

TVIRTINU: \_\_\_\_\_

VU Ekologijos instituto  
Direktorius habil. dr. M. Žalakevičius

2006 gruodžio mėn. 27 d.

Aplinkos monitoringo ataskaita

**DIRVOŽEMIO FAUNOS IR MIKROBIOLOGINIO AKTYVUMO SĄLYGIŠKAI  
NATŪRALIŲ EKOSISTEMŲ DIRVOŽEMIUOSE ĮVERTINIMAS**

(Aukštaitijos, Žemaitijos ir Dzūkijos nacionaliniai parkai)

Atsakingas vykdytojas

Dr. Povilas Ivinskis

Vilnius

2006

## TURINYS

	Psl.
1. Įvadas .....	4
2. Zoocenozių bendrijų struktūra Aukštaitijos, Žemaitijos ir Dzūkijos nacionalinių parkų ekosistemų dirvožemiuose .....	5
2.1. Metodika .....	5
2.2. Tyrimo rezultatai .....	10
2.3. Apibendrinimas ir išvados .....	45
2.4. Literatūra .....	47
3. Mikrobiologinis Aukštaitijos ir Žemaitijos nacionalinių parkų ekosistemų dirvožemių aktyvumas .....	48
3.1. Metodika .....	48
3.2. Tyrimo rezultatai .....	49
3.3. Apibendrinimas ir išvados .....	57
3.4. Literatūra .....	58

## Vykdytojų sąrašas

1. I. Eitminavičiūtė
2. Z. Bagdanavičienė
3. V. Strazdienė
4. B. Kadytė
5. R. Zaksaitė
6. D. Laskauskaitė
7. A. Matusevičiūtė
8. R. Gulbinaitė

VU Ekologijos institutas, Akademijos 2, LT-08412, Vilnius-21  
Tel. (8~5) 272 92 47,  
Faksas (8~5) 272 93 5?  
El. pastas [dirvekol@ekoi.lt](mailto:dirvekol@ekoi.lt)

## 1. Įvadas

Biologinio monitoringo tikslas – stebėti biotos pakitimus ir, remiantis bioindikaciniais rodikliais, nustatyti biologinių procesų, vykstančių sausumos ekosistemose, kryptingumą, išaiškinti gamtinės aplinkos pakitimo pobūdį ir gilumą.

Bioindikacinis metodas pagrįstas testobjektų reakcija į atitinkamus antropogeninius faktorius. Pedobiontai yra viena geriausiai tinkamų bioindikacinių organizmų grupių. Dirvožemis yra jų gyvenamoji terpė, kurios cheminiai ar fiziniai pakitimai tiesiogiai atspindi mikroorganizmų ir zoocenozių gausumą, rūšių kaitoje ir viso komplekso struktūroje. Foninio monitoringo tyrimai rodo, kad pedobiontų kompleksų struktūra, individų ir rūšių gausumas, įvairovė, dominuojantieji komponentai ryškiai atspindi dirvožemio tipą, ekosistemos charakterį ir antropogeninį poveikį. Didžiausia pedobiontų įvairovė yra sąlyginai natūralių ekosistemų dirvožemiuose. Šių dirvožemių genetinis fondas gali tarnauti vertinant dirvožemių biologinių procesų pažeidimo laipsnį.

Mikroorganizmų ir bestuburių gyvūnų veikla yra svarbus dirvodaros ir dirvų derlingumo faktorius. Jie atsakingi už organinės medžiagos irimo procesus, ko pasekoje dirvožemis praturtėja taip reikalingomis augalams mineralinėmis ir biologiškai aktyviomis medžiagomis. Šie organizmai tam tikra prasme atsakingi ir už dirvožemio apsivalymą nuo įvairių kenksmingų medžiagų (ksenobiontų), teršiančių aplinką ir naudojamų kovai su augalų ligomis bei kenkėjais. Dirvožemio derlingumą tiesiogiai apsprendžia humuso (organinės medžiagos) kiekis.

Humuso sluoksnis dirvožemyje – tai lyg visos ekosistemos veidrodis, kuriame atspindi visų ekosistemos komponenčių veikla, o taip pat ir aplinkos poveikis į tą ekosistemą. Čia sukaupta informacija apie augalijos produkciją, mikroorganizmų ir jų enzymų veiklą, bestuburių gyvūnų kompleksų struktūrą ir aktyvumą skaidant organiką, ir apie akumuliuotų iš aplinkos teršalų kiekį, jų poveikį visam kompleksiniam destrukcijos procesui. Todėl humusas ne tik dirvožemio derlingumo laidas, bet ir visos ekosistemos monitorius.

Aktyviausi humuso formavimosi proceso stimulatoriai ir dalyviai dirvožemyje yra jo biota: mikroorganizmai ir dirvožemio bestuburiai, kurių aktyvumas, rūšinė įvairovė, kompleksų struktūra tiesiogiai atspindi dirvožemio tipą, jo savybes ir yra visos ekosistemos stabilumo rodiklis.

Pagrindinė dirvožemio funkcija – sugebėjimas dalyvauti biosferoje vykstančiuose medžiagų transformacijos ir migracijos procesuose, nuo kurių priklauso visų ekosistemų

funkcionavimas. Dirvožemyje sukaupia organinė medžiaga – tai ne atliekos, o pastoviai gamyboje esanti žaliava, kuri formuoja dirvožemio fizines ir chemines savybes, dalyvauja medžiagų apykaitoje gamtoje, kuria humusą, palaiko dirvožemio derlingumą, augina produkciją.

Pastaruosiu metu didėjant antropogeniniam krūviui, vykstant klimatiniais pokyčiams, sausumos ekosistemos, kurių pagrindas yra dirvožemis, turi būti pastoviai stebimos naudojant visus žinomus jautriausius rodiklius. Be fizinių-cheminių metodų pastaruosiu metu į pirmą vietą išėina biologinės dirvožemių diagnostikos metodas, kurio esmę sudaro visas kompleksas biotestų ir bioindikatorių. Norint nustatyti tikslus biologinių procesų trendus, būtinas pastovus biorodiklių stebėjimas. Sunkiai suprantamas biologiniame monitoringe penkių metų intervalas. Vargu ar tokie duomenys gali save pateisinti. Todėl siūlome atrinkus pačius jautriausius ir save pateisinančius rodiklius stebėti juos kasmet.

## **2. Zoocenozių bendrijų struktūra Aukštaitijos, Žemaitijos ir Dzūkijos nacionalinių parkų ekosistemų dirvožemiuose**

### **2.1. Metodika**

Mikroartropodų tyrimai Lietuvos nacionalinių parkų dirvožemiuose monitoringo aikštelėse vykdyti kasmet nuo 1993 metų (ANP, DNP) iki 2001 m. imtinai. Žemaitijos nacionaliniame parke (ŽNP) tyrimai pradėti vėliau – 1995 m. Vėliau Aplinkos ministerijos nutarimu pedobiologiniai tyrimai pradėti vykdyti penkerių metų intervalu, juos atnaujinus 2006 m. Tačiau mes tęsėmė tyrimus ir 2002-2005 metais. Šiame darbe pateikti gauti 14 metų 1993-2006 m. (ANP ir DNP) ir 12 metų 1995-2006 m. (ŽNP) trukusių tyrimų duomenys.

Ištirti Aukštaitijos, Žemaitijos, Dzūkijos nacionalinių parkų dirvožemio mikroartropodų kompleksai: oribatidinės, gamazidinės, akaridinės, tarsoneminės erkės, kolembolos ir smulkios vabzdžių lervos. Dirvožemio bandiniai buvo imami stacionarinėse tyrimo aikštelėse, kaip ir pirmojo dešimtmečio monitoringo tyrimuose (Manual for integrated monitoring, 1977; Augustaitis ir kt., 2006). Bandiniai kiekvienoje aikštelėje buvo imami 5 pakartojimais. Mikroartropodai iš dirvožemio buvo išvaromi modifikuotu šviesiniu Berlese-Tullgreno ekstraktoriumi, naudojant standartines metodikas (Гиляров, Стриганова, 1987).

Duomenų analizei naudoti šie ekologiniai rodikliai: gausumas (ind./m<sup>2</sup>), dominavimas (C), visuminė įvairovė (H), rūšinė įvairovė (d). Rūšių dominavimas nustatytas pagal H. Engelmana (Engelmann, 1978). Kompleksų struktūra išreikšta procentais, pateikti gausumo nukrypimai nuo bendro 14 metų (ANP ir DNP) ir 12 metų (ŽNP) vidurkio. Dirvožemio drėgmė ir temperatūriniai rodikliai buvo matuojami bandinių ėmimo metu ir surinkti Utenos HMT, Telšių ir Varėnos stotyse. Oro ir dirvos paviršiaus temperatūra bei kritulių suma buvo nustatyti augalų vegetacijos metu, išvedus 3 mėnesių (birželio-rugpjūčio) vidurkį (2.1.1 pav.). Meteorologiniai duomenys bandinių ėmimo metu pateikti 2.1.1 lentelėje.

Tyrimo metu buvo nustatomi sunkiųjų metalų koncentracija dirvožemio 0-5 cm sluoksnyje ir miško paklotėje, o taip pat nustatyti N, P ir C kiekiai stacionarinėse tyrimo aikštelėse (2.1.2 lentelė).

Aukštaitijos nacionalinio parko stacionariųjų tyrimų aikštelė yra Ažvinčių sengirės Versminio upelio baseine. Geografinės baseino koordinatės: ilguma 26°03'20"-26°04'50", platuma 55°26'20"-55°026'53". Dirvožemiai karbonatingieji smėlžemiai, dominuoja Peucedano-Pinetum (W. Matuszkiewicz, 1962) tipo pušynai, žolinėje dangoje dominuoja *Vaccinium myrtillus*, *Calamagrostis arundinacea*, samanų *Hylocomium splendens*, *Pleurozium schreberi*. Perbrendęs brukninis pušynas su nedidele eglų priemaiša. Daugiametė vidutinė oro temperatūra 5,8°C, kritulių kiekis 682 mm, vegetacijos periodo ilgis 189 dienos (Augustaitis ir kt., 2006).

Žemaitijos nacionalinio parko stacionariųjų tyrimų aikštelė yra Plokštynės rezervate, Uošnos upės dešiniojo intako Juodupio baseine. Geografinės baseino koordinatės: ilguma 21°51'56"-21°53'10", platuma 56°00'19"-56°01'05". Dirvožemiai – pajaurėję smėlžemiai. Dominuoja eglynai Linnaeo-Piceetum (Augustaitis ir kt., 2006; Rašomavičius, 2006). Žolinėje dangoje vyrauja *Vaccinium myrtillus*. Bręstantis eglynas. Daugiametė vidutinė oro temperatūra 5,9°C, kritulių kiekis 788 mm, vegetacinio periodo ilgis 187 dienos.

Dzūkijos nacionalinio parko monitoringo stotis yra Dubininkų kaime, Skroblaus rezervato Duburių upelio baseine. Geografinės baseino koordinatės: ilguma – 24°15'39"-24°18'02"; platuma – 54°03'40"-54°05'38", pagal Lietuvos koordinatinių sistemą LKS-94. Vyrauja paprastieji smėlžemiai, pereinantys į pajaurėjusius smėlžemius. Reljefas – sudėtingų formų kontinentinės kopos. Vyrauja vienaardžiai, sąlygiškai vienaamžiai paprastųjų pušų medynai (kerpšiliniai miškai) (Augustaitis ir kt., 2006; Rašomavičius, 2006). Bręstantis brukninis pušynas, išsivysčiusi samanų danga, kur vyrauja *Pleurozium*

*schreberi*, *Dicranum polysetum*. Vidutinė oro temperatūra 6,0°C, kritulių kiekis 625 mm, vegetacinio periodo ilgis 195 dienos.

## 2.2. Tyrimo rezultatai

Daugiamečių tyrimų, atliktų sąlyginai natūraliose ekosistemose kompleksinio monitoringo stotyse (Aukštaitijos, Žemaitijos ir Dzūkijos nacionaliniuose parkuose), rezultatai rodo, kad dirvožemių mikroartropodų kompleksai skiriasi gausumu, rūšine įvairove ir struktūra. Penkerių metų (2002-2006 m.) laikotarpyje bendras mikroartropodų gausumas vidutiniškai buvo: ANP – 219,8; ŽNP – 384,4 ir DNP – 162,3 tūkst. ind. 1 m<sup>2</sup> (2.2.1 lentelė). Iš viso mikroartropodų rūšių tirtuose dirvožemiuose aptikta: ANP – 157 (oribatidinių erkių – 97; gamazidinių – 29; kolembolų – 31 rūšis); ŽNP – 174 (oribatidinių erkių – 110; gamazidinių – 33; kolembolų – 31 rūšis); DNP – 150 (oribatidinių erkių – 88; gamazidinių – 32; kolembolų – 30 rūšių).

**Aukštaitijos nacionalinis parkas (Ažvinčiai).** Ažvinčių sengirės dirvožemyje mikroartropodų tarpe dominuoja oribatidinės erkės, sudarydamos nuo 68,0 iki 81,0% (vidutiniškai 76,0%), gamazidinių erkių gausumas svyruoja nuo 7,3 iki 12,0% (vid. 9,3%), akaridinių erkių – nuo 1,5 iki 4,0% (vid. 2,5%), neidentifikuotų erkių gausumas nuo 1,3 iki 4,1% (vid. 2,7%), kolembolų gausumas svyruoja nuo 5,0 iki 14,0% (vid. 9,2%) (2.2.2 lentelė, 2.2.1 pav.).

Ilgamečių dinaminį mikroartropodų tyrimų rezultatai rodo, kad per pastarąjį penkerių metų laikotarpį (2002-2006 m.) Ažvinčių sengirės dirvožemyje, lyginant su ankstesniu devynerių metų laikotarpiu (1993-2001 m.), mikroartropodų gausumas vidutiniškai buvo mažesnis – 219,8 tūkst. ind. 1 m<sup>2</sup> už ankstesnį – 232,7 tūkst. ind. 1 m<sup>2</sup>. Apskaičiavus bendrą 14 metų mikroartropodų vidutinį gausumą (taip pat ir atskiroms mikroartropodų grupėms) ir jį prilyginus 100%, matome atskirų grupių gausumo svyravimus per visą tyrimo laikotarpį. Pats didžiausias teigiamas nuokrypis nuo vidurkio buvo 1997, 1998 ir 2005 m., o neigiamas – 2002 ir 2003 m. (2.2.2 ir 2.2.3 pav.). Ryškūs skirtumai nuo vidurkio išryškėjo kolembolų gausume 1997, 1998 ir 2004 ir 2005 metais.

Ažvinčių dirvožemyje dominuojanti mikroartropodų tarpe yra oribatidinių erkių grupė. Per visą tyrimo laikotarpį aptiktos 97 oribatidų rūšys. 2002-2006 metų laikotarpyje rūšių sąrašas pasipildė 9 naujomis rūšimis, bet nebuvo aptikta 41 anksčiau (1993-2001 m.) aptikta rūšis. Pastarųjų penkerių metų laikotarpiu Ažvinčių sengirės dirvožemyje buvo aptiktos 56 oribatidų rūšys, o per ankstesnį laikotarpį (1993-2001 m.) – 74 rūšys (2.2.3

lentelė). Oribatidų cenožės branduolį sudaro smulkios *Oppiidae*, *Suctobelbidae* ir *Brachychthoniidae* šeimų atstovės ir oribatidinė erkė *Tectocepheus velatus*. *Oppiela nova* sudaro 29,7 %, *Tectocepheus velatus* 12,5%. Atskirais metais oribatidinių erkių rūšių skaičius svyravo nuo 21 (1994 m.) iki 38 (1999 m.). 1994 m. oribatidinių erkių rūšių sumažėjimas sutampa su bendru jų gausumo sumažėjimu (2.2.2 pav.), tačiau 2002, 2003 ir 2004 m. oribatidų gausumo sumažėjimas visai neatsispindi jų rūšiniame sąstate (2.2.3 lentelė). Jis išsilaikė vienodame lygyje – 36, 35 ir 36 rūšys atitinkamai.

Gamazidinių erkių ir kolembolų gausumas 2002-2006 m. buvo panašus ir sudarė 9,3 ir 9,2% atitinkamai (2.2.1 lentelė).

Gamazidinių erkių vidutinis 14 metų gausumas Ažvinčių sengirės dirvožemyje yra 18,5 tūkst. ind. 1 m<sup>2</sup>. Atskirais metais jis svyruoja nuo 9,7 (1999 m.) iki 24,5 tūkst. ind. 1 m<sup>2</sup> (2005 m.) (2.2.2 lentelė, 2.2.2 pav.). Per tyrimo laikotarpį aptiktos 29 gamazidinių erkių rūšys. Per 2002-2006 metų laikotarpį šis sąrašas pasipildė viena rūšimi – *Hypoaspis vacua* (2.2.4 lentelė). Šiame biotope gausiausiai paplitusios ir pastoviai aptinkamos *Parazercon sarekensis* (33%), *Veigaia nemorensis* (14,7%) ir *Prozercon kochi* (10,3%) gamazidinių erkių rūšys.

Kolembolų vidutinis gausumas per 14 metų trukusį tyrimo laikotarpį – 20,5 tūkst. ind. 1 m<sup>2</sup>. Atskirais metais jų gausumas svyruoja nuo 10,2 (1996 m.) iki 41,4 tūkst. ind. 1 m<sup>2</sup> (1998 m.). Iš viso aptikta 31 kolembolų rūšis. Mažiausiai rūšių (6) aptikta 1996 m., daugiausiai (11) – 1995, 2004 ir 2005 metais. Per 2002-2006 m. laikotarpį kolembolų rūšių sąrašas pasipildė 4 naujomis rūšimis (2.2.5 lentelė). Pastoviai gausiai aptinkamos *Isotomiella minor* (39,6%), *Mesaphorura gr. krausbaueri* (27,2%) ir *Isotomiella notabilis* (10,5%).

Aukštaitijos integruoto monitoringo teritorijoje Ažvinčių mėlyninio pušyno pajaurėjusiame smėlžemio dirvožemyje mikroartropodų gausumas vidutiniškai per 14 metų tyrimo laikotarpį yra 228,1 tūkst. ind. 1 m<sup>2</sup>. Dominuojanti grupė yra oribatidinės erkės, kurios sudaro vidutiniškai 75,0% visų mikroartropodų. Jų vidutinis gausumas yra 171,7 tūkst. ind. 1 m<sup>2</sup>. Gamazidinių erkių vidutinis gausumas – 18,5 tūkst. ind. 1 m<sup>2</sup>, jos sudaro 8,6% visų mikroartropodų. Panašus ir kolembolų vidutinis gausumas – 20,5 tūkst. ind. 1 m<sup>2</sup>. Kolembolos sudaro 9,5% visų mikroartropodų.

Šios trys mikroartropodų grupės ir yra svarbiausi šių dirvožemių organinių liekanų mineralizatoriai ir humifikatoriai. Tai mikroartropodinio tipo dirvožemiai. Aptiktos 158 mikroartropodų rūšys: 97 oribatidinių erkių, 29 gamazidinių erkių ir 31 kolembolų rūšis.



Ažvinčių sengirės dirvožemyje vykstantys biologiniai procesai mažai pažeisti antropogeninių bei klimatinių veiksnių. Mikroartropodų gausumo nuokrypis nuo 14 metų vidurkio yra nežymus. Jautriausiai į šiuos pokyčius reaguoja kolembolos.

2002-2006 m. Aukštaitijos nacionalinio parko Ažvinčių sengirės dirvožemyje smulkių vabzdžių lervų gausumas svyravo nuo 0,6 (2002, 2003 m.) iki 1,6 tūkst. ind. 1 m<sup>2</sup> (2005 m.). Iš viso aptikta 16 rūšių smulkių vabzdžių lervų (2.2.6 lentelė). Dominavo mikofaginės *Itonididae* šeimos lervos, subdominavo plėšrios nekrofaginės *Athous subfuscus* rūšies lervos. Aukštaitijos IMT dviejų rūšių lervos priklausė dominantėms ir po 7 rūšis – subdominantams ir recedentams.

**Žemaitijos nacionalinis parkas (Plokščiai).** Tyrimai vykdyti 12 metų bręstančiame eglyne. Šio miško dirvožemis pasižymėjo dideliu mikroartropodų gausumu. Per 12 metų vidutinis jų gausumas – 384,8 tūkst. ind. 1 m<sup>2</sup>. Tai 1,6 karto daugiau už Ažvinčių sengirės (ANP) ir 2,6 karto daugiau už Dubininko (DNP) mikroartropodų gausumą (2.2.7 lentelė). Lyginant gausumą atskirais tyrimo laikotarpiais matome, kad 1995-2001 m. vidutinis mikroartropodų gausumas buvo 385,1 tūkst. ind. 1 m<sup>2</sup>, o 2002-2006 m. – 384,4 (2.2.7 lentelė). Pastaruoju metu mikroartropodų gausumas sumažėjo labai nedaug – tik 0,7 tūkst. ind. 1 m<sup>2</sup>. Visų mikroartropodų grupių gausumas per paskutinių penkerių metų tyrimo laikotarpį sumažėjo, išskyrus oribatidinių erkių gausumą. 1995-2001 m. vidutinis oribatidinių erkių gausumas buvo 301,5, tuo tarpu 2002-2006 m. – 324,3 tūkst. ind. 1 m<sup>2</sup>. Oribatidinių erkių gausumas atskirais metais sudarė nuo 69,3% (2004 m.) iki 92% (2002, 2003 m.) (2.2.1 pav.). Stebint mikroartropodų gausumo dinamiką Žemaitijos nacionalinio parko Plokščių eglyno dirvožemyje, per 12 metų laikotarpį procentinis nuokrypis nuo bendro vidurkio yra nežymus (2.2.4, 2.2.5 pav.). Pastebimas neigiamas nuokrypis tik 1997 m. ir 2003 m. Tokia pati tendencija atsispindi ir oribatidinių erkių dinamikoje. Nuokrypiai nuo vidurkio žymiai ryškesni stebint gamazidinių erkių ir kolembolų dinamiką. Sausringiausi 1999m., 2000 m., 2002 m. ir 2003 m. atsispindi kolembolų sumažėjimu, o lietingi 2004 m. – jų pagausėjimu.

Plokščių eglyno dirvožemyje per 12 metų oribatidinių erkių aptikta 110 rūšių, gamazidinių – 33, kolembolų – 31. Iš viso identifikuotos 178 mikroartropodų rūšys. Per 2002-2006 m. tyrimo laikotarpį aptikta 14 naujų šiam biotopui oribatidinių erkių rūšių. Tačiau bendras šios mikroartropodų grupės rūšių skaičius buvo žymiai mažesnis – 53 rūšys, tuo tarpu 1995-2001 m. tyrimo laikotarpiu aptiktos 94 oribatidinių erkių rūšys. Šių erkių cenzos branduolį, kaip ir kitų miškų smiltžemių dirvožemiuose, sudaro smulkios

dirvožeminės rūšys – *Oppiella nova* (22,2%), *Suctobelbella* sp. (15,1%), *Tectocepheus velatus* (9,4%) ir *Brachychthonius* sp. (8,3%) (2.2.8 lentelė).

Gamazidinės erkės Plokščių eglyno dirvožemyje sudaro nuo 3,1 iki 11,2% visų mikroartropodų. Per visą tyrimo laikotarpį jų aptikta 33 rūšys: 31 rūšis aptikta 1995-2001 m. laikotarpiu ir 18 2002-2006 m. 15 ankstesniu tyrimo laikotarpiu aptiktų rūšių nebuvo aptiktos 2002-2006 m. tyrimo laikotarpiu. Naujai užfiksuotos tik dvi rūšys – *Parasitus magnus* ir *Zercon triangularis* (2.2.9 lentelė). 2003 m. gamazidinių erkių gausumui sumažėjus iki 6,9 tūkst. 1 m<sup>2</sup>, buvo aptiktos tik 6 jų rūšys. Net ir dominuojančių, pastoviai aptinkamų *Parazercon sarekensis*, *P. kochi* ir *Veigaia nemorensis* buvo aptikti tik pavieniai individai (2.2.9 lentelė). 2004 m., padidėjus gamazidinių erkių gausumui beveik 7 kartus, jų buvo aptikta 13 rūšių.

Plokščių eglyno dirvožemyje per 12 metų tyrimo laikotarpį aptikta 31 kolembolų rūšis. 2002-2006 m. laikotarpiu kolembolų rūšinis sąstatas pasipildė 8 naujai aptiktomis rūšimis, tačiau 9 rūšys, anksčiau (1995-2001 m.) aptiktos, šiuo laikotarpiu neaptiktos. Dauguma kolembolų – jauni, nesubrendę individai. Iš identifikuotų iki rūšies nebuvo aptiktos *Orchesella cincta*, *Pogonognatellus longicornis*, *Sminthurinus aureus* (2.2.10 lentelė). Tuo būdu pirmame tyrimo periode buvo aptiktos 23, antrame – 22 kolembolų rūšys. 2003 m., kolembolų gausumui sumažėjus iki 1,8 tūkst. 1 m<sup>2</sup>, aptiktos tik 7 kolembolų rūšys. Tokiais atvejais įvyksta pakitimai ne tik recedentinių ir subrecedentinių rūšių lygmenyje, bet ir cenožės branduolyje. Dominuojanti *Mesaphorura gr. krausbaueri* rūšis (34,8%) 2002 m. visai neaptikta, o 2003 m. – tik pavieniai individai (2.2.10 lentelė). Esant palankioms klimatinėms sąlygoms (2004m.) kolembolų gausumas padidėjo 38,4 karto, o rūšių skaičius nuo 7 padidėjo iki 17.

Galime teigti, kad kolembolos yra jautriausiai reaguojanti net į mikroekologinius pakitimus ekosistemose dirvožemio lygyje mikroartropodų grupė.

2002-2006 m. tyrimo laikotarpiu ŽNP Plokščių eglyno dirvožemyje buvo aptikta 12 rūšių smulkių vabzdžių lervų (2.2.11 lentelė). Dominavo mikofaginės *Itonididae* šeimos lervos. Trys rūšys buvo dominantinės, dvi priklausė subdominantams, likusios 7 rūšys buvo recedentinės (2.2.11 lentelė).

**Dzūkijos nacionalinis parkas (Dubininkai).** Dzūkijos nacionaliniame parke vyraujantys kerpšiliniai miškai daug skurdesni savo biologine įvairove ir labiau pažeidžiami nei Aukštaitijos mėlyninio pušyno dirvožemiai.

Mikroartropodų gausumas Dzūkijos nacionalinio parko dirvožemyje yra žymiai mažesnis: per 14 tyrimo metų nustatytas vidutinis gausumas – 147,4 tūkst. ind. 1 m<sup>2</sup>.

1993-2001 m. tyrimo laikotarpyje jis buvo 139,3 tūkst. ind. 1 m<sup>2</sup>, o 2002-2006 m. jis padidėjo iki 162,3 tūkst. ind. 1 m<sup>2</sup> (2.2.12 lent.). Šiuose dirvožemiuose dominuojanti mikroartropodų grupė – oribatidinės erkės, kurios sudaro vidutiniškai 70,7% visų mikroartropodų. Jų vidutinis gausumas 104,3 tūkst. ind. 1 m<sup>2</sup>. Jų gausumas svyruoja nuo 48,7 (1995 m.) iki 165,5 tūkst. ind. 1 m<sup>2</sup> (2001 m.). Ypač ryškus oribatidų dominavimas 2005 m. – jos sudarė 83,9% visų mikroartropodų (2.2.1 pav.).

Mikroartropodų gausumo atskirais metais nuokrypis nuo 14 metų bendro vidurkio nėra didelis (2.2.6 ir 2.2.7 pav.). 2004, 2005 ir 2006 m. oribatidinių erkių procentinis gausumas už bendrą vidurkį buvo didenis 1,3; 1,5 ir 1,3 karto atitinkamai.

Dubininko kerpšilio smėlžemio dirvožemyje iš viso aptikta 150 mikroartropodų rūšių – 88 oribatidinių erkių, 32 gamazidinių erkių ir 30 kolembolų rūšių.

Oribatidinių erkių cenožės branduolį, kaip ir kitų miškų smėlžemiuose, sudaro smulkios dirvožeminės *Opiidae* ir *Suctobelbidae* šeimų erkės ir *Tectocephus velatus* rūšis. 28,2% sudaro *Oppiella nova*, 15,0% *Tectocephus velatus* ir 18,3% kelios *Suctobelbidae* šeimai priklausančios rūšys. 2002-2006 m. tyrimo laikotarpyje buvo aptiktos naujos 12 rūšių, kurios neaptiktos 1993-2001 m. tyrimo laikotarpiu. Dažniausiai tai pavieniai individai (2.2.13 lentelė).

Gamazidinių erkių gausumas per pakutiniuosius penkerius metus svyravo nuo 6,6 (2002 m.) iki 47,6 tūkst. ind. 1 m<sup>2</sup> (2004 m.) (2.2.12 lentelė). Gamazidinės erkės tampriai susietos trofiniais ryšiais ne tik su kitomis mikroartropodų grupėmis, bet ir su visa zoocenoze. Jų tarpe yra ne tik saprofagai, bei ir zoofagai bei parazitai.

1993-2006 m. tyrimo laikotarpiu gamazidinių erkių vidutinis gausumas DNP dirvožemyje 15,2 tūkst. ind. 1 m<sup>2</sup>. Atskirais metais jis svyruoja nuo 5,9 (1999 m.) iki 47,6 tūkst. ind. 1 m<sup>2</sup> (2004 m.) (2.2.12 lentelė). Tokį neįprastą gamazidinių erkių pagausėjimą 2004 metais iššaukė labai gausios rudenį nesubrendusios preimaginalinių stadijų erkės. Dominuoja šiame dirvožemyje saprofaginė rūšis *Parazercon sarekensis* (2.2.14 lent.). Per visą tyrimo laikotarpį aptiktos 32 gamazidinių erkių rūšys. 1993-2001 m. laikotarpiu aptiktos 27 rūšys, 2002-2006 m laikotarpiu – 21 rūšis (aptiktos 5 naujos rūšys pavieniais individais: *Dendrolaelaps* sp., *Hypoaspis praesternalis*, *Leioseius* sp., *Neojordensia laevis*, *Parasites magnus*. Gamazidinės erkės DNP dirvožemyje sudaro 10,3% visų mikroartropodų.

Kolembolų vidutinis gausumas Dzūkijos nacionalinio parko dirvožemyje per visą tyrimo laikotarpį – 17,7 tūkst. ind. 1 m<sup>2</sup>. Atskirais metais jis svyravo nuo 7,4 (1999 m.) iki 34,0 tūkst. ind. 1 m<sup>2</sup> (2004 m.). Viso aptikta 30 kolembolų rūšių. 2002-2006 m. laikotarpiu

aptiktos dar 5 naujos rūšys: *Anurida* sp., *Entomobrya muscorum*, *Falsomia fimetaria*, *Isotomina bipunctata* ir *Isotomodes productus*. Per paskutiniuosius penkerius metus aptikta 19 kolembolų rūšių, o iki to laiko – 24 rūšys. Atrodytų, kad rūšių skaičius mažėja. Tačiau stebint atskirus metus, matome, kad šiame biotope aptinkamų rūšių skaičius gali svyruoti nuo 6 (1995 m.) iki 11 (2006 m.) (2.2.15 lentelė). Kolembolos Dubininko kerpšilinio pušyno dirvožemyje sudaro 12,0% visų mikroartropodų.

Dzūkijos kerpšilinio smėlžemio dirvožemyje bendras mikroartropodų gausumas beveik 100 tūkst. ind. 1 m<sup>2</sup> atsilieka nuo Aukštaitijos NP dirvožemio, tačiau rūšinė įvairovė yra panaši.

Literatūriniai duomenys apie klimato poveikį dirvožemio zoocenozėms, ypač šiaurės platumose, vidutinio klimato zonoje yra labai skurdūs ir pašvęsti kolembolų tyrimams (Jucevica, Meleciš, 2002; 2006). Tiriant kolembolų gausumą skirtingo amžiaus pušynų dirvožemyje Latvijoje nustatyta, kad drėgmės fliktuacijos dirvožemyje koreliuoja su kolembolų gausumu. Klimato šiltėjimas turi neigiamą poveikį kolemboloms. Mūsų atlikti 14 ir 12 metų trukę kompleksiniai dinaminiai mikroartropodų tyrimai yra vininteliai mūsų geografinėje zonoje.

### 2.3. Apibendrinimas ir išvados

Išnagrinėjus ilgamečius dinامينius mikroartropodų tyrimų duomenis galime teigti, kad Lietuvos spygliuočių miškų dirvožemiuose plačiai paplitę mikroartropodai, kurių gausumas vidutiniškai yra: Aukštaitijos NP – 219,8, Žemaitijos NP – 384,4 ir Dzūkijos – 162,3 tūkst. ind. 1 m<sup>2</sup>. Mikroartropodų tarpe dominuoja oribatidinės erkės. Todėl šiuos dirvožemius galime apibūdinti kaip mikroartropodinius-oribatidinius.

Rūšių gausumu išsiskiria Žemaitijos NP eglynas, kuriame per visą tyrimo laikotarpį aptiktos 174 mikroartropodų rūšys, iš kurių 110 – oribatidinės erkės. Aukštaitijos NP aptiktos 157 mikroartropodų rūšys, iš kurių 97 – oribatidinės erkės, Dzūkijos NP aptikta 150 rūšių, iš kurių 88 – oribatidinės erkės.

Visi rūšinės įvairovės rodikliai rodo, kad visumine įvairove išsiskiria Žemaitijos NP eglynas (2.2.16 lentelė), tačiau gausumo ir rūšinės įvairovės analizės duomenys leidžia pastebėti mikroartropodų gausumo ir rūšinės įvairovės mažėjimo tendenciją šių miškų dirvožemiuose pastaraisiais metais (2002-2006 m.).

Biologinių procesų prognozė sąlyginai natūralių ekosistemų dirvožemiuose galima tik pastoviai (kasmet) sekant pagrindinių pedobiontų grupių dinamiką. Penkerių metų intervalas šiuose tyrimuose yra netikslingas ir nepateisinamas.

## 2.4 Literatūra

- Augustaitis A., Baužienė I., Gulbinas Z. ir kt., 2006. II Kompleksiško ekosistemų monitoringo stotys ir jų charakteristika. Sąlygiškai natūralių ekosistemų kompleksiškas monitoringas. Vilnius: 17-24.
- Augustaitis A., Arbačiauskas K., Baužienė I. ir kt., 2006. Sąlygiškai natūralių ekosistemų kompleksiškas monitoringas. (10-mečiui). Vilnius: 111 p.
- Engelmann H. D., 1978. Zur dominanzklassifizierung von baden arthropoden. *Pedobiologia*, 18 (5/6): 378-380.
- Gyvūnijos monitoringo paslaugos, 2001. 1.9. Pedobiontų bendrijų struktūros bei mikrobiologinio dirvos aktyvumo monitoringas kompleksinio ekosistemų monitoringo teritorijose, 2001. Ataskaita. Ekologijos in-tas. Vad. I. Eitminavičiūtė: 56 p.
- Jucevica E., Melecis V., 2002. Long-term dynamics of Collembola in a pine forest ecosystem. *Pedobiologia*. 46: 365-372.
- Jucevica E., Melecis V., 2006. Global warming affects Collembola community: a long term study. *Pedobiologia*. 50: 177-184.
- Manual for integrated monitoring, 1997. Helsinki: 192 p.
- Rašomavičius V., 2006. 4.1.2. Augmenijos rūšinės įvairovės ir gausumo monitoringas. Sąlygiškai natūralių ekosistemų kompleksiškas monitoringas. Vilnius: 73-76.
- Гиляров М. С., Стриганова Б. П., 1987. Количественные методы в почвенной зоологии. Москва.

### 3. Mikrobiologinis dirvožemio aktyvumas Aukštaitijos ir Žemaitijos nacionalinių parkų ekosistemose

#### 3.1. Metodika

Aukštaitijos nacionalinio parko žaliasamaninio pušyno (Ažvinčio giria) ekosistemos dirvožemio mikrobiologinio aktyvumo tyrimai buvo vykdomi kasmet nuo 1993 iki 2001 metų. Žemaitijos nacionalinio parko kiškiakopūstinio mėlyninio eglyno (Plokšiai) ekosistemos dirvožemyje šie tyrimai buvo vykdyti nuo 1995 metų (Ataskaita, 2001).

Praėjus 5 metams mikrobiologiniai tyrimai šiuose biotopuose buvo pakartoti. Dirvožemio pavyzdžiai buvo imti, kaip ir ankstesniais tyrimo metais, rugsėjo pirmoje dekaadoje. Laboratorijoje buvo tirti švieži dirvožemio pavyzdžiai. Mikroorganizmų gausumas išreikštas kolonijas sudarančiais vienetais (KSV) 1 g sauso dirvožemio.

Saprofitinės mikrofloros gausumas tirtas praskiedimo metodu ant selektyvinių agarizuotų mitybinių terpių (СЭги, 1983). Bakterijos, skaidančios organinius azoto junginius (amonifikatorės), augintos ant mėsos peptono terpės (MPA); bakterijos, asimiliuojančios mineralinį azotą, – ant krakmolo ir amoniako agarų terpės (KAA); oligonitrofilinės bakterijos – ant agarizuotos Ešbi terpės (EA); bakterijos, transformuojančios huminius junginius, – ant agarizuotos dirvožemio ištraukos (DI). Aktinomicetų kolonijos skaičiuotos ant visų minėtų terpių. Mikroskopiniai grybai (mikromicetai) auginti ant parūgštintos Čapiko-Dokso agarų terpės (ČA). Celiuliozę skaidantys mikroorganizmai (streptomicetai, bakterijos, grybai) auginti ant agarizuotos Hetčinsono terpės (HA).

Gauti mikrobiologinių tyrimų duomenys įvertinti, kaip ir ankstesniais tyrimo metais, pagal vieningą duomenų apdorojimo sistemą (Багданавичене, 1998). Bakterijų struktūrinių grupių gausumas tarpusavio atžvilgiu įvertintas procentais. Bakterijų mineralizatorių ir humifikatorių struktūrinis-funkcinis santykis (M/H) skaičiuotas pagal principą: 1 daliai mineralizatorių (M) prilygsta trigubas kiekis bakterijų, užaugusių ant MPA terpės, tuomet humifikatorių (H) gausumą sudaro bakterijų, užaugusių ant KAA, EA ir DI terpių, kiekio suma. Bakterijų funkcinių grupių – mineralizatorių ir humifikatorių gausumui palyginti naudoti gausumo koeficientai, išreikšti atvirkštiniais dydžiais (1/M) (1/H), todėl didesnę koeficiento išraišką atitinka mažesnis bakterijų gausumas. M/H santykio išraiška gaunama dalinant koeficientus 1/M iš 1/H. Šis santykis, priklausomai nuo kintančio bakterijų gausumo struktūrinėse grupėse, gali pasislinkti į vieną ar kitą pusę: mineralizacijos (1/0,n) arba humifikacijos (1/n,0) procesų suaktyvėjimo kryptimi.

### 3.2. Tyrimo rezultatai

Mikrobinio aktyvumo tyrimų, atliktų 2006 metais Aukštaitijos ir Žemaitijos ITM biotopų dirvožemiuose praėjus 5 metams nuo ankstesnių tyrimų, rezultatai parodė, kad minėtuose biotopuose mikroorganizmų gausumo, struktūrinė sudėtis ir funkciniai santykių pasiskirstymo dėsniniai iš esmės liko nepakitę. Bakterijų struktūrinių grupių gausumo vertės buvo panašios į ankstesniasias (3.2.1 lentelė).

Abiejuose biotopuose mažai aktinomicetų ir celiuliozę skaidančių mikroorganizmų. Pastarųjų tarpe kaip ir anksčiau beveik visai nėra bakterijų. Jos tesudarė tik 3 – 4% bendro celiuliozę skaidančių mikroorganizmų gausumo. Eglyne, kaip ir ankstesniais tyrimo metais, mikromicetų gausumas gerokai didesnis nei pušyne – 503,66 ir 349,49 tūkst. KSV/g s.d. atitinkamai (3.2.2, 3.2.3 lentelės).

Sausa 2006 metų vasara abiejuose biotopuose turėjo įtakos bakterijų struktūrinių grupių gausumo parametrų ir funkcinio santykio pokyčiams. Aukštaitijos ir Žemaitijos ITM biotopuose M/H santykis buvo pasislinkęs bakterijų humifikatorių gausumo didėjimo kryptimi 1/1,94 ir 1/1,73 atitinkamai (3.2.1 lentelė).

Pušyne bakterijų grupinėje struktūroje dominavo oligonitrofilinės (EA) ir huminius junginius transformuojančios bakterijos (DI) – 35,27 ir 35,16% atitinkamai. Sausringais tyrimo metais jų gausumas daugumoje atvejų sudarydavo didesnę procentinę dalį visų tirtų bakterijų grupių gausumo verčių. 2006 metai ne išimtis. Eglyno biotope bakterijų humifikatorių grupinėje struktūroje tokių gausumo pasiskirstymo dėsninių nepastebėta. (3.2.1 lentelė). Bakterijų mineralizatorių (MPA) gausumas 2006 metais abiejuose biotopuose buvo gan žemas. Tai būdinga esant sausringoms vasaroms. Mineralinį azotą įsisavinančių bakterijų (KAA) gausumas pušyno biotope šiais tyrimo metais taip pat buvo sausringų metų normos ribose. Tačiau eglyno biotope šių bakterijų gausumas nelabai koreliavo su sausringais arba lietingais metais.

Bakterijų funkcinį grupių aktyvumo pokyčiams turi įtakos ne tik drėgmės kiekis dirvožemyje, bet taip pat ir maistmedžiagų, ypač azoto junginių kiekis, patenkantis į dirvožemį.

Atlikti atmosferinių srautų 1994 – 2000 m. tyrimai Aukštaitijos ir Žemaitijos ITM regionuose (Aplinkos būklė. A.7.1, 2001, Šopauskienė, 2001) parodė, kad sieros ir azoto junginių atmosferos srautai Aukštaitijoje mažesni nei Žemaitijoje. Didesnės sieros dioksido ir azoto rūgšties koncentracijos ore Žemaitijoje lėmė didesnius sulfatų ir nitratų sausuosius



srautus, kurie net 30% buvo didesni nei Aukštaitijoje. Per 6 metų tyrimo laikotarpį amoniakinio azoto srautai abiejuose regionuose sumažėjo apie 50%, tačiau Žemaitijoje jie liko didesni.

Šie atmosferiniai medžiagų srautai, patekdami į miško dirvožemį, be abejo, turėjo įtakos bakterijų, ypač mineralinį azotą išsivinančių bakterijų, veiklos aktyvumui ir jų gausumo netolygumui, o taip pat celiuliozę skaidančių bakterijų nedidelio kiekio atsiradimui. Mažesni atmosferinių medžiagų srautai Aukštaitijos ITM sąlygojo vienodesnes aplinkos sąlygas mikroorganizmų veiklai, todėl bakterijų struktūrinio ir funkcinio santykio M/H mediana per atskirus tyrimo laikotarpius gan stabiliai pasislinkus bakterijų humifikatorių gausėjimo kryptimi  $1/1,41 - 1/1,24$ . O šių verčių vidurkis stabiliai buvo arti pusiausvyros  $1/0,96 - 1/1,16$  (3.2.4. lentelė). Žemaitijos ITM santykio M/H vidurkis ir ypač mediana buvo toli nuo pusiausvyros. Šiame biotope dominavo mineralizacijos procesai  $1/0,66 - 1/0,86 -$  mediana ir  $1/0,72 - 1/0,99 -$  vidurkis (3.2.4 lentelė).

Aktinomicetų ir mikromicetų gausumo mediana ir vidurkiai Aukštaitijos ir Žemaitijos ITM, lyginant atskirus tyrimo laikotarpius, taip pat buvo gana pastovūs ir artimi. Tačiau celiuliozę skaidančių mikroorganizmų gausumas ir struktūrinė sudėtis nepasižymėjo dideliu pastovumu (3.2.5 lentelė).

Paskutiniaisiais (2006) tyrimo metais Aukštaitijos ITM, lyginant su 2001 metais, konstatuotas nežymus bakterijų mineralizatorių ir gan didelis (30%) bakterijų humifikatorių gausumo padidėjimas; Žemaitijos ITM, priešingai, sumažėjimas (3.2.1 lentelė).

Mikromicetų gausumas 2006 metais, lyginant su 2001 m., Aukštaitijos ITM sumažėjo daug stipriau, nei Žemaitijos ITM, o aktinomicetai priešingai (3.2.2 lentelė).

Celiuliozę skaidančių mikroorganizmų gausumas 2006 tyrimo metais Aukštaitijos ITM padidėjo mažai aktyvių, lėtai augančių celiuliozę skaidančių streptomicetų, o Žemaitijos ITM – celiuliozę skaidančių grybų sąskaita (3.2.3 lentelė, 3.2.1 pav.).

Lyginant atskirų tyrimo laikotarpių mikroorganizmų gausumo pokyčius, Aukštaitijos ITM stebima nedidelė bakterijų gausumo didėjimo tendencija. Per 3 skaičiuotus tyrimo laikotarpius mediana  $1/M - 52,25, 41,46$  ir  $40,17$ ;  $1/H - 36,97, 33,42$  ir  $31,76$ . Žemaitijos ITM stebima bakterijų mineralizatorių gausumo mažėjimo tendencija (mediana  $1/M - 24,53, 27,06$  ir  $32,10$ ), humifikatorių gausumas čia beveik nekito (mediana  $1/H - 37,36, 37,97$  ir  $37,45$ ) (3.2.4 lentelė).

Mikromicetų gausumas abiejuose biotopuose turi tendenciją mažėti. Matomai, tam gali turėti įtakos dirvožemio šarmėjimas. Kaip rodo tyrimo duomenys (Ataskaita, 2001), jau nuo 2000 metų dirvožemis, ypač Žemaitijos ITM, šarmėja. 2006 metais – Aukštaitijos ITM dirvožemio pH 4,44, o Žemaitijos ITM – 4,80 (2.1.1, 2.1.2 lentelės).

Lietuvos miškų monitoringo 6 metų stebėjimo laikotarpyje (1992–1998 m.) pušnyuose ir eglynuose viršutiniame 20 cm storio mineralinio ar durpinio dirvožemio sluoksnyje 69% visų tyrimų atvejų nustatytas pašarmėjimas, 28% – parūgštėjimas, 3% reakcija nepakito. Tyrėjai daro prielaidą, kad sumažėjus oro taršai dėl perteklinio kritulių kiekio (1998 m. birželio–rugpiūčio mėn. atmosferos kritulių iškrito 2–5 kartus daugiau). Viršutiniai dirvožemio horizontai galėjo pašarmėti išsiplovus judriai sierai (Aplinkos būklė. B.7.1, 2001).

Sugretinus mikrobinio aktyvumo pokyčius su kitų tyrėjų duomenimis, parodančiais aplinkos sąlygų rodiklių kintančias vertes, galima daryti išvadą, kad dirvožemio mikroorganizmai vienokiu ar kitokiu būdu reaguoja į klimato, drėgmės, taršos mineraliniais junginiais ir kt. pokyčius. O tam, kad gautume pilnesnį ir statistiškai patikimą vaizdą apie mikrobinio aktyvumo būklę dirvožemyje, reikalingi nepertraukiami, sisteminiai tyrimai, trunkantys ilgesnį laiko tarpą.

### 3.3. Apibendrinimas ir išvados

Mikrobinio aktyvumo tyrimai, atlikti 2006 metais Aukštaitijos ir Žemaitijos ITM biotopų dirvožemiuose praėjus, 5 metams nuo ankstesnių tyrimų, parodė, kad minėtuose biotopuose mikroorganizmų gausumo, struktūrinės sudėties ir funkcinių santykių pasiskirstymo dėsningumai iš esmės liko nepakitę. Bakterijų struktūrinių grupių gausumo vertės buvo panašios į ankstesniasias.

Abiejuose biotopuose mažai aktinomicetų ir celiuliozę skaidančių mikroorganizmų. Pastarųjų tarpe kaip ir anksčiau beveik visai nėra celiuliozę skaidančių bakterijų. Eglyne, kaip ir ankstesniais tyrimo metais, mikromicetų gausumas gerokai didesnis nei pušyne.

Lyginant atskirų tyrimo laikotarpių mikroorganizmų gausumo pokyčius, Aukštaitijos ITM stebima nedidelė, bet gan pastovi bakterijų mineralizatorių ir humifikatorių gausumo didėjimo tendencija, o Žemaitijos ITM bakterijų mineralizatorių gausumo mažėjimo tendencija. Mikromicetų gausumas abiejuose biotopuose turi tendenciją mažėti.

Dirvožemio mikroorganizmai vienokiu ar kitokiu būdu reaguoja į klimato, drėgmės, taršos mineraliniais junginiais ir kt. pokyčius. Kad gautume pilnesnį ir statistiškai patikimą

vaizdą apie mikrobino aktyvumo būklę dirvožemyje, reikalingi nepertraukiami, sisteminiai tyrimai, trunkantys ilgesnį laiko tarpą.

### 3.4. Literatūra

- Gyvūnijos monitoringo paslaugos, 2001. 1.9. Pedobiontų bendrijų struktūros bei mikrobiologinio dirvos aktyvumo monitoringas kompleksinio ekosistemų monitoringo teritorijose, 2001. Ataskaita. Ekologijos in-tas. Vad. I. Eitminavičiūtė: 56 p.
- Aplinkos būklė, 2001. A. 7. 1. SO<sub>2</sub>, NO<sub>x</sub> ir NH<sub>3</sub> srautai iš atmosferos. 2001. Lietuvos Respublikos aplinkos ministerija. Ataskaita: 69–72.
- Aplinkos būklė, 2001. B. 7. 1. Miško dirvožemių reakcijos kaita. 2001. Lietuvos Respublikos aplinkos ministerija. Ataskaita: 73–74.
- Šopauskienė D., Jasinevičienė D. and Stapčinskaitė S., 2001. The effect of changes in European anthropogenic emissions on the concentrations of sulphur and nitrogen components in air soil pollution, 130: 517–522.
- Багданавичене З., 1998. Методический подход к оценке функциональных отношений и доминантной структуры физиологических групп микроорганизмов в почвах различных экосистем. *Ekologija*. 3: 3–17.
- Сэги Й., 1983. Методы почвенной микробиологии. М.: 296 с.