta įstatyti į bebro urvą (A. Ulevičiaus nuotrauka).

Tyrimui buvo ieškoma tinkamų urvų, kurių pagrindinės savybės: pakankamas lubų aukštis, kuris nekliudytų infraraudonųjų spindulių blykstės veikimui, urvas vientisas, neatkirstas nuo landos į urvą. Prieš įstatant kamerą, buvo tikrinama urvo konfigūracija – nuolydis ir išlinkis. Jei urvas buvo tinkamas, buvo atidengiamos jo lubos ir įstatoma kamera. Anga urvo lubose buvo uždengiama medžių šakomis, nuokritomis ir kitomis, urvą supančiai aplinkai būdingomis medžiagomis.

Kameros urvuose buvo eksponuojamos nuo 30 iki 117 dienų.

Šiuo metodu tirti urvai buvo priskiriami trims buveinėms: upėms – upės tėkmės greitis didesnis nei 5 m³/s; tai bebrų urvai esantys natūraliose upėse, kurioms būdingas sezoniniai vandens lygio svyravimai ir kuriose nėra bebrų užtvankų; melioracijos kanalams – dirbtinės tėkmės, kuriose srovė neviršija 0,5 m³/s; šioms buveinėms būdingas vidutinis vandens lygio svyravimas; čia taip pat pastebima intensyvi tvenkiamoji bebrų veikla; šlapynėms – pelkėta buveinė, kurią suformavo bebras.

Tyrimai atlikti šiltuoju ir šaltuoju sezonais. Šiltajam periodui priskirtas laikotarpis nuo balandžio iki spalio, tuo tarpu šaltajam – laikotarpis nuo lapkričio iki kovo.

Iš viso buvo ištirti 37 bebrų urvai. Tyrimų apimtys pateiktos 3-oje lentelėje.

3 lentelė. Tyrimų apimtys skirtingų tipų buveinėse skirtingais sezonais

Buveinė	Šiltasis sezonas		Šaltasis sezonas	
	Tirtų bebrų urvų skaičius	Efektyvių trigerių skaičius	Tirtų bebrų urvų skaičius	Efektyvių trigerių skaičius
Upė	4	102	5	1602
Melioracijos kanalas	5	447	9	1272
Šlapynė	7	875	7	2394
Viso	16	1424	21	5268

Duomenų analizei buvo įversta efektyviojo trigerio sąvoka – tai kameros aktyvacija, kuomet yra padaroma nuotrauka su kamera sužadinusiu gyvūnu. Bent viename trigerio kadre, kurių būna 3-5, turi egzistuoti galimybė identifikuoti gyvūną iki rūšies arba genties lygmens. Tuo atveju, jei gyvūnas ne identifikuojamas, trigeris priskiriamas prie ne efektyvių. Efektyvieji trigeriai buvo standartizuotas į lankymosi intensyvumą (LI) - efektyvių trigerių

skaičių tenkantį 30 dienų -, kad būtų galima įvertinti žinduolių sezoninius ir biotopinius skirtumus.

Tyrimui atrinkti tik tie efektyvieji trigeriai, kuriuose ta pati rūšis pastebima ne rečiau nei kas penkias minutes. Efektyvieji trigeriai, patenkantys į šį laiko intervalą buvo eliminuojami iš imties. Ši sąlyga įvesta siekiant išvengi duomenų iškraipymo, nes pasitaikydavo tokių atvejų, kai tos paties rūšies individai aktyvuodavo kamerą 10 kartų vos per porą minučių. Tuo tarpu būta atvejų, kuomet užfiksuojamas individas, kuris juda gilyn į urvą ir vėliau grįžta į urvo pradžia po kelių ar keliolikos minučių. Tačiau jei penkių minučių intervale buvo užfiksuojami kelių rūšių individai, intervalų sąlyga negaliodavo.

1.8. Helmintologiniai smulkiųjų žinduolių tyrimai

Rudųjų pelėnų ir geltonkaklių pelių užkrėtimas helmintais tirtas keturis kartus per metus: pavasarį, vasarą, rudenį ir žiemą, 2007-2011 metais. Tyrimų apimtis pateikta 4-oje lentelėje.

4 lentelė. Ištirtų rudųjų pelėnų ir geltonkaklių pelių skaičius bebrų paveiktuose ir kontroliniuose biotopuose skirtingais sezonais

Buveinė	Pavasaris	Vasara	Ruduo	Žiema	Iš viso
<i>Clethrionomys glareolus</i> , n					
Bebravietė	23	26	66	16	131
Miškas	22	43	80	14	159
<i>Apodemus flavicollis</i> , n					
Bebravietė	3	8	10	0	21
Miškas	12	18	46	6	82

Siekiant įvertinti smulkiųjų žinduolių užsikrėtimo helmintais parametrus, buvo atliekama žinduolių virškinamojo trakto analizė. Virškinamojo trakto turinys patalpinamas į vandenį ir reguliariai skalaujamas. Rasti helmintai buvo fiksuojami 70% etanolyje. Apvaliosios kirmėlės (nematodai) ir siurbikės (trematodai) buvo tirti laikinuose vandens-glicerino preparatuose.

Du indeksai panaudoti vvertinant užkrėstumo helmintais parametrus: vidutinis gausumas ir užsikrėtusių individų dažnis (Bush ir kt., 1997). Skirtumai analizuoti Mann-Whitney U ir χ^2 testais (patikimumo lygmuo $p < 0,05$).

Helmintų įvairovė įvertinta Shannon'o įvairovės testu su natūriniu logaritmu. Helmintų dominavimas įvertintas Berger-Parker dominavimo testu (May, 1975).

1. REZULTATAI

2.1. Upinio bebro poveikis buveinių struktūrai kraštovaizdžio ekosistemoje

Tirtoje 10 tūkst. ha teritorijoje buvo nustatytas aukštas bebraviečių tankumas, siekiantis 26,1 bebraviečių/ 1000 ha. Upinio bebro veiklos žymių pastebėta 87% šlapynių, kurių plotas sudaro daugiau nei 78% visų teritorijoje esančių šlapynių (5 lentelė). Mažiausios šlapynės, kurioje identifikuota bebrų veikla, plotas siekė 9,7 aro. Buvo nustatyta, jog bebras yra paveikęs 21% laukų ir šalia miškų esančių melioracijos kanalų. Bebrų užtvankų tankumas siekia 0,6 užtvankos į vieną melioracijos kanalo kilometrą. Bebrų patvankų dydis svyruoja nuo 2,6 iki 69 arų. Visas bebrų užtvanktas plotas melioracijos kanaluose siekia 8,91 ha.

Intensyvi bebrų veikla lemia tirtos teritorijos heterogeniškumą. Tokios buveinės, kaip šlapynės-miško bei šlapynės-pievų ekotonai, dėka bebrų veiklos gali išsilaikyti ilgą laiko tarpą nevirsdamos tik mišku arba tik pieva. Paskaičiuota, jog bebrų paveiktų ekotonų ilgis sudaro reikšmingą dalį teritorijoje. Jis viršija 40% visų teritorijoje esančių ekotonų ilgio ir yra antroje ir trečioje vietose pagal ilgį, po ilgiausio – miškų-pievų ekotono. Dėl bebrų veiklos, ekotonų įvairovė tirtoje teritorijoje siekia 1,561.

5 lentelė. Upinio bebro poveikis buveinių struktūrai tirtoje teritorijoje rytų Lietuvoje (GIS vertinimas)

Indikatorius	Dangos plotas, ha Ekotono ilgis, km	%
<i>Dangos tipas</i>		
Pievos ir kitos žemės ūkio naudmenos	6290	62,9
Miškai	2892	28,92
Kitos šlapynės	151	1,51
Kita	102	1,02
Bebrų šlapynės	565	5,65
Σ	10 000	100,0
<i>Ekotono tipas</i>		
Miškas-pieva	559,45	60
Bebrų šlapynė-pieva	134,6	14,4
Bebrų šlapynė-miškas	110,85	11,9
Kitos šlapynės-pievos	49,74	5,2
Kitos šlapynės-miškas	29,24	3
kita	29,06	3
Bebrų patvankos-pieva	17,93	1,9
Bebrų patvankos-miškas	5,62	0,6
Σ	500,6	100,0

Nustatyta, jog upinis bebras tirtoje teritorijoje teikė pirmenybę didesnėms nei 100 arų šlapynėms (10 pav.) (χ^2 testas: $df = 1, p < 0,01$). Daugiau nei 70% šlapynių, kurių dydis viršija 100 arų, yra užimtos bebrų, tuo tarpų 84% šlapynių, mažesnių nei 100 arų, yra be pastebimų bebrų veiklos žymių.

Upinio bebros poveikį buveinių struktūrai galima vertinti per bebraviečių amžiaus prizmę. Buvo nustatyta, jo senstant bebravietei keičiasi vandens telkinio užžėlimo laipsnis. Kuo jaunesnė bebravietė, tuo atviro vandens ploto bei bebravietės ploto santykis didesnis (Spearman's r_s : $p = 0,0004$).

Skirtingos bebrų patvankos pasižymi skirtinga augalijos danga. Ištyrus 15 bebrų šlapynių buvo išskirti septyni augalijos dangos tipai. Dažniausiai bebravietėse vyravo įvairiarūšės viksvų bendrijos, kurios sudarė daugiau nei 42% bebraviečių padengimo. Krūmų bei nendrių ir meldų bendrijos buvo sutinkamos 11 bebraviečių iš 15, tačiau jų užimamas plotas buvo gerokai mažesnis, nei viksvų (Mann-Whitney: $p < 0,05$). Pelkiniai miškai ir stovintys nudžiūvusių medžių stuobriai buvo būdingi elementai daugiau nei pusėje tirtų bebraviečių, tačiau jų plotas buvo taip pat mažesnis nei viksvų bendrijų (Mann-Whitney: $p < 0,05$).

Ištyrus bebros poveikį kraštovaizdžiui *ex situ* metodu ir pritaikius korekcijas, kurios aptartos 1.3.1. bei 1.3.2. skyreliuose, buvo nustatyta, jog upinis bebras gali būti paveikęs nuo 9 iki 12,5% tyrimų teritorijos (6 lentelė). Reikšmingą dalį bebrų paveikto ploto užima miškai, kurie sudaro nuo 15 iki 38% visos paveiktos teritorijos.

6 lentelė. Upinio bebros poveikis kraštovaizdyje išmatuotas pritaikius tik *ex situ* bei *ex situ* su korekcija metodus

Rodiklis	Tik <i>ex situ</i>	<i>Ex situ</i> su pritaikytomis korekcijomis
Bebrų šlapynių plotas, km ²	5,65	7,59
Upinio bebrų paveikto miško plotas, km ²	?	1,34-4,72
Bebrų patvankų plotas, km ²	0,1	0,12
Suminis upinio bebros poveikis kraštovaizdžiui, km²	5,75	9,05-12,43

2.1. Upinio bebro paveiktų buveinių reikšmė įvairių ekologinių grupių žinduolių įvairovei, gausumui, pasiskirstymui ir bendrijos struktūrai kalvotame moreniniame kraštovaizdyje

2.1.1. Upinio bebro paveikto kraštovaizdžio reikšmė įvairių ekologinių grupių žinduoliams

Per tyrimų laikotarpį buvo identifikuoti pėdsakai, priklausantys 13 žinduolių taksonams (7 lentelė). Žinduolių gausumo indeksas skirtingose buveinėse buvo nevienodas (Kruskal-Wallis: $p < 0.001$). Didžiausias žinduolių gausumo indeksas buvo užregistruotas bebrų šlapynėse (SG=3,38 pėds./100 m), o mažiausias – pievų buveinėje (SG=1,83 pėds./100 m).

Visuose tirtuose bareliuose bei skirtinguose biotopuose didžiausiu gausumo indeksu pasižymėjo stirna (*Capreolus capreolus*), rudoji lapė (*Vulpes vulpes*) bei pilkasis kiškis (*Lepus europeus*). Išanalizavus visų žinduolių rūšių gausumo indekso skirtumus tarp buveinių paaiškėjo, jog vienintelės stirnos santykinis gausumo indeksas reikšmingai skyrėsi (Kruskal-Wallis: $p = 0.03$). Pritaikius *post hoc* analizę stirnos gausumo indeksas pievose reikšmingai skyrėsi nuo gausumo indekso bebrų šlapynėse ir miško buveinėse (Mann-Whitney: $p < 0.05$). Tuo tarpu gausumo indekso skirtumai tarp bebrų šlapynių, miško ir mozaikiškų buveinių nebuvo statistiškai patikimi.

Ne visuose tirtuose bareliuose buvo registruota bebrų veikla. Buvo pastebėta, jog bareliuose, kuriuose stebima bebrų veikla (n=48), žinduolių vidutinis gausumo indeksas buvo didesnis nei bareliuose be bebrų (n=9), tačiau skirtumai nebuvo statistiškai patikimi (t test: $p = 0.08$). Taip pat nebuvo aptikta ir skirtingų žinduolių rūšių vidutinio gausumo indekso skirtumų tarp tyrimų barelių su ir be bebrų veikla.

7 lentelė. Žinduolių vidutinis gausumo indeksas (pėds. sk./ 100 m) ir standartinis nuokrypis (SG±SN) visuose tyrimų bareliuose ir skirtingose buveinėse

Rūšis	Barelis	Bebrų šlapynė	Miškas	Pieva	Mozaikiška buveinė
	n=57	n=13	n=31	n=32	n=10
<i>Capreolus capreolus</i>	0.88 ± 0.89	1.12 ± 1.49	1.15 ± 1.05	0.45 ± 0.58	0.9 ± 1.2
<i>Vulpes vulpes</i>	0.44 ± 0.37	1 ± 1.17	0.44 ± 0.57	0.52 ± 0.54	0.37 ± 0.30
<i>Lepus europaeus</i>	0.3 ± 0.41	0.3 ± 0.57	0.3 ± 0.47	0.53 ± 0.71	0.22 ± 0.26
<i>Sus scrofa</i>	0.15 ± 0.29	0.01 ± 0.04	0.39 ± 0.79	0.06 ± 0.22	0.01 ± 0.02
<i>Martes spp.</i>	0.15 ± 0.26	0.35 ± 0.75	0.32 ± 0.43	0.05 ± 0.18	0.12 ± 0.19
<i>Mustela spp.</i>	0.12 ± 0.29	0.09 ± 0.3	0.02 ± 0.09	0.13 ± 0.38	0.1 ± 0.2
<i>Alces alces</i>	0.1 ± 0.32	0.36 ± 1.17	0.06 ± 0.15	0.06 ± 0.16	0.24 ± 0.67
<i>Cervus elaphus</i>	0.04 ± 0.16	0.03 ± 0.07	0.04 ± 0.13	0	0.12 ± 0.35
<i>Sciurus vulgaris</i>	0.03 ± 0.016	0	0.06 ± 0.22	0	0
<i>Nyctereotes procyonoides</i>	0.02 ± 0.06	0	0.04 ± 0.13	0.004 ± 0.02	0.04 ± 0.11
<i>Neovison vison</i>	0.02 ± 0.05	0.03 ± 0.08	0.01 ± 0.02	0.02 ± 0.09	0.05 ± 0.09
<i>Lutra lutra</i>	0.01 ± 0.04	0	0	0.004 ± 0.02	0
<i>Mustela putorius</i>	0.001 ± 0.02	0	0.01 ± 0.05	0	0
Iš viso:	2.99 ± 2.49	3.38 ± 2.41	2.85 ± 1.52	1.83 ± 1.08	2.16 ± 1.29
Shannon'o įvairovė	2.7	2.351	2.551	2.378	2.581
Ekologinės grupės					
Kanopiniai	1.17 ± 0.95	1.61 ± 1.88	1.64 ± 1.28	0.58 ± 0.67	1.27 ± 1.26
Plėšrūnai	0.76 ± 0.59	1.46 ± 1.64	0.85 ± 0.82	0.72 ± 0.67	0.68 ± 0.48

Ištyrus bebrų šlapynės ploto ir visų žinduolių bei atskirų jų rūšių gausumo indekso barelyje koreliaciją nebuvo nustatyta tiesioginio ryšio tarp bebrų sukurtos ir palaikomos šlapynės ploto ir gausumo indekso. Taip pat nebuvo aptikta tiesioginio ryšio tarp bebrų šlapynės supančio ekotono ilgio ir visų žinduolių bei atskirų jų rūšių gausumo indekso.

Aktyvi bebrų inžinerinė veikla teritorijoje didina kraštovaizdžio heterogeniškumą, tuo pačiu ir kraštovaizdyje esančių buveinių įvairovę. Buvo pastebėta, jog didėjant kraštovaizdžio įvairovės indeksui tyrimų barelyje, visų žinduolių gausumo indeksas barelyje didėja. Nors šis didėjimas ir nėra statistiškai patikimas, tačiau artimas reikšmingam lygmeniui (Pearson'o koreliacija: $p = 0,1$). Tuo tarpu statistiškai reikšmingas ryšys tarp didėjančios kraštovaizdžio įvairovės ir gausumo indekso buvo aptiktas stirnai (Pearson'o koreliacija: $p = 0,03$).

2.2.2. Pusiau vandens žinduolių santykinis gausumas ir aptikimo dažnis bebrų paveiktose upėse

Ištirus 69 įvairių Lietuvos upių atkarpas visose jose buvo aptikta upinio bebro veiklos žymių. Be to, upinis bebras pasižymėjo didžiausiu gausumo indeksu (GI), kuris siekė 11,6 pėdsako į vieną kilometrą. Be upinio bebro upėse taip pat buvo rasta ūdros, kanadinės audinės, ondatros ir vandeninio pelėno buvimo ženklų (pėdsakų, ekskrementų). Tačiau, kitaip nei upinio bebro, pastarųjų žinduolių gausumo indeksai ir aptikimo dažniai (AD) buvo mažesni. Vietinės rūšys, ūdrą (GI=2,4; AD=66%) ir vandeninis pelėnas (GI=2,7; AD=50%), buvo gausesnės ir dažniau sutinkamos tirtose upių atkarpose, nei invazinės – kanadinė audinė (GI=1,2; AD=25%) ir ondatra (GI=0,5; AD=19%).

Ūdros, vandeninio pelėno, kanadinės audinės ir ondatros aptikimo dažnis priklausė nuo upinio bebro santykinio gausumo indekso upės atkarpoje (8 lentelė). Visose upių atkarpose, kuriose buvo aptikta pusiau vandens žinduolių veiklos žymių, upinio bebro gausumo indeksas buvo didesni, nei tose, kur kitų pusiau vandens žinduolių veiklos žymių nebuvo aptikta, tačiau patikimi skirtumai buvo rasti tik kanadinės audinės (*t* testas: $p = 0,046$) ir ondatros atvejais (*t* testas: $p = 0,01$).

8 lentelė. Upinio bebro gausumo indekso (GI) ir kitų pusiau vandens žinduolių aptikimo ryšys tirtose upių atkarpose (+ - rasta veiklos žymių, - - nerasta veiklos žymių, n – upių atkarpų skaičius, kuriose buvo pastebėta arba nepastebėta pusiau vandens žinduolių veiklos žymių)

Rodiklis	<i>Lutra lutra</i>		<i>Neovison vison</i>		<i>Ondatra zibethicus</i>		<i>Arvicola terrestris</i>	
	+	-	+	-	+	-	+	-
n, upių atkarpų skaičius	46	23	17	52	13	56	35	34
Vidutinis upinio bebro GI upės atkarpoje	16	12,55	20,33	13,43	20,15	12,76	15,17	14,21
Standartinis nuokrypis	9,77	8,77	10,56	8,87	12,36	7,55	8,57	10,27
<i>t</i> testas, <i>p</i>	0,21		0,046		0,01		0,71	

Tuo tarpu nebuvo aptikta tiesioginio ryšio tarp bebrų kitų pusiau vandens žinduolių gausumo indeksų dydžio tirtose upių atkarpose. Nors ir esant didesniai upinio bebro gausumo indeksui buvo registruoti didesni ūdros, kanadinės audinės, ondatros ir vandeninio pelėno gausumo indeksai upės atkarpoje, tačiau koreliacija nebuvo statistiškai patikima.

2.3. Bebrų statinių (bebrų urvų ir trobelių) reikšmė plėšriesiems, pusiau vandens ir smulkiesiems žinduoliams

2.3.1. Bebrų urvų reikšmė skirtingų ekologinių grupių žinduoliams

Žinduoliai priklausantys 17 rūšių (arba taksonų) buvo užregistruoti bebrų urvuose į judesį reaguojančiomis kameromis (9 lentelė). Rudasis pelėnas (LI=41,73) buvo absoliutus dominantas tarp visų užregistruotų rūšių. Tuo tarpu kanadinė audinė (LI=1,7) savo lankymosi skaičiumi buvo dažniausia iš užregistruotų plėšrūnų. Būtina paminėti, jog upinis bebras buvo retai registruojamas urvuose (LI=0,1). Tai galėtų reikšti, jog tirti bebrų urvai nebuvo lizdiniai.

Tam, kad būtų užregistruotos visos žinduolių rūšys/taksonai besilankančios bebrų urvuose, prireikė apie 40 dienų. Per pirmas dvi savaites po foto kameros įstatymo į bebro urvą buvo užregistruojama apie 75% rūšių, per likusias dienas – vos

9 lentelė. Žinduolių lankymosi intensyvumas (efektyvių trigerių skaičius/30 dienų) bei aptikimo dažnis (%) bebrų urvuose (visi bebrų urvai, n=37, esantys skirtingose buveinėse ir tirti skirtingais sezonais apjungti bendrai)

Rūšis (taksonas)	Vidutinis efektyvių trigerių skaičius/30 d.	Aptikimi dažnis, %		
Smulkieji žinduoliai				
<i>Clethrionomys glareolus</i>	41,73	Kruskal-Wallis: $p < 0.0001$	100	χ^2 : $df = 5$ $p < 0.0001$
<i>Soricidae</i>	15.20		84	
<i>Apodemus flavicollis</i>	4.66		84	
<i>Apodemus agrarius</i>	2.09		14	
<i>Microtus spp.</i>	0.14		5	
<i>Arvicola terrestris</i>	0.01		3	
Plėšrūnai				
<i>Neovison vison</i>	1.70	Kruskal-Wallis: $p < 0.0001$	73	χ^2 : $df = 7$ $p < 0.0001$
<i>Martes spp.</i>	0.64		32	
<i>Lutra lutra</i>	0.39		30	
<i>Mustela putorius</i>	0.29		24	
<i>Nyctereutes procyonoides</i>	0.18		14	
<i>Mustela spp.</i>	0.07		11	
<i>Meles meles</i>	0.04		8	
<i>Vulpes vulpes</i>	0.04		5	
Kitos rūšys				
<i>Ondatra zibethicus</i>	0.01		3	
<i>Castor fiber</i>	0.01		3	
<i>Sciurus vulgaris</i>	0.01		3	
<i>Talpa europaea</i>	0.01		3	

9 lentelės tęsinys

Žinduolių ekologinės grupės				
Smulkieji žinduoliai	63.93	Mann-Whitney: $p < 0.0001$	100	χ^2 : $df = 1$ $p = 0.01$
Plėšrūnai	3.35		84	

Išanalizavus žinduolių lankymosi aktyvumą bebrų urvuose esančiuose skirtingose buveinėse, buveinių įtakos tiek skirtingų žinduolių rūšių, tiek ekologinių žinduolių grupių efektyvių triggerių skaičiui nebuvo rasta. Nors žinduolių vidutinis lankymosi intensyvumas buvo didesnis bebrų urvuose, esančiuose upėse ir šlapynėse, nei urvuose, esančiuose melioracijos kanaluose, tačiau skirtumai nebuvo statistiškai patikimi (Kruskal-Wallis: $p = 0,45$). Rudasis pelėnas buvo aktyviausiai besilankantis žinduolis visų tipų buveinėse esančiuose bebrų urvuose. Nors jo vidutinis lankymosi intensyvumas buvo panašus bebrų urvuose, esančiuose upėse (54,02) ir šlapynėse (50,03), bei didesnis nei urvuose, esančiuose melioracijos kanaluose (25,53), tačiau skirtumai nebuvo statistiškai patikimi (Kruskal-Wallis: $p = 0,26$).

Atliekant biotopų įtakos žinduolių lankymosi intensyvumui analizę, imtis buvo sudaryta neatsižvelgiant į tai, koku sezonu buvo atliekami tyrimai. Toks sprendimas buvo priimtas siekiant padidinti imtis, nors ateityje žinduolių lankymosi intensyvumo skirtumai tarp buveinių turėtų būti analizuojami atskiriant šiltąjį sezoną nuo šalčio.

Tiek atskirų žinduolių rūšių, tiek žinduolių ekologinių grupių sezoniniai lankymosi intensyvumo bebrų urvuose skirtumai buvo stipriau išreikšti, nei skirtumai tarp urvų, esančių skirtingo tipo buveinėse (10 lentelė). Tyrimas atskleidė, kad beveik visų rūšių žinduoliai bebrų urvuose lankėsi intensyviau šaltuoju periodu, nei šiltuoju. Tačiau statistiškai patikimi skirtumai tarp sezonų buvo aptikti tik kirstukinių žinduolių šeimai (Mann-Whitney, $p = 0,009$). Tuo tarpu rudojo pelėno sezoniniai lankymosi intensyvumo skirtumai buvo arti statistiškai patikimo lygmens (Mann-Whitney, $p = 0,1$). Priešingai nei didžioji dalis žinduolių, geltonkablė pelė bebrų urvuose buvo aktyvesne šiltuoju periodu (6,76) lyginant su šaltuoju (3,06), tačiau sezoniniai skirtumai nebuvo statistiškai patikimi (Mann-Whitney, $p = 0,11$).

Paėmus bendrai, visų smulkiųjų žinduolių lankymosi intensyvumas šaltuoju sezonu (84,35) išaugo lyginant su šiltuoju (36,86) (Mann-Whitney, $p = 0,007$). Panaši tendencija

stebima išanalizavus plėšrūnų lankymosi intensyvumą, tačiau skirtumai tarp sezonų nebuvo statistiškai patikimi (Mann-Whitney, $p = 0,21$).

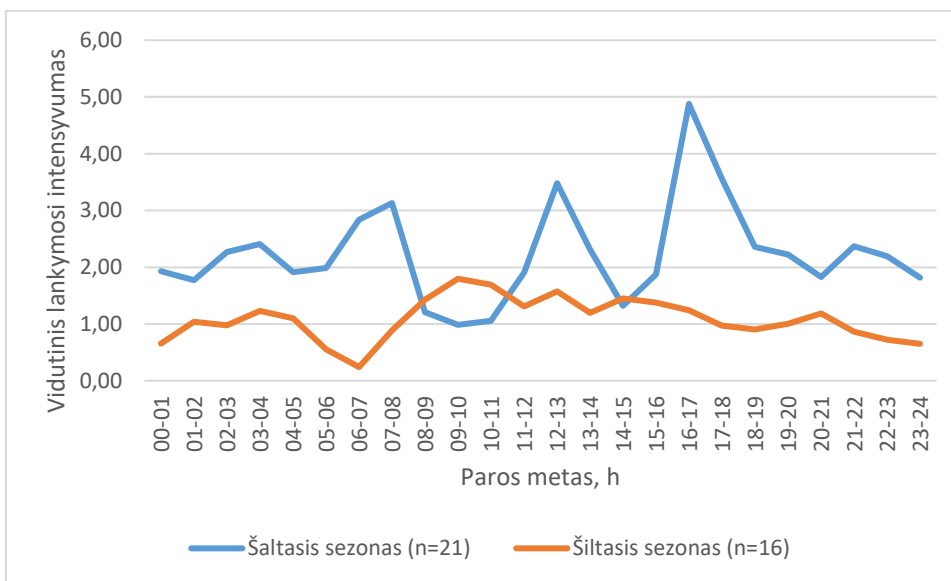
10 lentelė. Vidutinis skirtingų žinduolių rūšių bei ekologinių žinduolių grupių lankymosi intensyvumas (efektyvių trigerių skaičius/30 dienų) šiltuoju ir šaltuoju periodais bebrų urvuose (buveinės apjungtos sudarant vieną imtį)

Rūšis (taksonas)*	Vidutinis lankymosi intensyvumas, efektyvių trigerių sk./30 dienų		
	Šiltasis sezonas n=16	Šaltasis sezonas n=21	Mann-Whitney, p
<i>Clethrionomys glareolus</i>	53.35	26.48	0.1010
<i>Soricidae</i>	24.20	3.38	0.0092
<i>Apodemus agrarius</i>	3.53	0.19	0.7130
<i>Apodemus flavicollis</i>	3.06	6.76	0.1109
<i>Neovison vison</i>	2.33	0.88	0.9511
<i>Martes spp.</i>	0.95	0.22	0.6347
<i>Lutra lutra</i>	0.56	0.17	0.4254
<i>Mustela putorius</i>	0.42	0.12	0.1253
<i>Microtus spp.</i>	0.21	0.06	0.9633
<i>Nyctereutes procyonoides</i>	0.18	0.19	0.6902
Ekologinės grupės:			
Small mammals	84.35	36.86	0.0073
Carnivores	4.26	1.39	0.2144

* tik rūšys ir taksonai, kurių vidutinis lankymosi intensyvumas didesnis nei 0,1 efektyvių trigerių sk./30 dienų

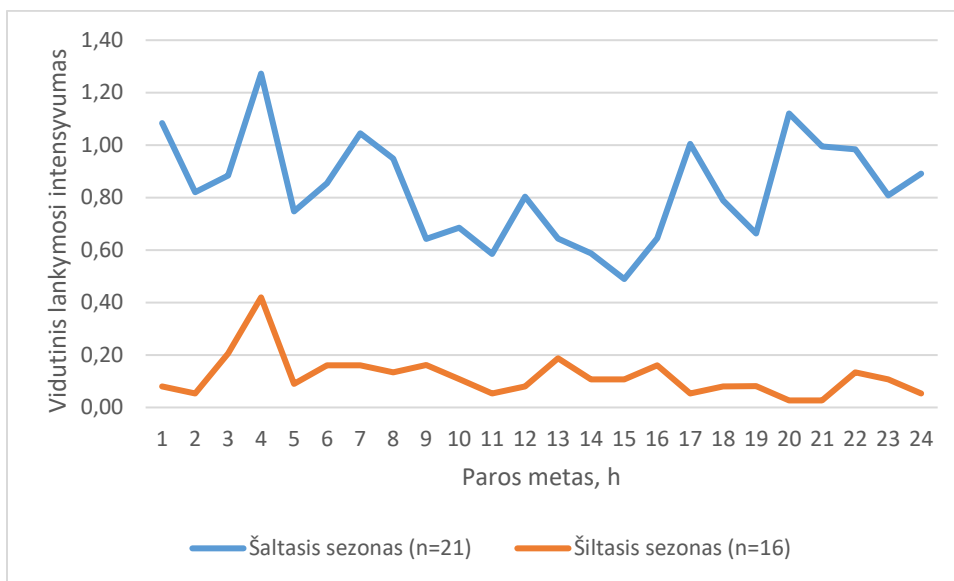
2.3.2. Dažniausiai bebrų urvuose besilankančių žinduolių paros aktyvumas

Buvo pastebėta, jog rudasis pelėnas bebrų urvuose buvo aktyvus visos paros bėgyje tiek šiltuoju, tiek šaltuoju periodu (5 pav.). Tačiau rudasis pelėnas bebrų urvuose aktyvesnis buvo šaltuoju sezonu nei šiltuoju (Wilcoxon: $p < 0.001$). Skirtumai tarp sezonų atsiranda dėl šviesiojo paros meto pradžios, pabaigos ir trukmės. Buvo pastebėta, jog paros bėgyje, tiek šiltuoju, tiek šaltuoju sezonais, egzistuoja trys rudojo pelėno aktyvumo pikai: 2-3 valandos prieš saulėtekį, 2-3 valandos po saulėtekio ir 2-3 valandos po saulėlydžio. Tamsiuoju paros metu tiek šaltuoju, tiek šiltuoju sezonais aktyvumo pikų trukmė sutampa, tačiau šviesiu paros metu – aktyvumas šiltuoju sezonu yra ilgesnis, nei šaltuoju. Šiuos skirtumus lemia jau minėta šviesiojo paros periodo trukmė.



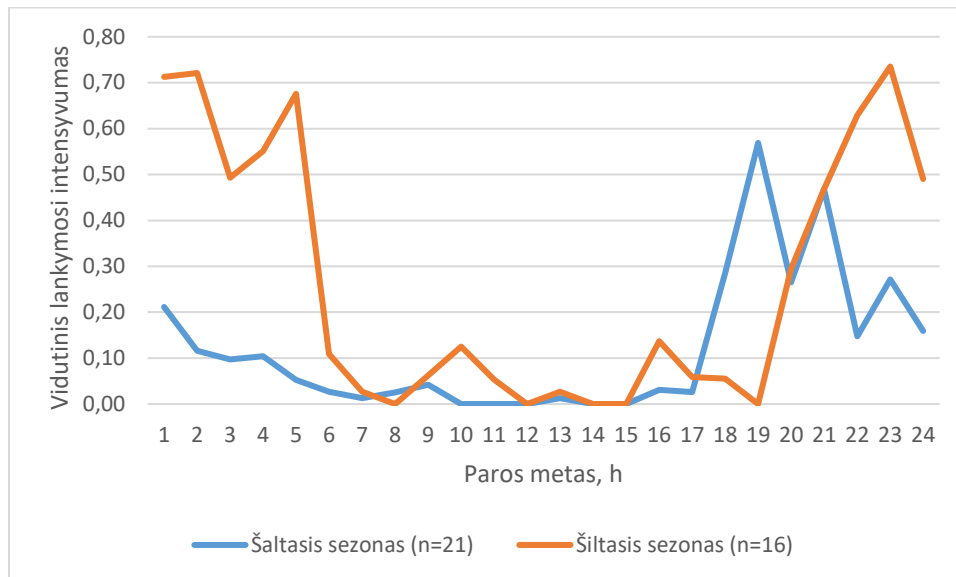
5 pav. Rudojo pelėno paros aktyvumas bebrų urvuose šiltuoju ir šaltuoju periodais (buveinės neišskirtos).

Kaip ir rudieji pelėnai, kirstukai buvo aktyvūs visos paros bėgyje (6 pav.), tačiau išreikštų aktyvumo pikų pastebėta nebuvo. Kirstukų aktyvumas paros bėgyje šaltuoju sezonu buvo didesnis nei šiltuoju (Wilcoxon: $p < 0.001$). Išanalizavus kirstukų aktyvumą paros bėgyje buvo pastebėta, jog pastarieji žinduoliai aktyvesni bebrų urvuose tamsiuoju paros metu nei šviesiuoju, tačiau šie skirtumai nebuvo statistiškai patikimi (Fisher's χ^2 test: $df = 1$, $p = 0.28$).



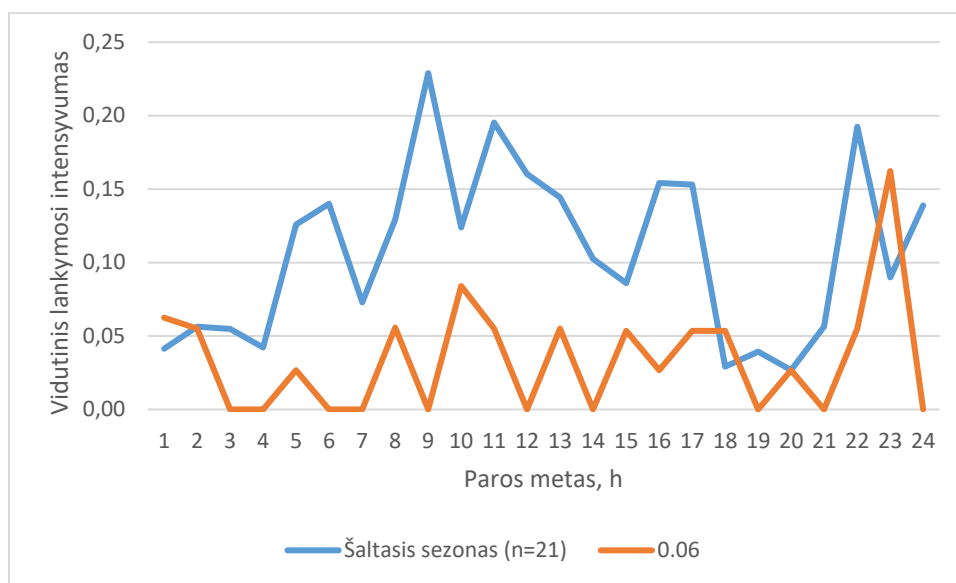
6 pav. KIRSTUKŲ PAROS AKTYVUMAS BEBRŲ URVUOSE ŠILTUOJU IR ŠALTUOJU PERIODAIS (BUVEINĖS NEIŠSKIRTOS).

Geltonkaklė pelė bebrų urvuose buvo aktyvi tik tamsioju paros (7 pav.). Lyginant sezonus nustatyta, jog šiltuoju sezonu jos aktyvumas buvo didesnis nei šaltuoju (Wilcoxon: $p = 0.005$). Analizuojant šios rūšies sezoninį paros aktyvumą buvo pastebėta, kad šiltuoju periodu geltonkaklė pelė aktyvi visą naktį, o žiemą – ji aktyvi tik iki vidurnakčio. Tačiau šie skirtumai nebuvo statistiškai patikimi (Fisher's χ^2 test: $df = 2, p = 1$).



7 pav. Geltonkaklės pelės paros aktyvumas bebrų urvuose šiltuoju ir šaltuoju periodais (buveinės neišskirtos).

Kanadinė audinė bebrų urvuose buvo aktyvi visą parą tiek šiltuoju, tiek šaltuoju periodais, tačiau jos aktyvumas buvo didesnis šaltuoju periodu (Wilcoxon: $p < 0.001$) (8 pav.). Kanadinės audinės aktyvumas dieną buvo panašus kaip ir naktį tiek šiltuoju, tiek šaltuoju sezonais.



8 pav. Kanadinės audinės paros aktyvumas bebrų urvuose šiltuoju ir šaltuoju periodais (buveinės neišskirtos).

2.4. Žinduoliai bebrų trobelėse

2.4.1. Kanadinės audinės ant bebrų trobelių

Kandinės audinės lankymasis ant bebrų trobelių buvo tirtas vasario mėnesį registruojant šios rūšies veiklos žymes – pėdsakus ir ekskrementus. Išanalizavus daugiametę kanadinės audinės lankymosi dinamiką buvo pastebėta, jog skirtingais metas jos aptikimo dažnis nebuvo vienodas, o skirtumai tarp metų buvo statistiškai patikimi (χ^2 testas: $df = 4$, $p < 0,0001$) (11 lentelė). Pavyzdžiui 2011 metais, kanadinės audinės buvo retos bebravietėse, o jų aptikimo dažnis tesiekė 2,7 %, tuo tarpu po dviejų metų, 2013 m., jų veiklos žymių buvo rasta net 75 % tirtų bebrų trobelių.

11 lentelė. Kanadinės audinės aptikimo dažnis (%) ant bebrų trobelių periferinėse bebravietėse Molėtų rajone 2009-2013 metais

Rodiklis	Metai					χ^2 testas
	2009	2010	2011	2013	2014	
Tirtų bebraviečių skaičius	35	34	37	40	25	$\chi^2 = 46.449$ $df = 4$ $p < 0.0001$
Bebraviečių, kuriose buvo aptikta kanadinės audinės veiklos žymių, skaičius	12	14	1	30	8	
Aptikimo dažnis, %	34,3	41,2	2,7	75,0	32,0	

2.4.2. Smulkieji žinduoliai ant bebrų trobelių

Per tyrimų laikotarpį ant bebrų trobelių buvo sugauta smulkiųjų žinduolių priklausančių 11 rūšių (12 lentelė). Tuo tarpu kontroliniuose miškų biotopuose – 5 žinduolių rūšims. Tiek ant bebrų trobelių, tiek miškuose visais tirtais sezonais rudasis pelėnas pasižymėjo didžiausiu sugavimo efektyvumu. Ant bebrų trobelių paprastasis kirstukas ir geltonkaklė pelė buvo atitinkamai antroje ir trečioje vietose pagal sugavimo efektyvumą, tuo tarpu miške antra pagal sugavimo efektyvumą buvo geltonkaklė pelė, o paprastasis kirstukas – trečias.

Rudasis pelėnas, geltonkaklė pelė ir paprastasis kirstukas tirtuose biotopuose išsiskyrė ne tik didesniu sugavimo efektyvumu nei kitos rūšys, tačiau jų aptikimo dažnis buvo didžiausias. Nors ant bebrų trobelių neretai buvo sugaunamas ir pievinis pelėnas (*Microtus agrestis*), tačiau didelis šios rūšies sugavimo efektyvumas nebuvo užregistruotas. Likusių rūšių tiek sugavimo efektyvumas, tiek aptikimo dažnis buvo žemi tirtuose biotopuose.

Visais tirtais sezonais smulkiųjų žinduolių bendrijos sugavimo efektyvumas buvo didesnis ant bebrų trobelių nei miške, tačiau patikimi skirtumai rasti buvo tik rudenį (Mann-Whitney testas: $p = 0,0001$). Tiek rudojo pelėno, tiek paprastojo kirstuko sugavimo efektyvumas ant bebrų trobelių buvo didesnis nei miške visais tirtais sezonais (18 lentelė). Patikimi rudojo pelėno sugavimo efektyvumo skirtumai tarp buveinių užregistruoti tik rudenį (Mann-Whitney testas: $p < 0,0001$), tuo tarpu paprastojo kirstuko – vasarą (Mann-Whitney testas: $p = 0,002$), rudenį (Mann-Whitney testas: $p = 0,005$) ir žiemą (Mann-Whitney testas: $p = 0,001$). Geltonkaklės pelės sugavimo efektyvumas visais tirtais sezonais buvo didesnis miške nei ant bebrų trobelių, tačiau patikimas skirtumas užregistruotas tik rudenį (Mann-Whitney testas: $p = 0,02$). Būtina pažymėti, jog nei viena geltonkaklė pelė nebuvo sugauta ant bebrų trobelių žiemą, tačiau ir miške jos sugavimo efektyvumas buvo mažesnis nei bet kuriuo kitu sezonu.

Išanalizavus sezoninį skirtingų rūšių bei visos smulkiųjų žinduolių bendrijos sugavimo efektyvumo kitimą tirtose buveinėse, patikimi skirtumai buvo aptikti tik dominuojančioms rūšims – rudajam pelėnui, geltonkaklei pelei ir paprastajam kirstukui – bei visai smulkiųjų žinduolių bendrijai (visais atvejais Kurskal-Wallis testo $p < 0,01$). Visų registruotų rūšių,

išskyrus paprastąjį kirstuką ir pievinį pelėną, sugavimo efektyvumas teik ant bebrų trobelių, tiek miškuose buvo didžiausias rudenį. Tuo tarpu paprastojo kirstuko sugavimo efektyvumas ant bebrų trobelių buvo didžiausias žiemą (TS=5,71), o pievinio pelėno – vasarą (TS=2,13).

Smulkiųjų žinduolių įvairovė ant bebrų trobelių visais tirtais sezonais buvo didesnė nei miške

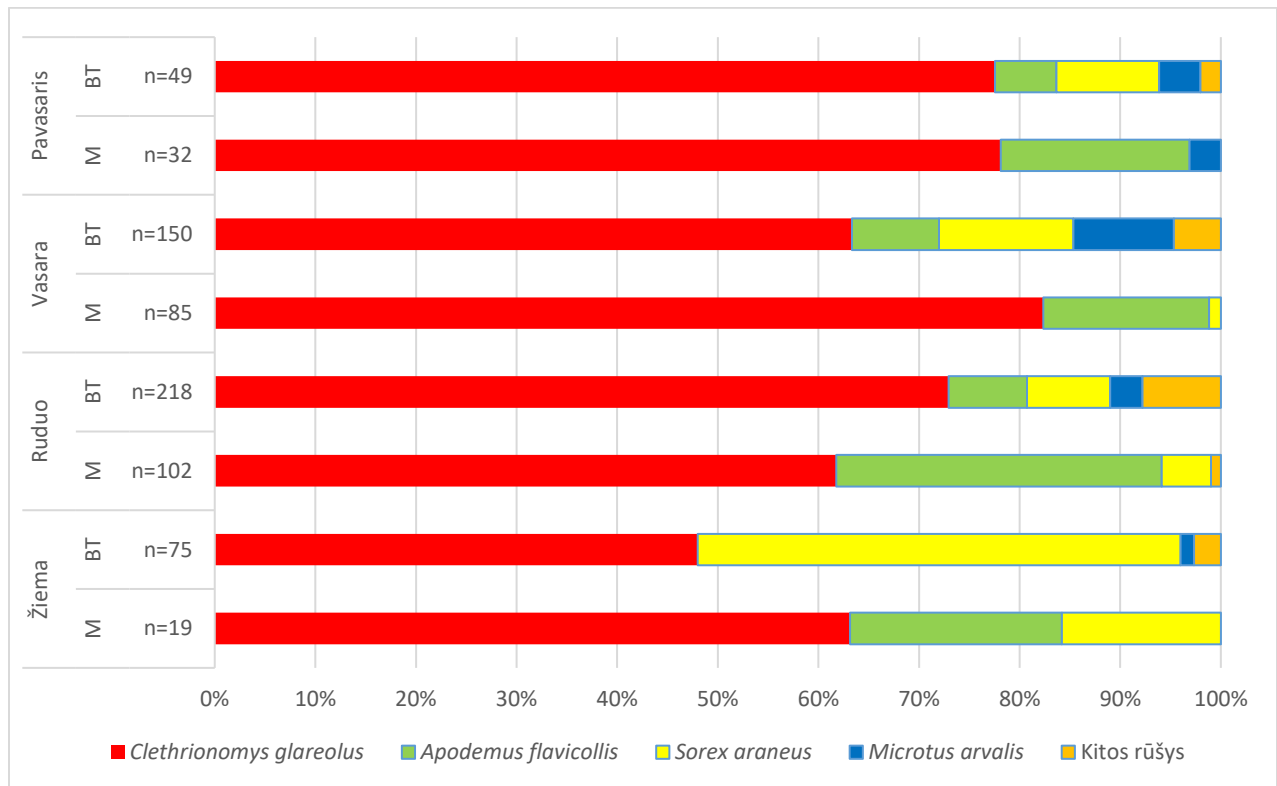
12 lentelė. Smulkiųjų žinduolių bendrijos bei atskirų rūšių sugavimo efektyvumas (TS) ir rūšių įvairovė ant bebrų trobelių ir miškuose skirtingais sezonais. Statistiškai patiki skirtumai paryškinti (Mann-Whitney testas)

Rūšis	Bebrų trobelės TS±SD vs Miškas TS±SD							
	Pavasaris		Vasara		Ruduo		Žiema	
	n=44	n=39	n=47	n=39	n=47	n=39	n=42	n=33
<i>Sorex araneus</i>	0,76±0,86	0	2,84±1,95	0,17±0,36	2,55±1,20	0,85±0,73	5,71±1,54	0,61±2,77
			p=0,002		p=0,005		p=0,001	
<i>S. minutus</i>	0	0	0		0,28±0,45	0,17±0,36	0	0
<i>Neomys fodiens</i>	0	0	0,28±0,45		0,43±0,72	0	0,16±0,15	0
<i>Apodemus flavicollis</i>	0,45±0,74	1,03±1,01	1,84±1,34	2,39±1,30	2,41±1,93	5,64±2,30	0	0,81±9,13
	p=0,30		p=0,40		p=0,02		p=0,001	
<i>A. agrarius</i>	0,15±0,33	0	0,15±0,32		0,99±1,13	0	0	0
<i>Micromys minutus</i>	0	0	0	0	0,14±0,32	0	0	0
<i>Mus musculus</i>	0	0	0,14±0,32	0	0	0	0	0
<i>Clethrionomys glareolus</i>	5,76±3,41	4,27±2,52	13,48±5,19	11,97±3,89	22,55±5,31	10,77±3,04	5,71±1,39	2,42±7,48
	p=0,95		p=0,94		p<0,0001		p=0,99	
<i>Microtus arvalis</i>	0	0	0,14±0,32	0	0,14±0,32	0	0	0
<i>M. agrestis</i>	0,3±0,67	0,17±36	2,13±2,23	0	0,99±0,92	0	0,16±0,15	0
<i>M. oeconomus</i>	0	0	0,28±0,45	0	0,43±0,72	0	0,16±0,15	0
Smulkiųjų žinduolių bendrijos TS:	7,42±3,50	5,47±2,92	21,28±6,29	15,89±4,29	30,92±6,48	17,44±3,77	11,09±4,73	3,48±2,42
	p=0,89		0,25		p=0,001		0,29	
Shannon'o įvairovės indeksas	0,809	0,616	1,213	0,511	1 066	0,855	0,879	0,81

Smulkiųjų žinduolių bendrijos sudėtis ir struktūra ant bebrų trobelių visais sezonais skyrėsi nuo užregistruotos miškuose (9 pav.). Patikimi smulkiųjų žinduolių bendrijos skirtumai buvo užregistruoti vasarą (Yates'o χ^2 - testas: $df = 4$, $p < 0,001$), rudenį (Yates'o χ^2 testas: $df = 4$, $p = 0,001$) ir žiemą (Yates'o χ^2 testas: $df = 4$, $p = 0,004$). Abiejuose tirtuose buveinėse visais tirtais sezonais rudojo pelėno dalis smulkiųjų žinduolių bendrijoje sudarė

daugiau 50 %. Tuo tarpu subdominančių rūšių dalis nebuvo pastovi. Iš tirtų sezonų reiktų išskirti žiemą, nes ant bebrų trobelių tiek rudojo pelėno, tiek paprastojo kirstuko dalis smulkiųjų žinduolių bendrijoje buvo vienoda (χ^2 testas: $df = 1, p = 1$).

Analizuojant smulkiųjų žinduolių bendrijos struktūros sezoninius skirtumus buvo pastebėta, kad ant bebrų trobelių (Yates'o χ^2 testas: $df = 12, p < 0,001$) šie skirtumai buvo didesni nei miškuose (Yates'o χ^2 testas: $df = 12, p < 0,07$). Ant bebrų trobelių smulkiųjų žinduolių bendrijos struktūra pavasario-rudens sezonais buvo panaši (Yates'o χ^2 testas: $df = 8, p < 0,07$), o skirtumus iššaukė žiemą stipriai padidėjusi paprastojo kirstuko bei sumažėjusi kitų rūšių dalis.



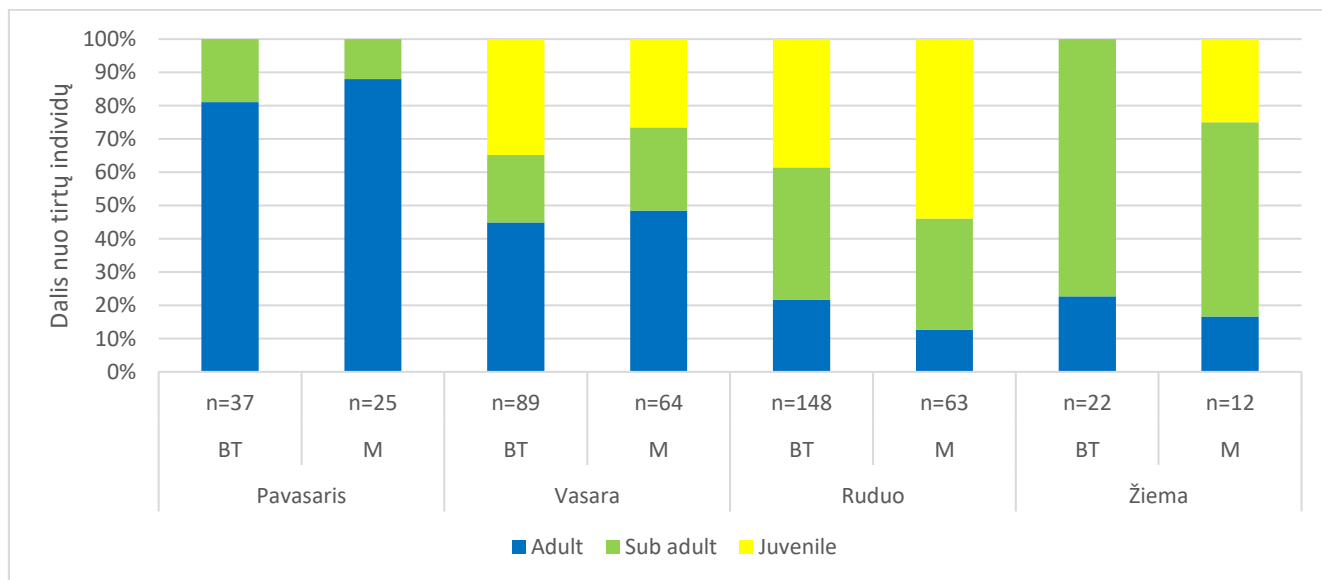
9 pav. Smulkiųjų žinduolių bendrijos struktūra ant bebrų trobelių (BT) ir miške (M) skirtingais sezonais (n – individų skaičius).

2.5. Smulkiųjų žinduolių demografiniai ir helmintologiniai parametrai bebrų transformuotose buveinėse

2.5.1. Ant bebrų trobelių sugautų rudųjų pelėnų demografiniai parametrai

Bebrų urvuose sugautų rudųjų pelėnų amžinė struktūra visais sezonais, išskyrus žiemą (χ^2 testas: $df = 2$, $p = 0,048$), buvo panaši į tų, kurie buvo sugauti miške (10 pav.). Žiemą ant bebrų trobelių nebuvo sugauta jauniklių, kai tuo tarpu jauniklių dalis miške siekė 20%.

Sezoninė rudųjų pelėnų amžiaus grupių dinamika buvo stebima tiek ant bebrų trobelių (χ^2 testas: $df = 6$, $p < 0,001$), tiek miške (χ^2 testas: $df = 6$, $p < 0,001$). Tiek ant bebrų trobelių, tiek miške lytiškai subrendusių individų dalis buvo didžiausia pavasarį ir tolygiai mažėjo iki žiemos, tuo tarpu lytiškai nesubrendusių individų dalis tolygiai didėjo.

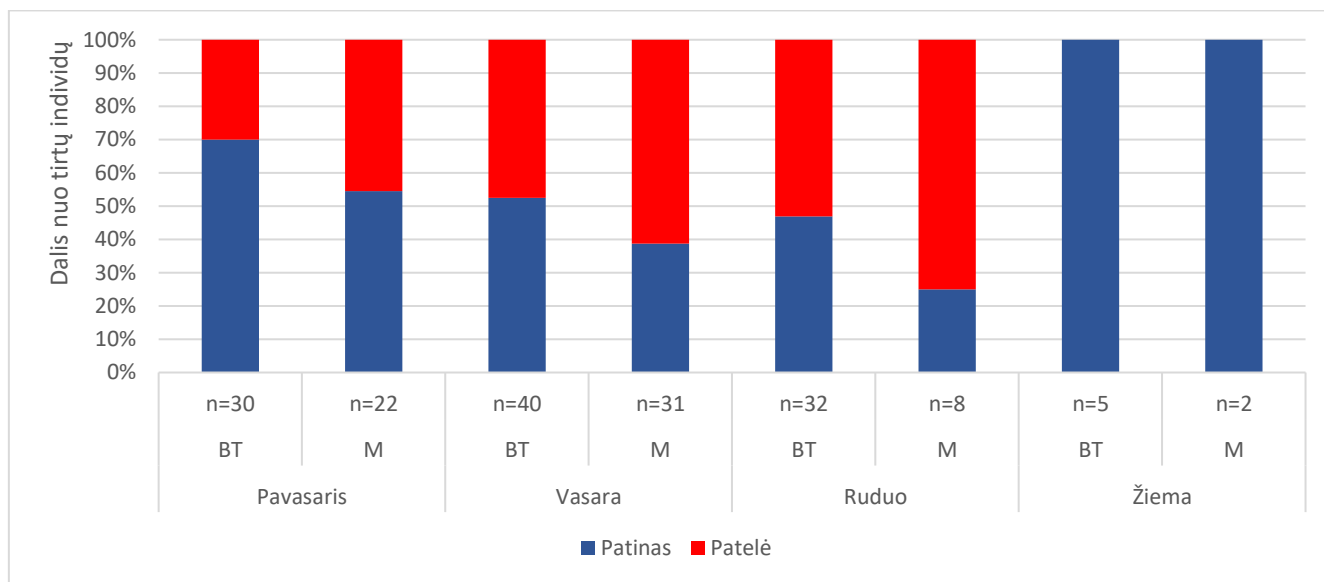


10 pav. Sezoninė rudųjų pelėnų amžinės struktūros dinamika ant bebrų trobelių (BT) ir miške (M) (n – tirtų individų skaičius).

Ant bebrų trobelių sugautų rudųjų pelėnų lyčių proporcija buvo panaši į sugautų miške. Nebuvo aptikta patikimų sezoninių lytinės struktūros pokyčių nei ant bebrų trobelių, nei miškuose. Tiek tirtose buveinėse, tiek skirtingais sezonais lyčių proporcija buvo artima santykiui 1:1.

Lytiškai subrendusių rudųjų pelėnų patinų ir patelių santykis buvo panašus ant bebrų trobelių ir miške visais tirtais sezonais (11 pav.).

Ištyrus sezoninius subrendusių individų lyčių proporcijas pokyčius skirtingose buveinėse, patikimi sezoniniai skirtumai buvo aptikti tik ant bebrų trobelių sugautų rudųjų pelėnų lytinėje struktūroje (χ^2 testas: $df = 3, p = 0,05$), tuo tarpu miške sezoniniai skirtumai nebuvo statistiškai patikimi (χ^2 testas: $df = 3, p = 0,13$). Tiek ant bebrų trobelių, tiek miške žiemą nebuvo sugauta lytiškai subrendusių patelių.



11 pav. Sezoninė lytiškai subrendusių rudųjų pelėnų lyčių santykio dinamika ant bebrų trobelių (BT) ir miške (M) (n – tirtų individų skaičius).

2.5.2. Rudujo pelėno ir geltonkaklės pelės užsikrėtimo helmintais parametrai bebrų trobelėse

Ištyrus ruduosius pelėnus ir geltonkakles peles, kurie buvo sugauti ant bebrų trobelių ir miške, nustatyta, jog 66% šių žinduolių buvo užsikrėtę helmintais. Identifikuota 10 helmintų rūšių ir 3 helmintų taksonai.

Rudieji pelėnai buvo užsikrėtę helmintais priklausančiais 8 rūšims (taksonams). Visos šių parazitų rūšys buvo aptiktos tiek ant bebrų trobelių, tiek miškuose (13 lentelė). Tuo tarpu ant bebrų trobelių sugautos geltonkaklės pelės buvo užsikrėtusios helmintais priklausančiais

7 rūšims (taksonams), o miške – 6 rūšims. Kaspinuotis *Syphacia montana* buvo rastas parazituojančias geltonkaklėse pelėse, sugautose ant bebrų trobelių.

13 lentelė. Ruduosiuose pelėnuose ir geltonkaklėse pelėse parazituojančios helmintų rūšys (taksonai) ant bebrų trobelių ir miške

Klasė	Šeima	Helmintų rūšys (taksonai)	Bebrų trobelės		Miškas	
			<i>C. glareolus</i>	<i>A. flavicollis</i>	<i>C. glareolus</i>	<i>A. flavicollis</i>
Cestoda	<i>Taeniidae</i>	<i>Hydatigera taeniaeformis</i>	+	-	+	-
		<i>Cestoda g. sp.</i>	+	+	+	+
Nematoda	<i>Capillariidae</i>	<i>Capillaria sp.</i>	+	-	+	-
	<i>Heligmosomatidae</i>	<i>Heligmosomum costellatum</i>	+	+	+	+
		<i>Heligmosomum mixtum</i>	+	+	+	+
	<i>Syphaciidae</i>	<i>Syphacia montana</i>	-	+	-	-
		<i>Syphacia petrusewiczii</i>	+	-	+	-
		<i>Syphacia stroma</i>	-	+	-	+
		<i>Syphacia sp.</i>	-	+	-	+
<i>Trichocephalidae</i>	<i>Trichocephalus muris</i>	+	-	+	-	
Trematoda	<i>Plagiorchidae</i>	<i>Plagiorchis elegans</i>	-	+	-	+
	<i>Notocotylidae</i>	<i>Notocotylus noyeri</i>	+	-	+	-
Viso helmintų rūšių:			8	7	8	6

Išanalizavus skirtingų helmintų rūšių gausmą tirtuose smulkiuosiuose žinduoliuose paaiškėjo, jog tik vienintelio helminto, *Syphacia petrusewiczii*, kuris parazituoja rudajame pelėne, vidutinis gausumas buvo ant bebrų trobelių sugautuose individuose nei individuose, kurie buvo sugauti miške (Mann-Whitney testas: ruduo, $p = 0,03$ ir žiema, $p = 0,02$). Visų kitų helmintų rūšių, tiek parazituojančių rudajame pelėne, tiek geltonkaklėje pelėje, vidutinis gausumas skirtingose buveinėse buvo panašus.

Visų helmintų rūšių, parazituojančių rudajame pelėne, vidutinis gausumas visais tirtais sezonais buvo didesnis ant bebrų trobelių nei miške, tačiau patikimi gausumo skirtumai buvo

užregistruoti tik žiemą (Mann-Whitney testas: $p = 0,049$). Geltonkaklėje pelėje parazituojančių helmintų gausumas ant bebrų trobelių buvo didesnis vasarą ir rudenį, o miške – pavasarį ir žiemą, tačiau šie skirtumai nebuvo statistiškai patikimi.

Panašūs rezultatai buvo gauti ir analizuojant užkrėstų rudųjų pelėnų ir geltonkaklių pelių dažnį skirtingų rūšių helmintais (14 lentelė). Buvo pastebėta, jog *Syphacia petrusewiczii* buvo dažnesnė ruduosiuose pelėnuose, sugautuose ant bebrų trobelių rudenį (χ^2 testas: $df = 1$, $p = 0,0023$), tuo tarpu užsikrėtimas kitu helmintu, *Heligmosomum mixtum*, tuo pačiu sezonu buvo didesnis individuose, sugautuose miške (χ^2 testas: $df = 1$, $p = 0,011$). Visais kitais sezonais užsikrėtimo dažnis kitomis helmintų rūšimis buvo panašus tarp individų, sugautų ant bebrų trobelių ir miške.

Bendras individų, užsikrėtusių helmintais, dažnis tiek tarp sugautų rudųjų pelėnų, tiek tarp geltonkaklių pelių buvo panašus tirtose buveinėse visais sezonais. Nors geltonkaklių pelių, kurios buvo sugautos ant bebrų trobelių, užkrėstų helmintais dažnis buvo didesnis nei sugautų miške, šie skirtumai nebuvo statistiškai patikimi.

14 lentelė. Smulkiųjų žinduolių užsikrėtusių helmintais dažnis (%) ant bebrų trobelių ir miške skirtingais sezonais (n – tirtų smulkiųjų žinduolių skaičius, BT – bebrų trobelės, M – miškas)

Helmintų rūšys (taksonai)	Buveinė	<i>Clethrionomys glareolus</i>				<i>Apodemus flavicollis</i>			
		Pavasaris n=23(BT) n=22(M)	Vasara n=26(BT) n=43(M)	Ruduo n=66(BT) n=80(M)	Žiema n=13(BT) n=14(M)	Pavasaris n=3(BT) n=12(M)	Vasara n=8(BT) n=18(M)	Ruduo n=10(BT) n=46(M)	Žiema n=0(BT) n=6(M)
<i>Capillaria</i> sp.	BT	-	-	4,5	-	-	-	-	-
	M	-	-	5,0	-	-	-	-	-
<i>Cestoda</i> g. sp.	BT	8,7	8,3	3,0	23,1	33,3	-	10,1	-
	M	9,1	20,9	8,8	7,1	33,3	5,6	6,5	-
<i>Heligmosomum mixtum</i>	BT	43,5	19,2	21,1*	77,0	66,7	12,5	30,0	-
	M	68,2	32,6	42,5*	57,1	25,0	11,1	13,0	33,3
<i>Heligmosomum costellatum</i>	BT	-	7,7	9,1	-	-	12,5	-	-
	M	-	20,9	10,0	-	-	5,6	6,5	-
<i>Hydatigera taeniaeMormis</i>	BT	4,5	-	-	-	-	-	-	-
	M	4,5	-	-	-	-	-	-	-
<i>Notocotylus noyeri</i>	BT	17,4	7,7	1,5	-	-	-	-	-
	M	18,2	2,3	1,3	-	-	-	-	-
<i>Plagiorchis elegans</i>	BT	-	-	-	-	-	25,0	-	-
	M	-	-	-	-	-	5,6	2,2	-
<i>Syphacia montana</i>	BT	-	-	-	-	-	25,0	10,1	-
	M	-	-	-	-	-	-	-	-

14 lentelės tęsinys

Helmintų rūšys (taksonai)	Buveinė	<i>Clethrionomys glareolus</i>				<i>Apodemus flavicollis</i>			
		Pavasaris n=23(BT) n=22(M)	Vasara n=26(BT) n=43(M)	Ruduo n=66(BT) n=80(M)	Žiema n=13(BT) n=14(M)	Pavasaris n=3(BT) n=12(M)	Vasara n=8(BT) n=18(M)	Ruduo n=10(BT) n=46(M)	Žiema n=0(BT) n=6(M)
<i>Syphacia petruszewiczi</i>	BT	13,0	30,8	25,6*	30,8	-	-	-	-
	M	-	14,0	6,3*	14,3	-	-	-	-
<i>Syphacia stroma</i>	BT	-	-	-	-	-	25,0	10,1	-
	M	-	-	-	-	33,3	5,6	13,0	16,7
<i>Syphacia</i> sp.	BT	-	-	-	-	33,3	-	-	-
	M	-	-	-	-	16,7	5,6	15,2	16,7
<i>Trichocephalus muris</i>	BT	4,3	-	1,5	7,7	-	-	-	-
	M	-	-	1,3	7,1	-	-	-	-
Sm. ž. užsikrėtusių helmintais dažnis	BT	73,9	61,5	60,6	76,9	100,0	75,0	50,0	-
	M	86,4	74,4	70,0	64,3	75,0	33,3	34,8	50,0

* statistškai patiki skirtumai, $p < 0,05$

Rudajame pelėne dominavo 3 rūšių helmintai, tuo tarpu geltonkaklėje pelėje – 4 rūšių. Pavasarį ir vasarą dominuojanti rūšis rudajame pelėne priklausė nuo sezono, bet ne nuo buveinės, kurioje buvo sugauti individai, tuo tarpu rudenį ir žiemą dominuojančios helmintų rūšys individuose, sugautuose skirtingose buveinėse, buvo skirtingos. Geltonkaklės pelės atveju duominuojanti helmintų rūšis priklausė tiek nuo sezono, tiek nuo buveinės. *Syphacia montana* buvo dominavo geltonkaklės pelės individuose, sugautuose ant bebrų trobelių vasarą ir rudenį, tuo tarpu *Syphacia stroma* – individuose, sugautuose vasarą ir žiemą miške.

Helmintų rūšinė įvairovė ruduosiuose pelėnuose, sugautuose ant bebrų trobelių ($H' = 1,27$; 8 helmintų rūšys), buvo šiek tiek didesnė nei sugautuose miške ($H' = 1,11$; 8 helmintų rūšys). Tuo tarpu geltonkaklėse pelėse, sugautose ant bebrų trobelių, helmintų rūšinė įvairovė buvo šiek tiek mažesnė, nei sugautose miške.

Helmintų rūšinės įvairovės indeksas tiek ruduosiuose pelėnuose, tiek geltonkaklėse pelėse nebuvo pastovus ir kito tiek sezoniškai, tiek tarp buveinių. Didžiausi helmintų rūšinės įvairovės indekso skirtumai tarp buveinių rudajame pelėne buvo užregistruoti pavasarį (ant bebrų trobelių - $H' = 1,05$, miške – $H' = 0,67$). Taip pat pavasarį ($H' = 1,05$) ant bebrų trobelių sugautuose ruduosiuose pelėnuose helmintų rūšinės įvairovės indeksas buvo didesnis, nei likusiais sezonais. Tuo tarpu miške sugautuose ruduosiuose pelėnuose didžiausias helmintų

įvairovės indeksas buvo užregistruotas rudenį ($H'= 1,31$). Geltonkablėse pelėse, sugautose ant bebrų trobelių, didžiausias helmintų įvairovės indeksas užregistruotas vasarą ($H'= 0,76$), sugautose miške – rudenį ($H'= 1,09$).

IŠVADOS

1. Upiniai bebrai reikšmingai įtakojo buveinių struktūrą rytų Lietuvos kalvotame moreniniame kraštovaizdyje sukurdami vadinamąsias bebrų šlapynes su daugeliu specifinių buveinių infrastruktūros elementų: bebrų trobelių, urvų, užtvankų, kanalų ir negyvos medienos. Bendras bebrų šlapynių plotas sudarė nuo 9,05 iki 12,43% visos tirtos teritorijos. Vidutinės bebrų šlapynių plotas buvo 3,79 ha (intervale nuo 0,09 iki 47,97 ha). Ekotonų bebrų šlapynė/miškas ir bebrų šlapynė/atviras plotas ilgiai sudarė atitinkamai 20,4 ir 23,1% visų ekotonų tirtroje teritorijoje.
2. Kiekybinio bebrų poveikio buveinių struktūrai įverčiai naudojant nuotolinius *ex situ* kartografavimo metodus buvo sumažinti lyginant su vertinimu vietovėje (*in situ*), ypač mišku apaugusiose vietose. Siekiant padidinti kiekybinio bebrų poveikio vertinimo buveinių struktūrai *ex situ* tikslumą buvo panaudotas korekcijos koeficientas 1,2, gautas atlikus matavimą *in situ* ir juos palyginus su *ex situ* matavimo duomenimis.
3. Tyrimų teritorijoje stambių bei vidutinio dydžio žinduolių gausumo indeksai (GI) ir įvairovė bebrų transformuotose buveinėse buvo panašūs kaip ir kitose buveinėse. *Capreolus capreolus* (GI=1,12) ir *Vulpes vulpes* (GI=1,15), tipinių fragmentuoto kraštovaizdžio rūšių, gausumo indeksai buvo didžiausi bebrų šlapynėse. Bendras vidutinis visų žinduolių rūšių gausumo indeksas bebrų transformuotose buveinėse (GI=3.38) buvo didesnis nei kitose buveinėse, tačiau patiki skirtumai buvo užregistruoti tik tarp bebraviečių ir atvirų buveinių (GI=1,83) bei tarp bebraviečių ir mozaikiškų buveinių (GI=2,15) (atitinkamai Mann-Whitney testas: $p<0,001$ ir $p=0,001$). Įvertinta žinduolių bendrijos rūšinė įvairovė bebravietėse ($H'=2,351$) buvo panaši į įvertintą miške ($H'=2,551$), atviroje buveinėje ($H'=2,378$) ir mozaikiškoje buveinėje ($H'=2,581$).
4. Septyniolikos rūšių (taksonų) žinduoliai buvo užregistruoti bebrų urvuose su judesiu jautriomis infraraudonųjų spindulių kameromis. Daugiausia bebrų urvuose užregistruota dviejų ekologinių grupių žinduolių: smulkiųjų (*Clethrionomys glareolus*, Soricidae,

Apodemus flavicollis, *A. agrarius*, *Arvicola terrestris*) ir plėšrūnų (*Neovison vison*, *Martes* spp., *Lutra lutra*, *Mustela putorius*, *Nyctereutes procyonoides*). *Clethrionomys glareolus* buvo absoliutus dominantas bebrų urvuose, kurio lankymosi intensyvumas (LI, efektyvių trigerių skaičius/30 dienų) ir aptikimo dažnis (AD, %) buvo didžiausi (LI=41,73; AD=100%). *Neovison vison* dominavo tarp plėšrūnų (LI=1,7; FO=84%). Kai kurių žinduolių (*Mustela* spp., *Meles meles*, *Vulpes vulpes*, *Ondatra zibethicus*, *Talpa europaea*, *Sciurus vulgaris*, and *Castor fiber*) lankymosi intensyvumas bebrų urvuose buvo labai žemas (LI<0,01). Smulkiųjų žinduolių lankymosi intensyvumas bebrų urvuose buvo didesnis šaltuoju metų laikotarpiu (lapkričio-kovo mėn.) nei šiltuoju (birželio-rugsėjo mėn.) (Mann-Whitney: testas: $df=35$, $p=0,007$).

5. Žinduolių lankymosi intensyvumas skirtingose buveinėse esančiuose bebrų urvuose buvo panašus. Tuo tarpu sezonų įtaka žinduolių lankymosi intensyvumui buvo reikšminga: smulkiesiems žinduoliams (Mann-Whitney testas: $df=35$, $p=0,007$), o ypač kirstukams (Mann-Whitney testas: $df=35$, $p=0,009$). Dažniausiai bebrų urvuose besilankančių žinduolių (*Clethrionomys glareolus*, *Sorex* spp., *Apodemus flavicollis* and *Neovison vison*) paros aktyvumas yra įtakojamas sezonų: žiemą išvardintų rūšių aktyvumas paros bėgyje didesnis nei vasarą.
6. Vienuolikos rūšių smulkieji žinduoliai buvo sugauti mušamaisiais spąsteliais ant bebrų trobelių. Pagal sugavimo efektyvumą (SE) *Clethrionomys glareolus* buvo dominuojanti rūšis (SE=47,5 ind./100 spąstų parų), o *Sorex araneus* ir *Apodemus flavicollis* – subdominantai (atitinkamai SE=11,86 ir SE=4,7). Penkių rūšių smulkieji žinduoliai buvo sugauti miške, dominavo *Clethrionomys glareolus* (SE=29,43), o *Apodemus flavicollis* buvo subdominantas (SE=9,87). Smulkiųjų žinduolių sugavimo efektyvumas ant bebrų trobelių visais sezonais buvo didesnis nei miške, tačiau patiki skirtumai buvo užregistruoti tik rudenį (Mann-Whitney testas: $p<0,05$). Smulkiųjų žinduolių, sugautų ant bebrų trobelių, rūšinė įvairovė visais sezonais buvo panaši į įvairovę miške. Tačiau smulkiųjų žinduolių rūšinė struktūra šiose dviejose buveinėse buvo skirtinga. Didžiausi rūšinės struktūros skirtumai tarp buveinių užregistruoti vasarą (Yates' χ^2 - testas; $df=4$, $p<0,001$), rudenį (Yates' χ^2 testas; $df=4$, $p=0,001$) ir žiemą (Yates' χ^2 testas; $df=4$, $p=0,004$). Šiuos

skirtumus lėmė subdominantų *Apodemus flavicollis* (daugiau sugauta miške) ir *Sorex araneus* (daugiau sugauta ant bebrų trobelių) dalis rūšinėje struktūroje.

7. Bebrų indukuoti buveinių struktūros pokyčiai silpnai įtakojo dominanto *Clethrionomys glareolus* demografinius parametrus. Ant bebrų trobelių sugautų *Clethrionomys glareolus* amžinė struktūra visais sezonais buvo panaši į sugautų miške.
8. Ant bebrų trobelių sugauti *Clethrionomys glareolus* individai buvo užsikrėtę tomis pačiomis 8 helmintų rūšimis, kaip ir sugauti miške. Užsikrėtusių *Clethrionomys glareolus* individų, sugautų ant bebrų trobelių, dalis buvo panaši kaip ir sugautų miške. Viena helmintų rūšis, *Syphacia petruszewiczi*, buvo gausesnė ant bebrų trobelių sugautuose *Clethrionomys glareolus* individuose nei sugautuose miške (Mann-Whitney testas: $p < 0.001$). Ant bebrų trobelių sugauti *Apodemus flavicollis* individai buvo parazituojami 7 rūšių helmintų, o sugauti miške – 6 rūšių helmintų. Nematodas *Syphacia montana* buvo rastas parazituojantis tik *Apodemus flavicollis* individus, sugautus ant bebrų trobelių. Žiemą vidutinis helmintų bendrijos gausumas ant bebrų trobelių sugautuose *Clethrionomys glareolus* individuose buvo didesnis nei sugautuose miške (Mann-Whitney testas: $p = 0,049$).

Gyvenimo aprašymas

Vardas, Pavardė: Arūnas Samas
El. pašto adresas: arunassamas@yahoo.com
Gimimo data: 1986 m. lapkričio 17 d.

Išsilavinimas: 2011-2015 m., doktorantūros studijos Vilniaus universiteto Gamtos mokslų fakultete;
2009-2011 m., magistrantūros studijos Vilniaus universiteto Gamtos mokslų fakultete: ekologijos ir aplinkotyros magistro laipsnis;
2007-2011 m., bakalauro studijos Vilniaus universiteto Gamtos mokslų fakultete: ekologijos ir aplinkotyros bakalauro laipsnis.

Profesinė patirtis: nuo 2014 iki dabar, lektoriaus pareigos Vilniaus universiteto Gamtos mokslų fakultete;
2012-2014 m., LMT NMP programos „Lietuvos ekosistemos: klimato kaita ir žmogaus poveikis“ projekto „Svetimkraščių žinduolių invazyvumas, genominiai pokyčiai ir adaptacija vandens ir sausumos ekotone“ vykdytojas.
2010-2011 m., LMT NMP programos „Lietuvos ekosistemos: klimato kaita ir žmogaus poveikis“ projekto „Vietinių medžių rūšių ir jų populiacijų pažeidžiamumas, arealų kaita bei prognozės kintant klimatui“ vykdytojas.

Autoriaus publikacijų sąrašas (2011-2015)

Moksliniai straipsniai paskelbti leidiniuose, įrašytuose į Thompsons Reuters Web of Knowledge (ISI):

1. Skyrienė G., Ulevičius A., **Samas A.** 2011. Levels of helminth infection of small rodents in two interspersed habitats – forest and beaver sites. *Balti forestry*, Vol. 17, No. 2: 299-307.
2. **Samas A.**, Ulevičius A. 2015. Beaver building activity favors the typical-for-the-forest small mammals. *Baltic forestry*, Vol. 21, No. 2: 244-252.

Moksliniai straipsniai paskelbti kituose recenzuojamuose leidiniuose:

3. Skyrienė G., Paulauskas A., Ulevičius A., **Samas A.** 2014. Decline of invasive muskrat in Lithuania. *Game Management Issues*, Vol. 11No. 2: 291-295.
4. Ulevičius A., **Samas A.**, Prankaitė T. 2015. Camera traps in beaver burrows: monitoring of species diversity, habitat and season effects. *Beiträge zur Jagd- und Wildforschung*, Bd. 40: 201-210.

Konferencijų pranešimų tezės:

1. **Samas A.**, Ulevičius A. 2009. Small mammal community structure and demographic parameters of their population in beaver sites. 5th International Beaver Symposium, Dubingiai, Lithuania, 20-23 September, 2009 (ISBN: 9789955125075).
2. **Butautytė G.**, Samas A., Ulevičius A. 2009. Parasitological research on small mammals dwelling in beaver sites. 5th International Beaver Symposium, Dubingiai, Lithuania, 20-23 September, 2009 (ISBN: 9789955125075).
3. **Samas A.**, Ulevičius A. 2011. Beaver lodges as specific environment infrastructure components and habitats for small mammals. 8th Baltic Theriological Conference, Book of Abstracts 31 pp., Palanga, 7-9 October, 2011 (ISBN 9783930037636)
4. **Samas A.**, Ulevičius A. 2012. Significance of Beaver Built Structures for Small Mammals. 6th International Beaver Symposium, Book of abstracts 53 pp., Ivanić-Grad, Croatia, 17-20 September, 2012 (ISBN 9789532920277).

5. Ulevičius A., **Samas A.**, Skyrienė G. 2012. Beaver and alien mammals: Could invaders be promoted by impacts of ecosystem engineer? 6th International Beaver Symposium, Book of abstracts 45 pp., Ivanić-Grad, Croatia, 17-20 September, 2012 (ISBN 9789532920277).
6. Skyrienė G., Paulauskas A., Ulevičius A., **Samas A.** 2013. Abundance and hunting of muskrat (*Ondatra zibethicus*) populations in Lithuania. Modern aspects of sustainable management of game population: 2nd International Symposium of hunting. Novi Sad, Serbian. University of Novi Sad, 49 (ISBN 9788675202783).
7. **Samas A.**, Ulevičius A. 2014. Effects of beaver to habitat structure in eastern Lithuanian hilly moraine landscape (GIS analysis). 9th Theriological Conference, Book of Abstracts 39 pp., Daugavpils, 16 – 18 October, 2014 (ISBN 9789984146874)
8. Skyrienė G., Paulauskas A., Ulevičius A., **Samas A.** 2014. Decline of invasive muskrat in Lithuania. 6th International symposium: Dynamics of game animals populations in Northern Europe. Kirkkojahti, Republic of Karelia, Russia: 62-63 (ISBN 9785928406142).
9. **Samas A.**, Ulevičius A. 2015. Use of GIS in remote sensing of beaver impacts on habitat structure. *Methoden der Wildtierforschung (Methods of Wildlife Research)*, Bad Blankenburg/Thüringen, Germany, 23 – 26 April, 2015.
10. Ulevičius A., **Samas A.**, Prankaitė T. 2015. Camera Traps in Beaver Burrows: Monitoring of Species Diversity, Habitat and Season Effects. *Methoden der Wildtierforschung (Methods of Wildlife Research)*, Bad Blankenburg/Thüringen, Germany, 23 – 26 April, 2015.

INTRODUCTION

The Eurasian beaver (*Castor fiber*) is one of the two beaver species belonging to genus *Castor* (Лавров, 1981). Both the Eurasian and North American beavers (*Castor canadensis*) are the largest rodents in the Palearctic. In the early 20th century, beavers were almost extinct throughout their range. By the 1900s population of the Eurasian beaver decreased from 100 million to 1000 individuals, while in North America from 60 million to several thousands of individuals. The main cause was the hunting for fur, for glands and because of human-beaver conflicts in agriculture and forestry (Novak, 1991). However, after the successful conservation efforts that started in 1920's in North America and in Europe, nowadays beavers have restored their previous range only partially (Halley, Rosell, 2003).

The history of Eurasian beaver is well documented in Lithuania. According to Prūsaitė (1988), beaver was extinct in Lithuania in the beginning of 20th century. No permanent residents were found and only the migrants from the upper basin of Nemunas were observed. The reintroduction program of the beaver started in 1947 by the initiative of T. Ivanauskas. First beavers were released in Žuvintas. After the 1947, a few more attempts were made in different regions of Lithuania. Since the 1970s, beaver is found in most Lithuanian rivers (Prūsaitė, 1988). According to Ulevičius (2008), there could be about 80-100 thousand of beavers in Lithuania.

Beavers play important role in ecosystems and is considered a keystone species (Davic, 2003). Due their ability to modify the landscape, beavers are considered to be ecosystems engineers (Jones *et al.*, 1994; Gurney, Lawton, 1996; Müller-Schwarze, Sun, 2003). According to Johnston and Naiman (1990a), beavers can change up to 4% of the landscape over a decade. Beavers convert the dry land to wet meadows, ponds and various types of marshes. In this way, the heterogeneity of the landscape and carrying capacity is highly increased (Remillard *et al.*, 1987; Johnston, Naiman, 1990b; 1992). Due to changed environmental conditions, the community structure of plants and animals do experience significant changes in the areas associated with beaver sites. Due to selective grazing and changes in moisture regime, the abundance of some plant species may greatly decrease (Nolet *et al.*, 1994). Sometimes it leads to extinction of these species on local scale (Johnston,

Naiman, 1990b). According to Rosell *et al.* (2005), browsing by beaver considerably changes the species composition of the plant community towards domination of the non-preferred species. Although the decrease of plant species richness may be significant in some places on the local scale, on the landscape scale the species richness increase can occur (Wright, Jones, 2002).

The changes in the composition and structure of plant communities could have an impact on ungulates, especially in winter (Safonov, Saveljev, 1992; Danilov, 1995). Due to decreased competition, increased moisture and sunlight, the communities of willow species (*Salix* spp.) develop in ecotones of beaver wetlands (Hodkinson, 1975). Also, browsing by beaver may accelerate the regrowth of aspens (*Populus* spp.). By cutting aspens, beaver creates unshaded patches in the forest and stimulates the regrowth of adventitious buds by the roots, which sprout around the base of the cut plants (McGintley, Witham, 1985). Both, willow and aspen species are very important in the winter diet of roe deer (*Capreolus capreolus*), red deer (*Cervus elaphus*) and elk (*Alces alces*) (Safonov, Saveljev, 1992; Danilov, 1992, 1995).

Habitats created by beavers may play important role for semi-aquatic mammals. Muskrats (*Ondatra zibethicus*), water voles (*Arvicola terrestris*), American minks (*Neovison vison*) and otters (*Lutra lutra*) visit or even live in beaver ponds (Knudsen, 1962; Sidorovich *et al.*, 1996). Beaver habitats provides food, stable water level and shelter for these species. American mink (*Neovison vison*) and otter (*Lutra lutra*) hunt for prey – fishes, amphibians, small mammals and even beaver cubs – in beaver ponds (Bailey, Stephens, 1951). Muskrats and water voles may feed on remains left by beaver (Grasse, 1951). All these semi-aquatic species use beaver lodges as shelters (Leighton, 1933; Grasse, 1951; Tyurnin, 1984; Müller-Schwarze, 1992).

The population of the Eurasian beaver is very dense in Lithuania (Ulevičius, 2008) and the impact of beaver to habitats and communities could be considered as one of the most intensive in Europe. According to Halley and Rosell (2003), beaver population in Lithuania is one of the densest and oldest reintroduced populations in Europe. Thus, the communities of both plants and animals have probably managed to adapt to beaver impact.

Though the impact of beaver to habitats, landscape and plant / animal communities is well studied in North America, only some studies were done in Europe. There is lack of data on the impact of Eurasian beaver on landscapes (Törnblom *et al.*, 2011), as well as the significance of the beaver-modified habitats to mammals and significance of beaver-made structures, especially beaver burrows and beaver lodges.

The aim and objectives of the study

The aim of the study was to evaluate the scale of the effect of the Eurasian beaver to habitat structure, the significance of beaver-modified habitats and beaver-made infrastructure elements (beaver lodges and beaver burrows) to species diversity, abundance and distribution of mammals and to evaluate the population and helminthological status parameters of resident mammals in beaver-modified habitats.

The objectives of the study:

1. to quantify the impact of the beaver to habitat structure in an ecosystem by using remote and *in situ* mapping methods;
2. to evaluate the significance of beaver-modified habitats to diversity, abundance, distribution and community structure of mammals of different ecological groups;
3. to evaluate the significance of beaver-made structures (beaver lodges and beaver burrows) to carnivores, semi-aquatic and small mammals, while controlling for influencing factors (habitat, season, time of day);
4. to evaluate the demographic and helminthological status parameters of small mammals in beaver-modified habitats.

Defended statements

1. The Eurasian beaver, in conditions of abundant population, significantly affects the habitat structure of the hilly morainic landscape by creating and maintaining specific habitats and elements of habitat infrastructure. Contribution of the beaver-transformed wetlands to the

overall habitat structure by area and share of ecotones is nearly comparable to that of the forest and open habitats.

2. Abundance of large and mid-sized mammals in beaver-affected habitats is similar in comparison to the forest habitat, but higher than in the open and mosaic habitats. Beaver-transformed wetlands are more attractive habitats for the species that are typical to fragmented landscape. Diversity of large and mid-size mammals in beaver sites is similar to that in the other habitats.

3. Beaver burrows are important habitat infrastructure elements for a number of mid-sized and small mammals. Significance of beaver burrows for these mammals differs depending on season. Beaver lodges attract small mammal species that are the typical of forest habitats.

4. Beaver alterations of habitat infrastructure weakly influence demographic parameters of dominant *Clethrionomys glareolus*. Use of the beaver-transformed environments by *Clethrionomys glareolus* and the *Apodemus flavicollis* (two small mammal species typically inhabiting forest habitats) does not lead to significant changes of their helminthological status.

Approvals of the thesis

The results of the dissertation are published in four peer reviewed journals, two are listed in the Thompsons Reuters Web of Knowledge (ISI). The results were presented at eight international conferences:

1. two presentations in 5th International Beaver Symposium, Dubingiai, Lithuania 2009;
2. 8th Baltic Theriological Conference, Palanga, Lithuania, 2011;
3. two presentations in 6th International Beaver Symposium, Ivanic-Grad, Croatia, 2012,
4. 2nd International Symposium of Hunting, Novi Sad, Serbia, 2013;
5. 9th Baltic Theriological Conference, Daugavpils, Latvia, 2014;
6. 6th International Symposium: Dynamics of game animals populations in Northern Europe, Kirkkojahti, Republic of Karelia, Russia, 2014;

7. Methoden der Wildtierforschung (Methods of Wildlife Research), Bad Blankenburg/Thüringen, Germany, 2015.
8. 7th International Beaver Symposium, Voronezh, Russia, 2015.

The structure and the scope of dissertation. The dissertation is written in English and consists of the *Introduction, Literature Review, Materials and Methods, Results, Discussion, List of authors' publications, List of References* and *Annexes*. References include 234 sources. The volume of dissertation is 133 pages. The dissertation contains of 25 figures and 22 tables.

MATERIAL AND METHODS

This research on the impact to habitat structure by Eurasian beaver activity and the significance of this impact to other mammal species was carried out in the Vilnius, Molėtai and Širvintos districts in eastern Lithuania on two research polygons (Fig. 10). The hilly morainic landscapes is common to the region with average forest cover of 28% (GIS analysis). Norway spruce (*Picea abies*), downy birch (*Betula pubescens*) and alders (*Alnus* spp.) form the core of the forest plant community. Numerous abandoned successive meadows, fragments of woodlands from 0.1 ha to 6500 ha, and various types of wetlands contribute to the mosaic structure of the landscape.

The evaluation of the habitats in the territory was performed using GIS ESRI®, ArcGIS 10.x.® and the ortophotos of Lithuania (1: 10 000, GDR10LT (2009-2010), National Land Service under the Ministry of Agriculture). Nine habitat categories were distinguished: open areas, forests, lakes, rivers, drainage ditches, swamps, beaver wetlands and beaver sites, ecotones. Parameters of habitats (area, perimeter, drainage ditch density, ecotone lengths) were taken from ortho photo base of Lithuania.

A research on animal abundance indices was carried out in 1 km² plots in winters of 2013 – 2015. Animal tracks were counted along 1 kilometre long transects. A total of 57 transects were checked (some of them were checked twice but in different years). When

transect was placed in the plot, it had to cross all the existing habitats and the share of the habitats in the plot have to be reflected in transect. The abundance index was defined as the number of tracks that crossed the transect line per 100 meters/day without snowing (Balčiauskas, 2009).

In spring and summer of 2012 and 2013 a total of 69 river fragments were studied across Lithuania (Fig. 12). Signs, like tracks, pathways, feces and marking piles of semiaquatic mammals were observed in one kilometer long segments of the river shoreline. The abundance index of signs per 1 kilometer of the river segment was used to evaluate density of semiaquatic mammals.

Small mammals abundance on beaver lodges and in the control habitats of the forest were sampled by setting a quadrat of five snap traps (one in the middle of the quadrat and four in the corners approximately 5x5 meters) both in the forest and on the beaver lodges. On beaver lodges, the central trap was usually placed on top of a lodge and the other four traps – around the base of a lodge. Small mammals were sampled at beaver sites and in the forest four times per year: in spring (April), in summer (August), in autumn (October) and in winter (February).

We used *Reconyx PC800 HyperFire Professional Semi-Covert IR* cameras with the following basic technical specifications: trigger speed – 0.2 sec; image data – time, date, temperature and Moon phase; IR flash range – up to 21 m; battery life – up to 40 000 images; image resolution – 3.1 Mp or 1080P HD; operating temperature: -40° to +60° C. To install a camera, we searched for a beaver burrow with a complex configuration (connected to a whole burrow system) and enough internal space to place a camera.

The helminthological status of the bank vole and the yellow-necked mouse was studied in beaver sites and in the control habitat of the forest. For helminthological studies, the entire intestinal tract of small rodents was dissected. The content of the intestines was studied by the method of consistent flushing. The helminths were fixed in 70% ethanol. Nematodes and trematodes were studied on temporary water-glycerin preparation.

RESULTS

The impact of the Eurasian beaver on habitat structure in a landscape ecosystem

After evaluating the 10,000 ha study area in eastern Lithuania using GIS, we found that the density of the beaver sites was 26.1 beaver sites/1000 ha. The signs of Eurasian beaver was found in 87% of the wetland habitat, which is 78% of total wetland area in the study territory. More than 70% of wetlands that were greater than 1 ha were occupied by Eurasian beaver, while 84% of wetlands smaller than 1 ha were vacant.

The variety of beaver sites of different age may increase the heterogeneity of the habitat structure in the landscape. The older the beaver site was, the greater area of water mirror was covered with water plants or shrubs (Spearman's r_s : $p = 0.0004$)

Seven types of plant cover were distinguished in beaver sites. Three cover types (sedge cover, shrub cover and reed and bulrush beds) were more common to beaver sites than other types.

Significance of Eurasian beaver modified landscape to mammals

Tracks of 13 taxa were identified during the study period. The greatest abundance indices were found for roe deer, red fox and European hare in all plots and in the different habitats. The greatest abundance indices were found for roe deer, red fox and European hare in all plots and in the different habitats. The abundance index of dominant roe deer differed between the habitats (Kruskal-Wallis: $p = 0.03$). The mean abundance index of subdominant species of red fox (Kruskal-Wallis: $p = 0.32$) and European hare (Kruskal-Wallis: $p = 0.27$) did not differ significantly between the habitats.

The intensity of Eurasian beaver activity (abundance index) may influence the presence of American mink and muskrat. The abundance index of Eurasian beaver was significantly higher in those river segments where these two semi-aquatic mammals were present in comparison with those segments where they were absent (for American mink: t test: $p = 0.046$ and muskrat: t test: $p = 0.01$).

Significance of Eurasian beaver burrows to mammals of different ecological groups

Seventeen species (or taxons) of mammals were registered by camera traps visiting beaver burrows. It took approximately 40 days from a camera installation moment to register majority of mammal species. The bank vole was recorded in all catching events with the largest mean number of effective triggers (almost 42 effective triggers per 30 days).

No habitat effect on visit intensity of beaver burrows was found neither among species nor among ecological groups of mammals. Season effect was more pronounced than that of habitats, with a significant tendency of increase towards the cold season. Shrews showed the biggest difference between seasons (Mann-Whitney: $p = 0.009$).

Small mammals on beaver lodges

A total of eleven species of small mammals were caught on beaver lodges and five species in the forest during the research period. The greatest trapping success in both habitats was recorded for the bank vole, followed by the common shrew and the yellow-necked mouse on beaver lodges. The total trapping success for the small mammal community on beaver lodges was greater than in the forest in all seasons, but statistically significant differences were observed only in autumn (Mann-Whitney: $p = 0.001$).

The small mammal community was different on beaver lodges from that in the forest habitats. The most pronounced differences were found in summer (Yates' χ^2 - test: $df = 4$, $p < 0.001$), autumn (Yates' χ^2 test: $df = 4$, $p = 0.001$) and in winter (Yates' χ^2 test: $df = 4$, $p = 0.004$).

Helminthological status of bank vole and yellow-necked mouse populations on beaver lodges

For both small rodent species (bank vole and yellow-necked mouse) and for both treatments (beaver sites and forest), 66 % of the examined small rodent individuals were infected by helminths. Helminths of 10 species and 3 other taxon (5821 specimens) were found. Bank voles were infected by 8 species (or other taxon) of helminths and yellow-necked mice – by 7 helminth species (or other taxon) on beaver lodges.

In all other cases, except for two cases where bank voles were more heavily infected by *Syphacia petrusewiczii* in beaver sites than in the forest (Mann-Whitney test: autumn, $p = 0.03$ and winter, $p = 0.02$), the mean abundance of helminths in bank voles in different habitats was similar.

CONCLUSIONS

1. The Eurasian beaver has significantly affected the habitat structure of the hilly morainic landscape in eastern Lithuania by creating the beaver wetlands, which include many

specific elements of habitat infrastructure: lodges, burrows, dams, dead wood and channels. The area of beaver wetlands comprised from 9.05% to 12.43% of the whole study area. The average size of a beaver wetland is 3.97 ha (range – 0.09-47.97 ha). The lengths of beaver wetland/forest and beaver wetland/open area ecotones comprised 20.4% and 23.1% of the length of all ecotones in the study area, respectively.

2. Quantification of beaver impact on the habitat structure using remote *ex situ* mapping has led to underestimations in the beaver wetland area, especially those under the tree stand cover. Correction using *in situ* mapping allowed to us to improve the precision of quantification. The coefficient of 1.2 was found to be best for correcting *ex situ* and *in situ* discrepancies.
3. The abundance indices (AI) and diversity of large and mid-sized mammals in beaver affected habitats were found to be similar in comparison to other habitats in the study area. The most abundant species in the beaver wetlands were *Capreolus capreolus* (AI=1.12) and *Vulpes vulpes* (AI=1.15), species that are typical to fragmented landscape. The total average AI of large and mid-size mammals in beaver sites (AI=3.38) was higher than in the other habitats, but significant differences were found only between beaver sites and open area habitats (AI=1.83) and beaver sites and mosaic habitats (AI=2.16) (Mann-Whitney: $p<0.001$ and $p=0.001$, respectively). The diversity of large and mid-size mammals at beaver sites ($H'=2.351$) was similar to the forest ($H'=2.551$), open habitats ($H'=2.378$) and mosaic habitats ($H'=2.581$).
4. Seventeen species (or other taxons) of mid-sized and small mammals were documented inside burrows of beavers using the IR camera trap method. Mainly mammals of two ecological groups were found: small mammals (*Clethrionomys glareolus*, Soricidae, *Apodemus flavicollis*, *A. agrarius*, *Arvicola terrestris*), and carnivores (*Neovison vison*, *Martes* spp., *Lutra lutra*, *Mustela putorius*, *Nyctereutes procyonoides*). *Clethrionomys glareolus* was absolute dominant among all visitors with average visiting intensity and frequency of occurrence (VI, effective triggers of IR camera/30 days; FO, %) (VI=41.73; FO=100%). *Neovison vison* dominated among carnivores (VI=1.7; FO=84%). Some mammals showed significantly lower visiting intensity (VI<0.1). These included *Mustela*

spp., *Meles meles*, *Vulpes vulpes*, *Ondatra zibethicus*, *Talpa europaea*, *Sciurus vulgaris*, and *Castor fiber* itself.

5. The effect of seasons was more pronounced than the effect of the beaver site type to the visiting intensity of mammals in beaver burrows. This is particularly evident for small mammals (Mann-Whitney test: $df=35$, $p=0.007$) and shrews (Mann-Whitney test: $df=35$, $p=0.009$). For the most common visitors (*Clethrionomys glareolus*, *Sorex* spp., *Apodemus flavicollis* and *Neovison vison*) of beaver burrows, the 24-hour activity was significantly higher in cold season than in warm season.
6. Small mammals of eleven species were caught on beaver lodges using snap traps. *Clethrionomys glareolus* was the dominant species in terms of trapping success (TS=47.5 inds/100 trap-nights), while *Sorex araneus* (TS=11.86) and *Apodemus flavicollis* (TS=4.7) were the subdominants. In the forest, five species were captured with the bank vole most abundant (TS=29.43) and the yellow-necked mouse next most captured (TS=9.87). The trapping success of small mammals on beaver lodges was greater than in the forest in all seasons, but significant differences only were found in autumn (Mann-Whitney: $p<0.05$). The Shannon diversity index of the small mammal community on beaver lodges was similar to that in the forest in all seasons. However, the community structure of small mammals on the beaver lodges was different from that in the forest. The greatest differences between the small mammal communities in these habitats were found in summer (Yates' χ^2 - test; $df=4$, $p<0.001$), autumn (Yates' χ^2 test; $df=4$, $p=0.001$) and in winter (Yates' χ^2 test; $df=4$, $p=0.004$) and was caused by different proportions of the subdominant *Apodemus flavicollis* (higher in the forest) and *Sorex araneus* (higher on beaver lodges).
7. Beaver alterations of habitat infrastructure revealed a rather weak influence on the demographic parameters of the dominant small mammal species, *Clethrionomys glareolus*. The age structure and the sex ratio of *Clethrionomys glareolus* on beaver lodges was similar in comparison to the forest in all seasons.
8. Occupation of beaver transformed environments by the two small mammal species, *Clethrionomys glareolus* and *Apodemus flavicollis*, typically found in the forest did not

lead to significant changes of their helminthological status, although variation among parasite species and seasonal variation were found. *Clethrionomys glareolus* was infected with the same eight species of helminths in beaver sites and in the forest. The mean infection rate in beaver sites was similar to that in the forest. In *Clethrionomys glareolus* only one helminth species *Syphacia petrusewiczi* was more abundant in beaver sites than in the forest (Mann-Whitney: $p < 0.001$). *Apodemus flavicollis* were infected by seven helminth species (or other taxon) in beaver sites and six in the forest. The nematode *Syphacia montana* was found only in mice dwelling in beaver sites. Total mean abundance of all parasites in *Clethrionomys glareolus* showed higher infection levels of this rodent in beaver sites than in the forest in winter (Mann-Whitney test: $p = 0.049$).

AKNOWELEDGEMENT

First of all, I would like to express my gratitude to my supervisor dr. Rimvydas Juškaitis and my scientific consultant dr. Alius Ulevičius for advices writing the PhD thesis, for help during the expedition and collecting the study material, for enthusiasm and ever-friendly nature.

I also wish to sincerely thank to my reviewers habil. dr. Linas Balčiauskas and prof. dr. Jana Radzijeuskaja for deeper view into the PhD thesis and for constructive remarks.

I wish to acknowledge the support received from Peter Busher, Boston Massachusetts. His ideas and remarks were very helpful writing the PhD thesis.

I would like to thank the scientific team of the Center of Ecological and Environmental Science of Faculty of Natural science, Vilnius University for the patience.

I also would like to thank the Research Council of Lithuania for the financial support (LEK-14/2012 and DOK-14297).

I am very grateful to my future wife and my family for the support at difficult times.

Curriculum vitae

Name, Surname: Arūnas Samas
E-mail address: arunassamas@yahoo.com
Date of birth: 17th of November, 1986

Education: 2011-2015 PhD studies at Vilnius University, at Faculty of Natural Sciences;
2009-2011 Master degree in Ecology and Environmental at Vilnius University, at Faculty of Natural Sciences;
2007-2011 Bachelor's degree in Ecology and Environmental at Vilnius university, at Faculty of Natural Sciences;

Professional experience: since 2014, lector at Vilnius University, at Faculty of Natural Sciences;
2012-2014 participant of the project "The invasiveness, changes in genome and adaptation in water-land ecotones of alien mammals" of National Research Program "Ecosystems in Lithuania: climate change and human impact" of National Research Program (NRP);
2010-2011 participant of the project "Vulnerability and changes in range of native tree species and their populations due to climate change" of National Research Program "Ecosystems in Lithuania: climate change and human impact" of National Research Program (NRP).