



ALEKSANDRO STULGINSKIO UNIVERSITETAS  
Miškų monitoringo laboratorija

**KOMPLEKSINIŲ EKOSISTEMŲ TYRIMŲ  
INTEGRUOTO MONITORINGO STOTYSE  
PAGAL ICP IM PROGRAMĄ IR TOLIMŲJŲ  
ORO TERŠALŲ PERNAŠŲ POVEIKIO  
SĄLYGIŠKAI NATŪRALIŲ EKOSISTEMŲ  
KOMPONENTAMS ĮVERTINIMAS**

**A T A S K A I T A**

Sutarties NR. 28TP–2016–82

Kaunas 2017 m.



ALEKSANDRO STULGINSKIO UNIVERSITETAS

TVIRTINU:.....

Prorektorius – Romualdas Zemeckis

.....

**KOMPLEKSINIŲ EKOSISTEMŲ TYRIMŲ INTEGRUOTO  
MONITORINGO STOTYSE PAGAL ICP IM PROGRAMĄ IR  
TOLIMŲJŲ ORO TERŠALŲ PERNAŠŲ POVEIKIO SĄLYGIŠKAI  
NATŪRALIŲ EKOSISTEMŲ KOMPONENTAMS ĮVERTINIMAS**

**A T A S K A I T A**

Sutarties **NR. 28TP–2016–82**

Darbo vadovas: .....

Dr. Algirdas Augustaitis

Kaunas 2017 m.



## Santrauka

**Vykdamas paslaugos pirmąją dalį** 2016 m. gautų rezultatų pagrindu įvertintas tolimųjų oro teršalų pernašų iš kitų valstybių poveikis Lietuvos sąlygiškai natūralių ekosistemų būklei bei užtikrintas ICP IM ir Bendradarbiavimo programos tolimųjų oro teršalų pernašų Europoje monitoringo ir vertinimo srityje (toliau – EMEP) programų reikalavimus atitinkančius dujinių ir aerolinių priemaišų ore, pažeminio ozono, pagrindinių cheminių priemaišų foninių koncentracijų ir fizinių parametrų atmosferos iškritose ir polajiniuose krituliuose matavimų kiekis ir duomenų kokybė Aukštaitijos IM stotyje, taip įgyvendinant ICP IM ir EMEP programas.

2016 m. buvo įvertinti su tolimosiomis oro pernašomis iš kitų valstybių atneštų teršalų srautai per biologinius sąlygiškai natūralių ekosistemų elementus ir jų poveikis jiems, remiantis anksčiau surinktais duomenimis ir 2016 m. vykdomais tyrimais Aukštaitijos ir Žemaitijos IM stočių teritorijose, vadovaujantis Augalijos tyrimų pagal ICP IM programą parametrų bei apimčių patvirtintu sąrašu.

Aukštaitijos ir Žemaitijos IM stotyse atlikti epifitinių kerpių rūšinės įvairovės, gausumo ir būklės bei bendrųjų vystymosi parametrų stebėjimai. Vykdyti nuokritų sezoninės dinamikos bei jų užterštumo sunkiaisiais metalais, lapijos užterštumo sunkiaisiais metalais bei sausumos žaliadumblių būklės pokyčių Aukštaitijos ir Žemaitijos IM stotyse stebėjimai. Aukštaitijos ir Žemaitijos IM stotyse taip pat atlikti nuokritų ir lapijos fiziniai–cheminiai stebėjimai. Gauti stebėjimų rezultatai įvertinti ir su turimais 2015 metų bei 1993–2015 metų laikotarpio duomenimis.

Utenos rajone Rūgštėliško kaime esančioje Aukštaitijos kompleksinio monitoringo stotyje ir Ažvinčių sengirės tyrimų poligone buvo atlikti visi sutarties techninės specifikacijos III.4. dalyje numatyti, sąlygiškai natūralių ekosistemų kompleksinio monitoringo ICP IM ir EMEP programų reikalavimus atitinkantys, gamtinės aplinkos stebėjimai ir tyrimai; vykdyti kiti Aplinkos apsaugos agentūros inicijuoti gamtinės aplinkos stebėjimo – tyrimo darbai; atlikti reikalingi Stoties priežiūros – eksploatacijos darbai ir su tuo susiję apmokėjimai.

Aukštaitijos IM stotyje 2016 metais vykdyti oro, kritulių, vandens ir kitų elementų būklės lauko tyrimai pagal ICP IM ir EMEP programų bei ICP IM Vadovo reikalavimus, vadovaujantis Aukštaitijos IM stotyje tiriamų fizikinių, meteorologinių, oro ir vandens parametrų bei tyrimų apimčių patvirtintu sąrašu. Tirti aplinkos būklės parametrai (fizikinių, meteorologinių, oro ir vandens), privalomi pagal ICP IM reikalavimus, Aukštaitijos IM stoties teritorijoje ir tyrimų poligone, atliekant bandinių paėmimo ir matavimo darbus. Užtikrinta ICP IM programos reikalavimus sąlygiškai natūralių ekosistemų tyrimų stotims atitinkančios Aukštaitijos IM stoties priežiūra ir eksploatacija, sudarant kokybiškas sąlygas efektyviai tirti tolimųjų oro teršalų pernašų įtaką Lietuvos oro baseino kokybei. Užtikrintas paimtų bandinių pristatymas į atitinkamas akredituotas laboratorijas specializuotiems tyrimams nurodytu dažnumu.

Pateikti duomenys suvesti į specialų xls formatą Suomijos aplinkos institutui pateikti bei kitą spec. xls formatą Aplinkos apsaugos agentūrai saugoti.



## Turinys

<b>IVADAS</b> . . . . .	9
<b>I TOLIMŲJŲ ORO TERŠALŲ PERNAŠŲ POVEIKIO SĄLYGIŠKAI NATŪRALIŲ EKOSISTEMŲ KOMPONENTAMS VERTINIMAS</b>	<b>11</b>
1.1 <b>Oro taršos azoto junginiais bioindikacija</b> . . . . .	11
1.1.1. <i>Žaliųjų oro dumblių gausa.</i> . . . . .	11
<b>IŠVADOS</b> . . . . .	13
1.2 <b>Oro taršos sieros junginiais bioindikacija</b> . . . . .	14
1.2.1. <i>Epifitinių kerpių rūšinė įvairovė ir gausumas Aukštaitijos KMS kerpių tyrimo stotyje.</i> . . . . .	16
1.2.2. <i>Epifitinių kerpių rūšinė įvairovė ir gausumas Žemaitijos KMS kerpių tyrimo stotyje</i> . . . . .	17
<b>IŠVADOS</b> . . . . .	19
1.3 <b>Miško ekosistemų biotos komponentų bioindikacinių savybių tyrimo rezultatų apibendrinimas.</b> . . . . .	20
<b>II CHEMINIŲ KOMPONENČIŲ SRAUTAI SU NUOKRITOMIS, JŲ TRANSFORMACIJOS LAPUOSE.</b> . . . . .	<b>21</b>
2.1 <b>Nuokritų ir su jomis į dirvožemį patenkančių sunkiųjų metalų sezoninė dinamika</b> . . . . .	21
2.1.1. <i>Aukštaitijos KMS nuokritų tyrimai.</i> . . . . .	21
2.1.2. <i>Žemaitijos KMS nuokritų tyrimai</i> . . . . .	28
<b>IŠVADOS</b> . . . . .	35
2.2 <b>Pagrindinių maistinių elementų koncentracijų lapuose tyrimų pagal ICP IM programą rezultatai.</b> . . . . .	36
2.2.1. <i>Aukštaitijos kompleksinio monitoringo stotis.</i> . . . . .	38
2.2.2. <i>Žemaitijos kompleksinio monitoringo stotis.</i> . . . . .	45
<b>IŠVADOS</b> . . . . .	51
<b>III AUKŠTAITIJOS KOMPLEKSIŠKO MONITORINGO STOTYJE ATLIKTŲ DARBŲ APRAŠYMAS.</b> . . . . .	<b>53</b>
<b>IV TYRIMŲ SANTRAUKA</b> . . . . .	<b>70</b>
<b>V Report to Finnish Environment Institute</b> . . . . .	<b>76</b>





## IVADAS

Aštuntajame dešimtmetyje vis didėjantis aplinkos užterštumas privertė žmoniją suprasti, kad be objektyvios, pakankamai unifikuotos ir laiku pateiktos informacijos apie gamtinės aplinkos būklę ir pagrindinių jos komponentų antropogeninių pokyčių tendencijas, neįmanoma sukurti efektyvios aplinkos kokybės valdymo sistemos ir racionaliai naudoti gamtos išteklius. Todėl 1979 m. Europos sandraugos valstybės pasirašė „Konvenciją dėl tolimų atmosferos teršalų pernašų“ (*Convention on Long-range Transboundary Air Pollution – CLRTAP*), tapusią vienu pagrindinių įrankių, saugant ekosistemas nuo oro teršalų Europoje bei Šiaurės Amerikoje.

Šiaurės šalių Ministrų Taryba 1992 metais pasiūlė visoms trims nepriklausomybę atkūrusioms Baltijos valstybėms prisijungti prie Tarptautinės kompleksinio (integruoto) monitoringo programos ir skyrė tam reikalingą finansinę bei metodinę paramą. 1993 metais ekologinio monitoringo kompleksiško principui įgyvendinti pagrindiniuose Lietuvos kraštovaizdžiuose buvo įsteigtos 3 kompleksiško monitoringo stotys (KMS) minimalaus antropogeninio poveikio vietose, derinant jas prie nacionalinių parkų infrastruktūros. Stebėjimai šiuose stotyse traktuojami kaip globalinis foninis monitoringas (Lietuvos gamtinė aplinka, 1994). 1993 metais buvo įsteigtos Aukštaitijos ir Dzūkijos KM stotys, o 1994 m. – trečioji – Žemaitijos KM stotis. Visos šios stotys įsteigtos minėtų NP rezervacinėse zonose. Šiose stotyse kompleksiskai stebimi praktiškai visi gamtinės aplinkos komponentai ir juos jungiantys medžiagų srautai, kas sudaro galimybę įvertinti ne tik jų poveikį biotai, bet ir nustatyti tiriamų nedidelių upelių baseinų įvairių medžiagų balansą.

Pagrindinis Kompleksiško ekosistemų monitoringo tikslas – nustatyti, vertinti ir prognozuoti sąlygiškai natūralių ekosistemų būklę bei jos ilgalaikius pokyčius, įvertinus tolimųjų oro teršalų (ypač sieros ir azoto junginių) pernašų, ozono ir sunkiųjų metalų kaitą bei poveikį procesams vykstantiems ekosistemose, atsižvelgiant į regioninius ypatumus ir klimato pokyčius. Stebėjimų metodika ir stebimi parametrai sudaro galimybes panaudoti kaupiamą informaciją regioninių ir globalinių procesų pasekmėms vertinti bei modeliuoti ekosistemų lygmenyje. Visą tai turi užtikrinti mokslinės ir statistiškai patikimos, nuoseklios ir ilgalaikės aplinkos veiksnių duomenų sekos.

Sąlygiškai natūralių ekosistemų KM programos visapusiškas įgyvendinimas įgalina spręsti uždavinius susijusius ne tik su Tolimųjų oro teršalų pernašų konvencijos ir jos protokolų reikalavimais, bet ir su Tarpvalstybinių vandentakių ir ežerų apsaugos bei naudojimo

konvencijos, Jungtinių Tautų klimato kaitos konvencijos ir Kioto protokolo, Biologinės įvairovės konvencijos bei Vienos konvencijos dėl ozono sluoksnio apsaugos reikalavimais.

Integruoto monitoringo teritorijose Lietuvoje, sąlygiškai natūraliose ekosistemose jau dvidešimt du metus stebima ekosistemų būklė. Sukaupti rezultatai įgalina vertinti su tolimomis pernašomis į Lietuvos teritoriją patenkančių teršalų kaupimąsi, transformacijas jiems praeinant per medžių lajas ir poveikį miškų būklei. Todėl sąlygiškai natūralių ekosistemų monitoringo duomenis galima naudoti kaip atskaitos tašką, vertinant regioninę taršą, jungti į globalios taršos vertinimo sistemą.

Tačiau dvigubai sumažinus finansavimą tolimųjų oro teršalų pernašų poveikiui sąlygiškai natūralių ekosistemų komponentams nustatyti, šioje ataskaitoje pateikiami tik žaliųjų oro dublių gausos, epifitinių kerpių rūšinės įvairovės ir gausos, o taip pat nuokritų ir lapijos fizinių–cheminių tyrimų rezultatai, kurie palyginti su praėjusiais metais bei visu tiriamuoju laikotarpiu.

Vykdant paslaugas Utenos rajone Rūgštėlišio kaime esančioje Aukštaitijos kompleksinio monitoringo stotyje ir Ažvinčių sengirės tyrimų poligone buvo atlikti visi sutartyje numatyti, sąlygiškai natūralių ekosistemų kompleksinio monitoringo ICP IM ir EMEP programų reikalavimus atitinkantys, gamtinės aplinkos stebėjimai ir tyrimai; o taip pat Stoties priežiūros – eksploatacijos darbai ir su tuo susiję apmokėjimai.

# I. TOLIMŲJŲ ORO TERŠALŲ PERNAŠŲ POVEIKIO SĄLYGIŠKAI NATŪRALIŲ EKOSISTEMŲ KOMPONENTAMS VERTINIMAS

## 1.1 Oro taršos azoto junginiais bioindikacija

Plevelo genties dumbliai *Pleurococcus vulgaris* ir *Protococcus viridis* – oro užterštumo azoto junginiais bioindikatoriai (Brakenhelm, 1990). Kuo daugiau azoto junginių krituliuose ir atmosferoje, tuo storesniu ir tankesniu sluoksniu šie dumbliai padengia eglės spyglius, tuo greičiau plinta jų kolonijos.

1993 m. Aukštaitijos ir Dzūkijos KMS, o 1994 Žemaitijos KMS uždaruose upelių baseinuose buvo įkurtos žaliųjų oro dumblių gausumo tyrimo stotys. 2016 m. žaliųjų oro dumblių gausumo tyrimai pakartoti tryliką kartą.

### *Žaliųjų oro dumblių gausa*

Darbo tikslas: tirti Plevelo genties dumblių gausumą ant eglės spyglių, tiesiogiai ir betarpiškai reaguojantį į oro užterštumą azoto junginiais.

Palyginus 1993 metų žaliojo oro dumblio paplitimo bei spyglių padengimo intensyvumo tarp atskirų KM stočių tyrimo rezultatus buvo nustatyta, kad labiausiai azoto junginiais turėjo būt užterštas Dzūkijos KMS teritorija. Aukštaitijoje ir Žemaitijoje užterštumas šiais junginiais buvo kiek mažesnis ir beveik nesiskyrė tarpusavyje.

1998 m. pakartojus žaliadumblių gausos tyrimus nustatyta, kad didžiausių gausumu žaliadumbliai pasižymi Aukštaitijos KMS teritorijoje, kas liudytų apie šios teritorijos didžiausią užterštumą azoto junginiais. Kiek mažesniu gausumu pasižymėjo žaliadumbliai Dzūkijos KMS teritorijoje ir mažiausiu gausumu – Žemaitijos KMS teritorijoje.

2005 m. tyrimų rezultatai rodo oro baseino mažiausią užterštumą azoto junginiais pagal žaliųjų oro dumblių gausą ant stebimų eglės spyglių. Nuo šio laikotarpio iki pastarųjų 2012 m. žaliųjų oro dumblių gausa indikuoja gan stabilų ir neženklų oro užterštumą azoto junginiais.

2005–2009 m. žaliųjų oro dumblių gausa Žemaitijos KMS dumblių tyrimo stotyje beveik du kartus viršijo dumblių gausą Aukštaitijos KMS. Parametrai indikuojantys padengimo intensyvumą Žemaitijos KM stotyje reikšmingai viršijo Aukštaitijos KMS dumblių tyrimo stotyje gautus parametrus. Tokiu būdu būtų galima teigti, kad žaliųjų oro dumblių gausos kaita indikuoja tą patį dėsnį, kaip ir kiti rodikliai (medžių defoliacija, epifitinių kerpių gausa ir rūšinė įvairovė) – Žemaitijos KMS baseino foninis užterštumas didesnis negu Aukštaitijos KMS baseino, ką patvirtina ir oro bei kritulių tyrimo rezultatai.

2010–2015 m. tyrimų rezultatai rodo, kad KMS baseinuose turėtų mažėti tarša azoto junginiais. Palyginus gautus rezultatus tarp stočių, aukštesnėmis azoto koncentracijomis ore turėtų pasižymėti Žemaitijos KMS. 2015 m. dumblių gausa šioje stotyje vėl padidėjo reikšmingai, lyginant su 2014 m. Aukštaitijos KMS 2015 m. padengimas dumblių mažėjo.

**1 lentelė.** Žaliųjų oro dumblių stebėjimo rezultatai KM stotyse

Eil. Nr.	D1,3 mm	H dm	Spyglių amžius 1,6 m aukštyje	Vid. defol. %	Apaug. dumblių intensyvumas, balais	Apaug. dumblių jauniaus. ūglio amžius	Ūglių amžius, m.	
							su 50% spygli	su 5% spygli
.....*	DBH	HEIG	ANF	DEF	COAT	YALG	MED	MAX
<b>Aukštaitijos žaliųjų oro dumblių tyrimų stotis</b>								
1993	132	100	10	5	1,0	2,9	6,7	9,7
1998	114	100	10	5	1,8	2,7	6,0	8,6
2001	129	110	10	5	1,7	2,5	6,0	8,5
2004	134	110	9	10	1,5	3	6,5	9,0
2005	140	115	8,5	15	1,0	2,6	6,1	8,0
2006	120	85	6,3	15	1,3	2,7	5,2	6,0
2007	124	90	6,5	15	1,8	2,0	5,3	6,0
2008	132	95	6,5	10	1,2	2,6	5,5	6,0
2009	139	100	6,0	10	1,1	2,4	5,1	5,5
2010	145	105	7,0	9,0	1,1	1,8	5,1	6,0
2011	148	125	7,4	7,5	1,0	2,4	5,8	6,5
2012	155	130	6,6	5,5	1,2	2,3	5,2	6,6
2013	157	135	6,1	6,3	1,0	2,1	4,5	6,1
2014	160	137	6,4	6,0	1,0	2,9	5,5	6,4
2015	165	140	7,5	5,0	1,1	2,5	4,4	7,1
2016	168	145	7,0	5,0	1,2	2,62	5,6	7,0
<b>Dzūkijos žaliųjų oro dumblių tyrimų stotis</b>								
1993	95	86	8	11	2,1	3,1	5,0	8,0
1998	135	86	8	11	1,3	3,8	7,9	11,1
<b>Žemaitijos žaliųjų oro dumblių tyrimo stotis</b>								
1994	65	55	9	8	1,0	3,0	5,3	9,0
1998	78	55	9	8	1,2	3,2	4,3	6,4
2001	127	85	10	5	1,5	2,5	5,1	8,1
2004	222	150	8,7	14,3	1,6	2,0	5,8	7,8
2005	222	150	8,4	15,7	2,0	2,0	5,2	7,4
2006	227	150	8,7	16,0	2,6	1,3	4,8	7,5
2007	230	160	8,5	12,5	2,3	1,5	5,8	7,4
2008	233	165	8,0	9,2	2,5	1,3	5,0	8,0
2009	238	170	7,7	8,3	2,3	1,8	5,5	7,5
2010	242	175	9,0	8,7	1,9	1,0	6,2	8,0
2011	245	180	8,7	12,5	2,0	1,8	6,2	7,7
2012	245	185	8,0	9,2	1,6	1,1	5,2	7,8
2013	249	187	8,3	7,5	1,28	1,7	6,1	8,0
2014	251	188	8,1	10,0	1,25	1,4	5,4	7,9
2015	255	190	7,2	8,5	1,71	1,8	5,8	7,5
2016	260	195	7,3	10,0	1,28	2,5	5,4	7,3

Pastaba: \* – parametų sutrumpinimas pagal Manual of Integrated Monitoring, 1993

2016 m. Aukštaitijos KMS stebimų eglių spyglių padengimas žaliaisiais oro dumbliais iš esmės nepakito. Kaip ir ankstesniais metais vyrauja labai silpnas padengimo intensyvumas. Žaliadumbiais padengiami vis senesni spygliai, o stebimų eglių būklė taip pat išlieka labai gera. Pagal šiuos rodiklius Aukštaitijos KMS oro baseino užterštumas azoto junginiais turėtų išlikti panašiam lygmenyje ar kiek tai mažėti.

Gauti tyrimų rezultatai Žemaitijos KMS rodo, kad čia oro užterštumas azoto junginiais turėtų mažėti. Pagrindinis rodiklis indikuojantis tokią kaitą jauniausio ūglio amžius, kurio spygliai pradeda apaugti žaliaisiais oro dumbliais. Ar 2015 m. padidėjusi žaliųjų oro dumblių gausa buvo neatsitiktinė parodys tolesni tyrimai.

## **IŠVADOS**

1. Tyrimų pradžioje didžiausiu gausumu žaliadumbiai pasižymėjo Aukštaitijos KMS teritorijoje. Kiek mažesniu gausumu pasižymėjo žaliadumbiai Dzūkijos KMS teritorijoje ir mažiausiu gausumu – Žemaitijos KMS teritorijoje.
2. Nuo 2004 m. žaliųjų oro dumblių gausa Žemaitijos KMS dumblių tyrimo stotyje viršija šių dumblių gausą Aukštaitijos KMS dumblių tyrimo stotyje. Parametrai indikuojantys padengimo intensyvumą šioje stotyje reikšmingai viršijo Aukštaitijos KMS parametrus.
3. 2010–2015 m. Aukštaitijos ir Žemaitijos KMS baseinų tarša azoto junginiais turėtų išlikti panašiam lygmenyje ar demonstruoti mažėjimo tendenciją. 2016 m. tyrimo rezultatai patvirtino šios kaitos tendencijas.
4. Paskutiniuoju laikotarpiu oro baseinų užterštumas azoto junginiais neturi tendencijos didėti.

## 1.2. Oro taršos sieros junginiais bioindikacija

Kamieno epifitai, o ypač kerpės, jautriau nei ant žemės paviršiaus augantys augalai, reaguoja į oro taršą. Kerpės žudančiai veikia sieros dvideginis SO<sub>2</sub>, fluoro vandenilis HF, etilenas ir ozonas O<sub>3</sub> (James, 1973; De Wit, 1983). Laboratoriniais ir lauko bandymais patvirtinta, kad epifitinių kerpių bendrijos, kaip biomonitoriai, yra puikus daugelio teršalų stebėjimo objektas (Skye, 1979; Burton, 1986). Pagal epifitinių kerpių rūšinę įvairovę, jų gniužulų dydį ir būklę, atskirų jautrių ar tolerantiškų užterštumui kerpių rūšių buvimą, atsiradimą ar išnykimą ir pagal jų bendrijų sugebėjimą užimti didesnę plotą, sprendžiama apie oro užterštumo laipsnį ir aplinkoje vykstančius pokyčius. Silpnai išsivystę, pažeisti, bespalviai ar pajuodavę, maži ar žuvę epifitinių kerpių gniužulai dažniausiai parodo aplinkos užterštumą.

Analizuojant epifitinių makro-kerpių rūšinę įvairovę ir gausumą, Lietuvoje augančios kerpės sugrupuotos pagal jautrumą teršalams. Atliekant surinktų duomenų analizę buvo atsižvelgiama į epifitinių kerpių jautrumą teršalams, pagal 10 balų Europos miškų kerpių skalę (Lichens as ..., 1993):

1. Jautriausios užterštumui poleofobiškos kerpės – kerpių jautrumas – 5–7 balai:

- \* pilkoji laumagaurė (*Bryoria implexa* (Hoffm.) Brodo & D. Hawksw.), tamsioji laumagaurė (*Bryoria fuscescens* (Gyeln.) Brodo & D. Hawksw.) ir kt.. – 6 balai;
- \* kedenės (*Usnea Wigg. em Ach. spp.*), žalsvasis kežas (*Melanelia olivacea* (L.) Essl.) – 6 balai;
- \* sodinė briedragė (*Evernia prunastri* (L.) Ach.), vamzdiškasis plynkežis (*Hypogymnia tubulosa* (Schaer.) Havaas.) – 5 balai;
- \* dulkėtoji ramalina (*Ramalina pollinaria* (Westr.) Ach.), uosinė ramalina (*Ramalina fraxinea* (L.) Ach.), miltuotoji ramalina (*Ramalina farinacea* (L.) Ach.) – 5 balai;

2. Vidutinės poleotolerancijos kerpės – kerpių jautrumas – 3–4 balai:

- \* sėleninė briedragė (*Pseudevernia furfuracea* (L.) Zopf.), melsvoji kerpena (*Platismatia glauca* (L.) W.L. Culb. & C.F. Culb.), žalsvoji kerpena (*Tuckermannopsis chlorophylla* (Willd.) Hale (*Cetraria chlorophylla* (Willd. in Humb.) Vain.)), pušinė kerpena (*Vulpicida pinastri* (Scop.) J.–E. Mattsson & M.J. Lai.) – 4 balai;
- \* vagotasis kežas (*Parmelia sulcata* Taylor.) – 3 balai;

3. Pakankamai pakenčiančios užterštumą poleotolerantiškos kerpės – kerpių jautrumas – 1–2 balai:

- \* putlusis plynkežis (*Hypogymnia physodes* (L.) Nyl.), neapibrėžtoji kežuotė (*Parmeliopsis ambigua* (Wulfen.) Nyl.) – 2 balai;
- \* sieninė geltonkerpė (*Xanthoria parietina* (L.) Th. Fr.), daugiavaisė geltonkerpė (*Xanthoria polycarpa* (Hoffm.) Th. Fr. ex Rieber) – 1 balas.

Pirmieji kerpių tyrimai Aukštaitijos KMS atlikti 1993 m., o Žemaitijos KMS – 1994 m. Kerpių tyrimo stotyje (KTS) medžių kerpėtumas įvertintas 60, 90, 120 ir 150 cm aukštyje nuo žemės paviršiaus ant medžių kamienų linijiniu metodu (Bräkenhelm, 1990) ir nustatyta jų rūšinė įvairovė. Krūmiškosioms kerpėms (kedenėms, sėleninei briedragei) išmatuotas maksimalaus plaušo ilgis. Pakartotinai tyrimai šiose stotyse atlikti 1996, 1999, 2002 ir 2005 m.

Aukštaitijos IMS KTS kerpės tirtos 140 metų amžiaus pušyne. Čia rastos ir apmatuotos 4 epifitinių makrokerpių rūšys: putlusis plynkežis (*Hypogymnia physodes* (L.) Nyl.), sėleninė briedragė (*Pseudevernia furfuracea* (L.) Zopf.), neapibrėžtoji kežuotė (*Parmeliopsis ambigua* (Wulfen) Nyl.) ir šiurės genties kerpės (*Cladonia* spp. (Hill.) Vain.). Žemaitijos KMS kerpės tirtos mišriame eglės-pušies medyne, kurį sudaro brandi eglų, brandi pušų ir kelios jaunesnių eglų kartos. Šiame tankiame, sudėtiniame medyne užregistruotos ir apmatuotos 3 kerpių rūšys: putlusis plynkežis (*Hypogymnia physodes* (L.) Nyl.), melsvoji kerpena (*Platismatia glauca* (L.) W.L. Culb. & C.F. Culb.) ir šiurės genties kerpės (*Cladonia* spp. (Hill.) Vain.).

Visose kerpių tyrimo ploteliuose ant pušų kamienų registruojama pakankamai poleotolerantiška SO<sub>2</sub> lapiškoji kerpė – putlusis plynkežis. Melsvoji kerpena jautriausia iš Aukštaitijoje ir Žemaitijoje nuolatos stebimų kerpių rūšių. Šių kerpių jautrumas – 4 balai.

## Darbo rezultatai

1996 m. atlikta antroji epifitinių kerpių apskaita. Kai kurie šios apskaitos duomenys pateikiami 16 ir 17 bei 18 ir 19 paveiksluose. Aukštaitijos IMS užregistruotos 4 epifitinių makrokerpių rūšys: putlusis plynkežis, neapibrėžtoji kežuotė, šiurė ir sėleninė briedragė. Bendras Aukštaitijos KMS pušų kerpėtumas – 2,52 %. Putliuoju plynkežiu padengta tik 1,34 % pušų kamienų žievės (1993 metais buvo 1,78 %).

Žemaitijos IMS ant pušų ir eglų kamienų užregistruotos 3 epifitinių makrokerpių rūšys (po 3 ant pušų ir eglų medžių) – putlusis plynkežis, šiurė, melsvoji kerpena. Bendras Žemaitijos IMS pušų kerpėtumas – 7,68 %, eglų – 23,52 %. Putliuoju plynkežiu padengta tik 4,72 % pušų kamienų žievės (1994 metais buvo 4,79 %) ir 20,37 % eglų kamienų žievės (1994 metais buvo 20,92 %).

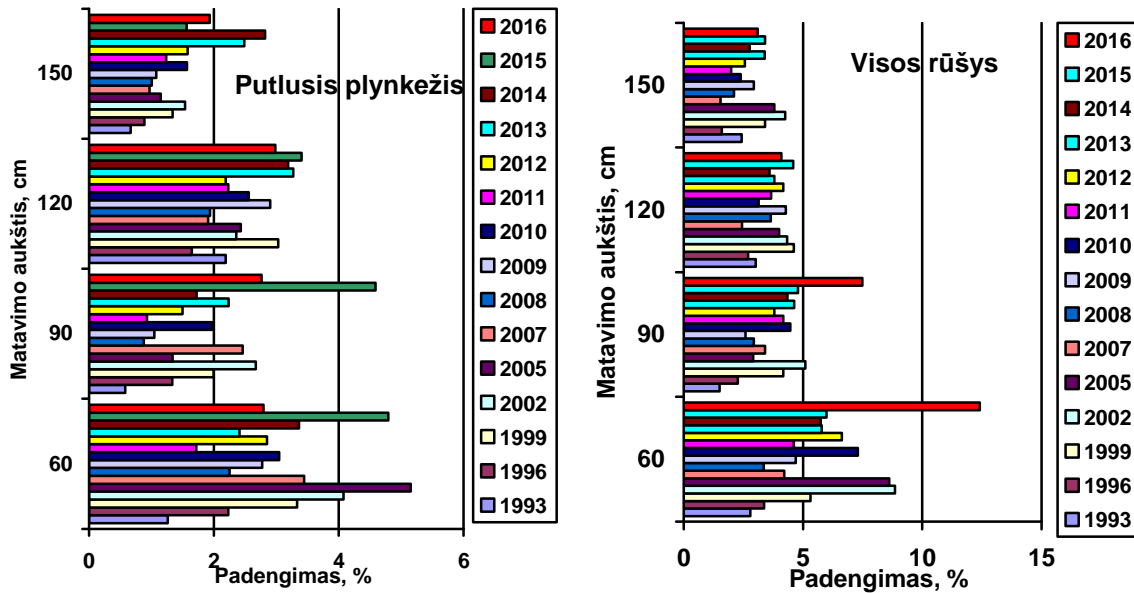
Taigi lyginant su pirma lichenometrine apskaita, absoliutūs padengimo kerpėmis skaičiai liko beveik nepakitę.

Trečios epifitinių kerpių gausumo apskaitos rezultatai rodė, kad labiausiai pušies kamienų kerpėtumas, kaip bendras taip ir putliuoju plynkežiu, padidėjo Žemaitijos IM stotyje, kiek mažiau Aukštaitijos ir mažiausiai Dzūkijos IM stotyje. 1999 m. naujų kerpių rūšių ant tirtų medžių nerasta.

2015 m. Aukštaitijos ir Žemaitijos KMS buvo atlikta 14-ta epifitinių kerpių rūšinės įvairovės, gausumo bei būklės apskaita.

1.2.1. Epifitinių kerpių rūšinė įvairovė ir gausumas Aukštaitijos KMS kerpių tyrimo stotyje

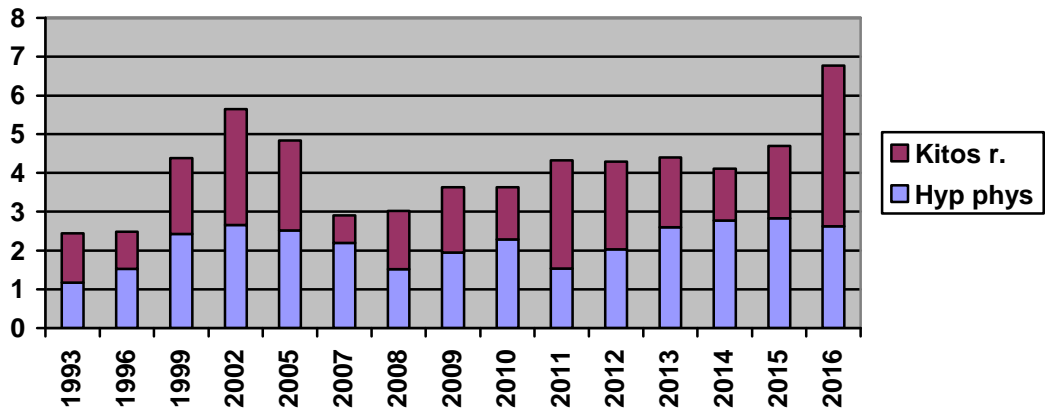
2016 m. Aukštaitijos KMS kerpių tyrimo stotyje gauti epifitinių kerpių gausumo tyrimo rezultatai pateikti 16 ir 17 paveiksluose.



16 pav. Pušies kamienų kerpėtumo (%) kaita Aukštaitijos KMS teritorijoje 1993–2016 m.

Iš pateiktų duomenų matyti, kad epifitinių kerpių bendras padengimo intensyvumas stabilizavosi. 2016 m. padengimo procentas visose lygmenyse kito nereikšmingai ar liko tame pačiame lygmenyje, kaip ir 2013–2015 m., bet tik viršutiniuose matavimo lygiuose, t.y. 120 cm ir 150 cm. aukštyje. 2016 m. reikšmingai padidėjo stebimų medžių kamienų kerpėtumas žemesniuose lygiuose, t.y. 90 cm ir ypač 60 cm aukštyje. Tai *Cladonia* genties individų augimo intensyvumo rezultatas. Dėl jų manome, kad ir sumažėjo padengimas putliuoju plynkežiu. Tokią epifitinių kerpių kaitą mūsų manymu galėjo sąlygoti klimatinės sąlygos, kai po pakankamai sauso 2015 m. sezono, drėgmės kiekis vėl pakilo sąlygodamas būtent *Cladonia* genties kerpių gausą.





17 pav. Pušies kamienų kerpėtumo (%) kaita Aukštaitijos KMS teritorijoje 1993–2016 m.

Apibendrinus paskutiniųjų metų tyrimo rezultatus, matyti, kad **epifitinių kerpių gausumas 2011–2015 m. laikotarpiu išlieka stabilus 4,2–4,7% ribose. Šiuo laikotarpiu reikšmingai pradėjo didėti tik pušies kamienų padengimas putliuoju plynkėžiu, kuris per paskutiniuosius penkerius metus padidėjo nuo 1,5% iki 3,6%.**

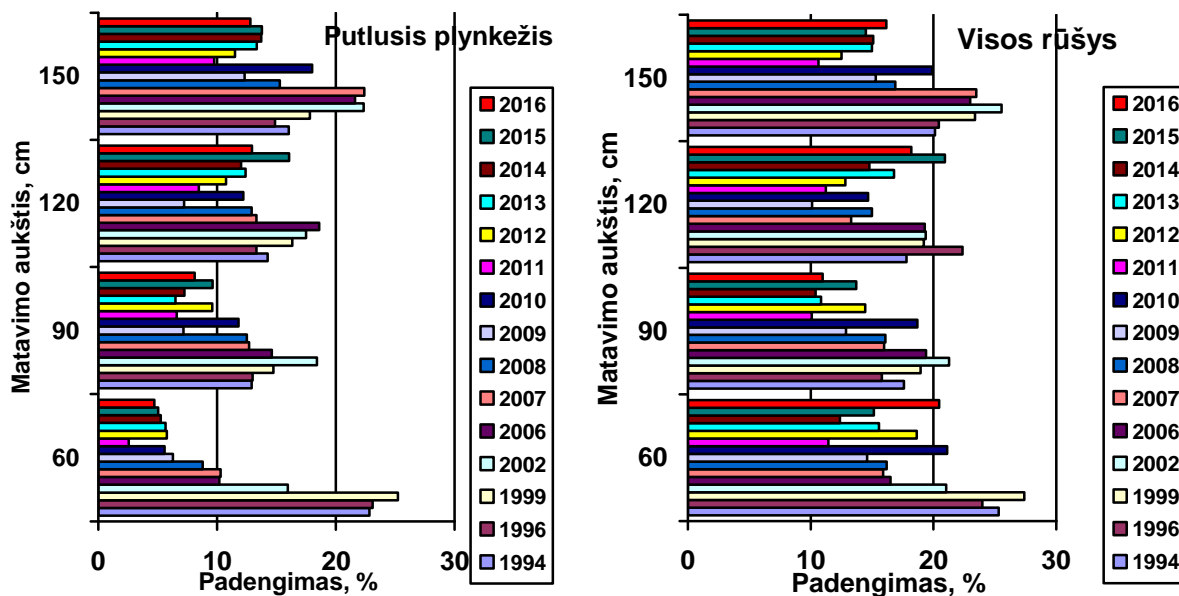
**2016 m. dėl intensyvaus kamienų padengimo Cladonia genties kerpėmis bendras tirtų medžių kerpėtumas padidėjo reikšmingai. Pagrindinė priežastis, po nepakankamai drėgnų 2015 m., 2016 m. kritulių kiekis vėl siekė normą. Teigti, kad tokį pokytį galėjo sąlygoti reikšmingas sieros komponentų koncentracijų sumažėjimas negalime, kadangi Cladonia genties epifitinės kerpės nėra jautrios šiam teršalui, o intensyviausiai reaguoja į meteorologinių veiksnių kaitą, pirmiausia drėgmę.**

### 2.2.1. Epifitinių kerpių rūšinė įvairovė ir gausumas Žemaitijos KMS kerpių tyrimo stotyje

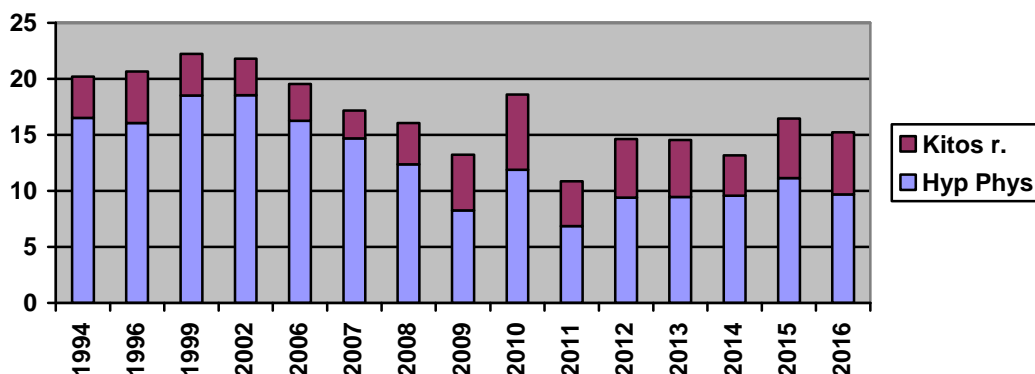
*Žemaitijos KMS kerpių tyrimo stotyje* gauti epifitinių kerpių gausumo apskaitos rezultatai pateikti 18 ir 19 paveiksluose. Iš pateiktų duomenų matyti, kad epifitinių kerpių gausumas ant atrinktų stebimų medžių per paskutinįjį laikotarpį turi tendenciją mažėti. Intensyviausiai šis procesas pasireiškė iki 2011 m. apatinėje stebo dalyje – 60 cm aukštyje. 2012–2013 m. padengimas epifitinėmis kerpėmis šiame aukštyje pradėjo didėti. Manome, kad pagrindinė priežastis buvo intensyvus medžių apledėjimas, kai daugelio medžių šakos lūžo nuo gausaus sniego ir ledo. Dideli nuokritų kiekiai už šį laikotarpį leidžia teigti, kad epifitinės kerpės daugeliu atvejų buvo mechaniškai nubrauktos nuo tiriamų kamienų. 2014 m. lyginant su praėjusiais metais tirtų medžių, bendras padengimo epifitinėmis kerpėmis intensyvumas nepakito ar net turėjo mažėjimo tendenciją.

2015 m. bendras stebimų medžių kamienų kerpėtumas praktiškai išliko taip pat stabilus, tik padidėjimo tendencija buvo registruojama 90 cm ir ypač 120 cm aukščiuose. 2016 m. registruotas kerpėtumo putliuoju plynkėžių rezultatas. Padengimas medžių kamienų šia

epifitine kerpių rūšimi sumažėjo visuose tyrimo lygmenyse. Priešingai negu Aukštaitijos KMS, *Cladonia* genties kerpių plėtra šioje stotyje reikšmingos įtakos plynkėžiu sumažėjimui negalėjo turėti. Šios epifitinės kerpės gausa reikšmingai nedidėjo.



18 pav. Medžių kamienų kerpėtumas (%) Žemaitijos KMS teritorijoje 1994–2016 m.



19 pav. Medžių kamienų kerpėtumas (%) Žemaitijos KMS teritorijoje 1994–2016 m.

2011–2015 m. medžių kerpėtumo rezultatai rodo, kad jei 2011 m. kerpėtumas buvo vienas iš mažiausių per visą tiriamąjį laikotarpį, tai 2012–2014 m. laikotarpiu šis rodiklis padidėjo ir išliko stabilus iki 2015 m. 2015 metais Žemaitijos KMS, kaip ir Aukštaitijos KMS, registruojamas pakankamai ženklus kamienų padengimo putliuoju plynkėžiu padidėjimas, o taip pat ir padidėjimas padengimo intensyvumo kitų rūšių, ypač *Cladonia* genties atstovais. Toks epifitinių kerpių gausumo padidėjimas gali būti sąlygotas mažėjančio aplinkos užterštumo bei mažesnio kritulių kiekio, kuris mechaniškai gali mažinti kamienų padengimą, ypač šaltuoju laikotarpiu.

2016 m. medžių kamienų kerpėtumas turėjo tendencija mažėti, ar tai galėjo sąlygoti mažėjanti oro tarša sieros junginiais parodys detalūs oro ir kritulių cheminių analizių rezultatai.

## IŠVADA

Apibendrinant lichenologinius tyrimų rezultatus kompleksiško monitoringo stotyse, galima teigti, kad klimatiniai faktoriai bei naudojami epifitinių kerpių gausumo tyrimo metodai neleidžia patikimai nustatyti esminių kaitos skirtumų Aukštaitijos ir Žemaitijos KMS baseinuose. Tačiau gausmo nors dar ir nereikšmingas didėjimas per pastaruosius penkerius metus rodo, kad oro baseino užterštumas KM stotyse turėtų mažėti.

Išskirtiniai 2016 m. atliktų tyrimų rezultatai:

**2016 m. dėl intensyvaus kamienu padengimo Cladonia genties kerpėmis Aukštaitijos KMS bendras tirtų medžių kerpėtumas padidėjo reikšmingai. Pagrindinė priežastis, po nepakankamai drėgnų 2015 m., 2016 m. kritulių kiekis vėl siekė normą. Teigti, kad tokį pokytį galėjo sąlygoti reikšmingas sieros komponentų koncentracijų sumažėjimas negalime, kadangi Cladonia genties epifitinės kerpės nėra jautrios šiam teršalui, o intensyviausiai reaguoja į meteorologinių veiksnių kaitą, pirmiausia drėgmę.**

**Žemaitijos KMS medžių kamienu kerpėtumas turėjo tendenciją mažėti, ar tai galėjo sąlygoti mažėjanti oro tarša sieros junginiais parodys detalūs oro ir kritulių cheminių analizių rezultatai.**

### 1.3. Miško ekosistemų biotos komponentų bioindikacinių savybių tyrimo rezultatų apibendrinimas

Tyrimų pradžioje didžiausiu gausumu žaliadumbliai pasižymėjo Aukštaitijos KMS teritorijoje. Kiek mažesniu gausumu pasižymėjo žaliadumbliai Dzūkijos KMS teritorijoje ir mažiausiu gausumu – Žemaitijos KMS teritorijoje. Nuo 2004 m. žaliųjų oro dumblių gausa Žemaitijos KMS dumblių tyrimo stotyje viršija šių dumblių gausą Aukštaitijos KMS dumblių tyrimo stotyje. Parametrai indikuojantys padengimo intensyvumą šioje stotyje reikšmingai viršijo Aukštaitijos KMS dumblių tyrimo stotyje gautus parametrus.

Nuo 2004 m. žaliųjų oro dumblių gausa Žemaitijos KMS dumblių tyrimo stotyje viršija šių dumblių gausą Aukštaitijos KMS dumblių tyrimo stotyje. 2010–2015 m. Aukštaitijos ir Žemaitijos KMS baseinų tarša azoto junginiais turėtų išlikti panašiam lygmenyje ar demonstruoti mažėjimo tendenciją.

2016 m. tyrimo rezultatai patvirtino šios kaitos tendencijas. Paskutiniu metu laikotarpiu oro baseinų užterštumas azoto junginiais neturi tendencijos didėti.

Apibendrinant lichenologinius tyrimų rezultatus kompleksiško monitoringo stotyse, galima teigti, kad klimatiniai faktoriai bei naudojami epifitinių kerpių gausumo tyrimo metodai neleidžia patikimai nustatyti esminių kaitos skirtumų Aukštaitijos ir Žemaitijos KMS baseinuose. Tačiau gausmo, nors dar ir nereikšmingas, didėjimas per pastaruosius penkerius metus rodo, kad oro baseino užterštumas KM stotyse turėtų mažėti, o 2015 m. atlikti detalūs epifitinių kerpių inventorizaciniai tyrimai suteikia išsamesnę informaciją apie kerpių gausą ir būklę, o pakartojus tokius tyrimus po 5 ar 10 m. būtų galima patikimiau įvertinti aplinkos pokyčių reikšmę epifitinių kerpių bendrijoms.

2016 m. dėl intensyvaus kamienų padengimo *Cladonia* genties kerpėmis Aukštaitijos KMS bendras tirtų medžių kerpėtumas padidėjo reikšmingai. Pagrindinė priežastis yra tai, kad po nepakankamai drėgnų 2015 m., 2016 m. kritulių kiekis vėl siekė normą. Teigti, kad tokį pokytį galėjo sąlygoti reikšmingas sieros komponentų koncentracijų sumažėjimas negalime, kadangi *Cladonia* genties epifitinės kerpės nėra jautrios šiam teršalui, o intensyviausiai reaguoja į meteorologinių veiksnių kaitą, pirmiausia drėgmę.

Žemaitijos KMS medžių kamienų kerpėtumas turėjo tendenciją mažėti. Ar tai galėjo sąlygoti mažėjanti oro tarša sieros junginiais, parodys detalūs oro ir kritulių cheminių analizių rezultatai.

## II. CHEMINIŲ KOMPONENČIŲ SRAUTAI SU NUOKRITOMIS, JŲ TRANSFORMACIJOS LAPIJOJE

### 2.1. Nuokritų ir su jomis į dirvožemį patenkančių sunkiųjų metalų sezoninė dinamika

Sparčiai vystantis pasaulinei industrijai ir energijos gamybai, didėja ir susidariusių atmosferos teršalų kiekis. Emituojami teršalai nusėda sausu būdu arba yra išplaunami krituliais į žemės ir vandens paviršių, patenka į gilesnius dirvos ir vandenų dugno nuosėdų sluoksnius. Iškyla atmosferos teršalų koncentracijos kaitos ir jų pasiskirstymo tarp įvairių biosferos objektų problema, nes daugelis teršalų yra pavojingi žmogui ir gyvajai gamtai, todėl svarbūs ne vien tik jų sklidimo ir nusėdimo procesų tyrimai, bet taip pat svarbu nustatyti ir jų koncentracijos atmosferoje bei iškritusių ant žemės paviršiaus kiekių kitimo tendencijas. Tarp labiausiai paplitusių aplinkoje toksinių teršalų, svarbią vietą užima sunkieji metalai ir policikliniai aromatiniai angliavandeniliai (PAA).

Integruoto monitoringo stočių veiklos vienas iš pagrindinių tikslų – stebėti gamtinės aplinkos komponentus ir medžiagų srautus jungiančius juos, kas sudarytų galimybę įvertinti įvairių medžiagų balansą stebimuose nedidelių upelių baseinuose. Nuokritų dinamika yra vienas iš cheminių elementų judėjimo tarpinių ekosistemoje. Nuo jų kiekio bei užterštumo priklauso toksinių medžiagų absorbcijos intensyvumas, kuris sąlygoja įvairių medžiagų balansą, o tuo pačiu ir bendrą miško ekosistemos būklę bei produktyvumą.

Darbo tikslas: pagal tarptautinę integruoto monitoringo programą Lietuvos integruoto monitoringo stotyse (KMS) vykdyti bendrą nuokritų kasmetinės sezoninės dinamikos stebėjimą bei užterštumo sunkiaisiais metalais analizę bei vertinti vykstančius pokyčius.

#### *2.1.1. Aukštaitijos KMS nuokritų tyrimai*

##### *Nuokritų sezoninė dinamika*

Nuokritų tyrimai Aukštaitijos KMS buvo pradėti 1993 m. lapkričio mėn. Iš pateiktų duomenų (9 lentelė) matyti, kad nuokritų susidarymo intensyvumas keičiasi metų bėgyje. Žemiausias intensyvumas registruojamas ankstyvo pavasario mėnesiais. Intensyviau nuokritos susidaro birželio mėnesį, o savo maksimumą pasiekia rugsėjo–spalio mėnesiais.

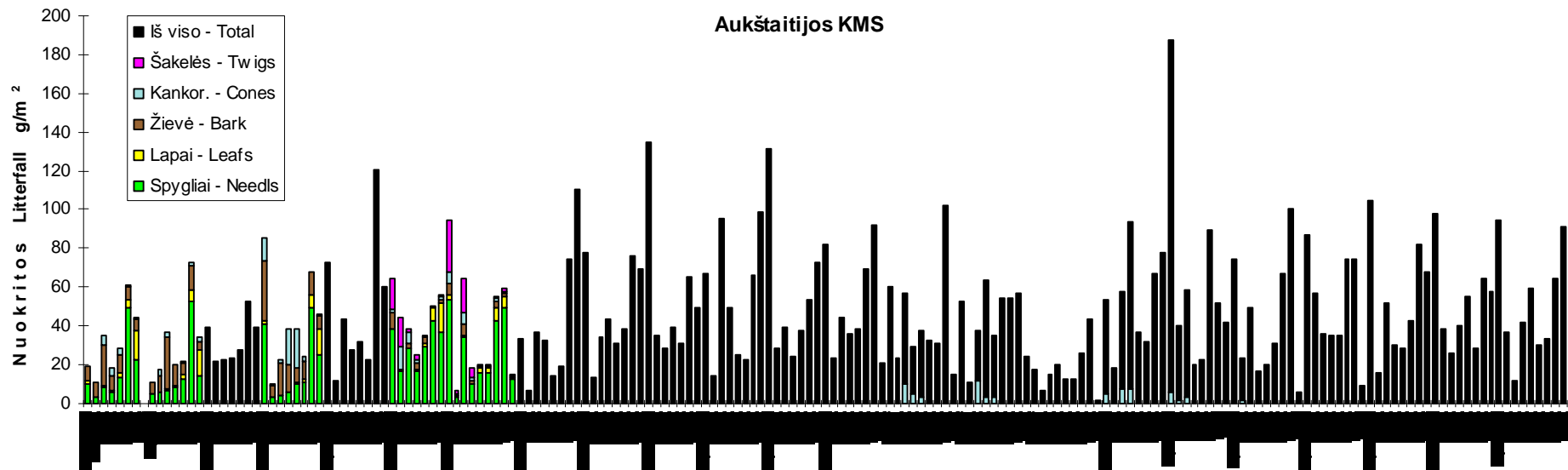
**9 lentelė** Nuokritų kiekiai Aukštaitijos KMS (1994–2016 m.)

Data	Nuokritų frakcija				Iš viso
	Spygliai	Lapai	Žievė	Kankorėžiai.	
1994	113,2	25,9	64,1	13,6	216,8
1995	104,6	24,5	74,5	11,0	214,6
1996*	109,0	21,8	71,6	24,2	226,6
1997	150,3	23,0	103,4	57,0	333,7
1998*	188,7	37,6	124,0	42,0	392,3
1999	208,7	25,0	57,0	23,1	313,8
2000	227,9	22,0	73,8	16,5	340,2
2001	177,7	28,9	91,7	20,7	328,5
2002				27,5	416,5
2003				23,0	364,0
2004				28,8	422,9
2005				12,0	386,1
2006				17,0	424,7
2007				20,0	368,4
2008				18,0	332,1
2009				2,0	175,6
2010				19,7	417,8
2011				11,7	501,9
2012				3,4	385,2
2013				5,0	408,4
2014					422,6
2015					407,8
2016					463,4
g/m <sup>2</sup>	197.5	32.1	101.8	29.6	361.0
kg/ha	1975	321	1018	296	3610
%	54.7	8.9	28.2	8.2	100

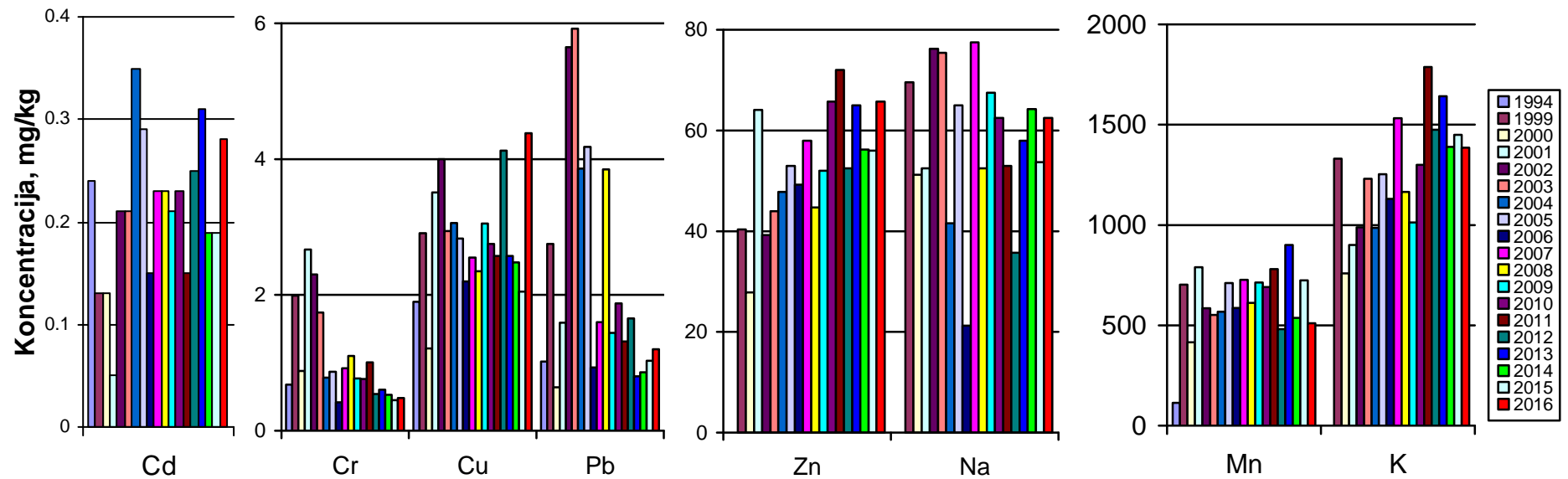
• – nuokritų pasiskirstymas į frakcijas interpoliuotas pagal vidutinius rezultatus (%)

Nustatyta, kad 2016 m. nuokritų kiekis sudarė 4634 kg/ha. Tai truputį daugiau negu daugiamečių vidurkis, kuris siekia 3610 kg/ha ir virš 50 kg daugiau negu 2015 m. Paskutiniuoju ketverių metų laikotarpiu nuokritų kiekis šioje stotyje praktiškai išlieka stabilus, viršydamas 4000 kg/ha. ribą.

50% susidariusių nuokritų sudaro spygliai, 30 % pušies žievė ir maždaug po 10% kankorėžiai ir beržų lapai.



25 pav. Nuokritų sezoninė dinamika kompleksiško monitoringo stotyse



26 pav. Metalų metinių koncentracijų nuokritose kaita Aukštaitijos KMS 1994–2016 m.

### ***Metalų koncentracijų nuokritose sezoninė dinamika***

Lapijos cheminės sudėties tyrimas yra viena iš efektyviausių priemonių medžių stresui, sukkelto aplinkos užteršimo, įvertinti. Tokio tyrimo metu nustatomas maistinių ir toksiškų elementų kiekis spygliuose ir lapuose. Lyginant gyvų lapų ir spyglių cheminę sudėtį su nuokritų sudėtimi, įvertinamas maistinių medžiagų srautas bei medžių būklė maistinių elementų kiekio atžvilgiu (UN–ECE, 1998).

Maistinių ir toksinių medžiagų apytaka su nuokritomis vaidina lemiamą vaidmenį energetiniuose srautuose tarp augalų ir dirvožemio. Būtent, nuokritos, kurios kaupiasi dirvožemio viršutiniame sluoksnyje, tampa augalams pagrindiniu maistinių medžiagų šaltiniu. Dėl šios priežasties jų cheminės sudėties tyrimas tampa išskirtiniu, analizuojant miško ekosistemų maistinių ir toksinių elementų balansą.

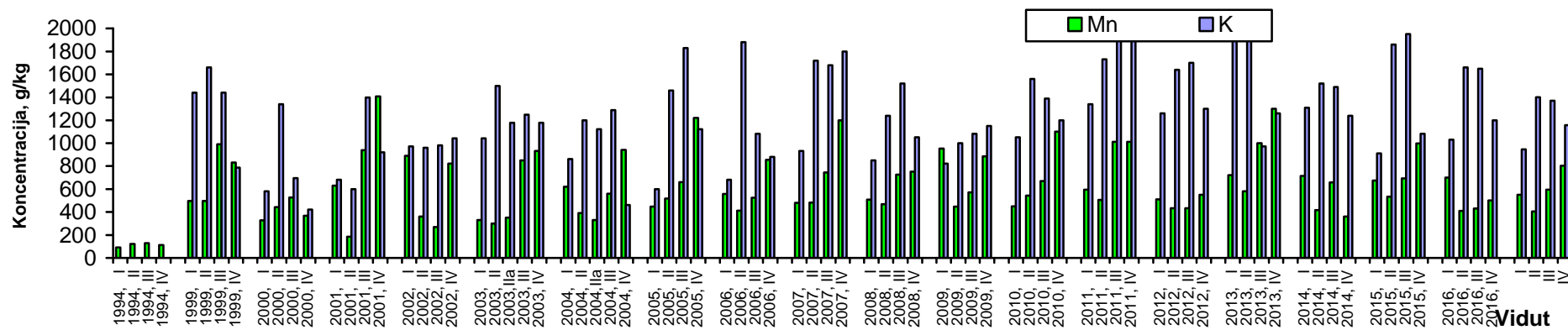
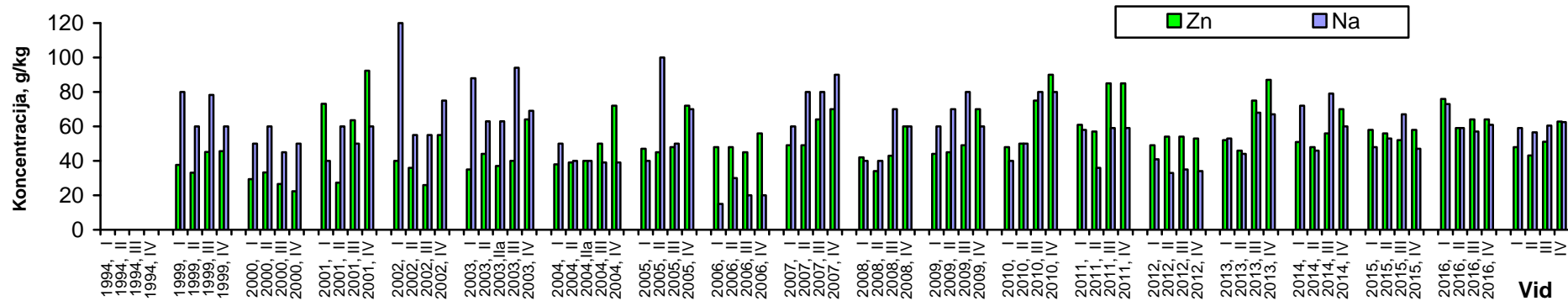
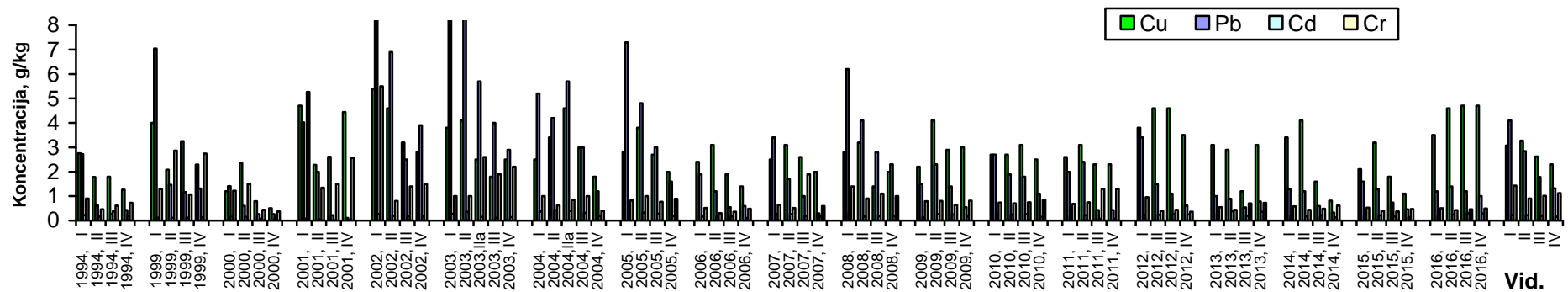
Analizuojant Aukštaitijos KMS nuokritų cheminę sudėtį, nustatyta statistiškai reikšminga ( $p < 0,05$ ) sezoniškumo įtaka tirtų metalų koncentracijoms (27 pav.). Tokių tirtų metalų, kaip švino (Pb), vario (Cu), chromo (Cr) koncentracijos nuokritose yra didžiausios žiemos mėnesiais, t.y. gruodį, sausį, vasarį. Nuokritos per šį laikotarpį surenkamos anksti pavasarį, kai rinktuvuose pilnai nutirpsta sniegas. Manome, kad dėl šios priežasties, metalų koncentracijoms didesnę įtaką gali turėti krituliai, t.y. palaipsniui tirpstantis sniegas.

Tokių elementų, kaip cinko (Zn), natrio (Na) ir mangano (Mn) koncentracijų nuokritose sezoniškumas neturi ryškių tendencijų, tačiau mažesnės koncentracijos atrodo, kad yra būdingesnės žiemos mėnesių nuokritoms. Ypač tai galima išvelgti, tiriant paskutiniųjų metų sunkiųjų metalų nuokritose sezoniškumą. Kalio (K) koncentracijų nuokritose kaitoje matyti, kad didžiausi šio elemento kiekiai užfiksuoti pavasario ir vasaros mėnesiais (II\_III).

***Apibendrinus tirtų metalų koncentracijas nuokritose 1994–2015 m. laikotarpiu, nustatyta, kad per tiriamąjį laikotarpį ženkliai didėjo tik Zn ir K koncentracijos nuokritose. Cr ir Pb koncentracijos nuokritose turėjo tendencija mažėti, o Na, Cd, Cu ir Mn išliko stabilios.***

2016 m. Aukštaitijos KMS registruojamas ženklus Cd, Pb, Zn ir Cu koncentracijų nuokritose padidėjimas lyginant su 2015 m. Likusių tirtų elementų koncentracijos nuokritose išliko tame pačiame lygmenyje kaip ir 2015 m., ar turėjo tendenciją mažėti.





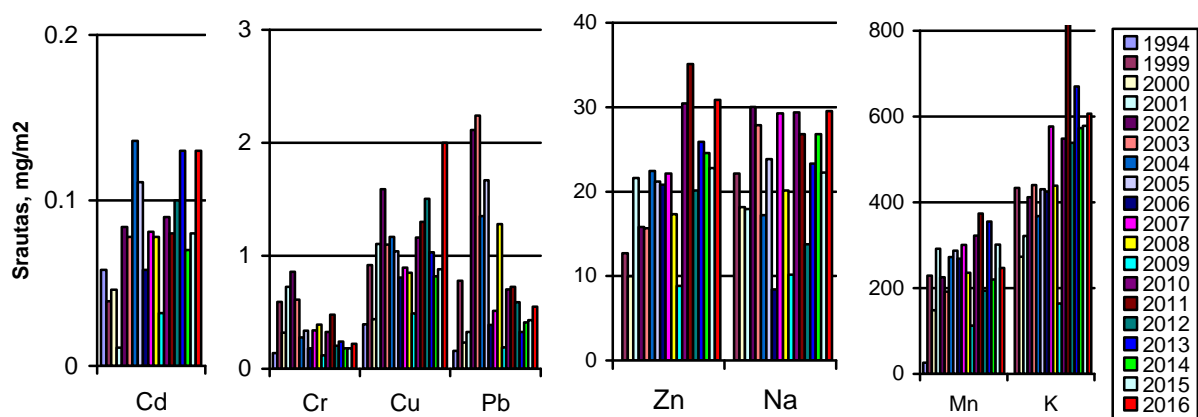
27 pav. Metalų koncentracijų nuokritose sezoninė dinamika 1994–2015 m.



28 pav. Metalų koncentracijų srautų su nuokritomis sezoninė dinamika 1994–2015m.

### *Metaly srauto su nuokritomis į dirvožemio paklotę kaita*

Išanalizavus Aukštaitijos KMS nuokritų cheminę sudėtį, toliau tyrėme tirtų metalų srautus su nuokritomis į dirvožemio paklotę. Gauti rezultatai pateikti 28 paveiksle. Iš pateiktų duomenų matyti aiškus tik tokių tirtų metalų, kaip Pb, Mn, Na ir K srautų su nuokritomis sezoniškumas, kurio pobūdis analogiškas šių metalų koncentracijų nuokritose sezoniškumui. Likusių metalų sezoniškumo kaita nėra statistiškai reikšminga ( $p < 0,05$ ).



**29 pav.** Metiniai metalų srautai su nuokritomis Aukštaitijos KMS 1994–2016 m.

Metinių metalų srautų su nuokritomis analizė parodė, kad metalų srautai kito analogiškai jų koncentracijoms nuokritose, o padidėjęs nuokritų kiekis neturėjo reikšmingesnės įtakos šių metalų srautų tendencijai. Didėjo Zn, Mn ir K srautai su nuokritomis, Na, Cd, Cu srautas buvo stabilus, o Cr ir Pb srautams buvo būdinga mažėjimo tendencija

*2005–2015 m. reikšmingai didėjo Zn, Mn ir K srautai su nuokritomis, Na ir Cd, srautai buvo praktiškai stabilūs, o mažėjo tik Cr ir Pb srautas su nuokritomis.*

*2016 m. padidėjus nuokritų kiekiui, proporcingai didėjo ir sunkiųjų metalų srautai į dirvožemį su nuokritomis. Reikšmingiausiai didėjo Cd, Zn ir Na srautai, kitų metalų išliko tame pačiame lygmenyje kaip ir 2015 m., ar turėjo tendenciją mažėti.*

### 3.1.2. Žemaitijos KMS nuokritų tyrimai

*Nuokritų sezoninė dinamika.* Žemaitijos KMS nuokritų sezoninė dinamika pradėta registruoti tik 1995 m. pabaigoje. Nuokritų sezoninės dinamikos rezultatai pateikti 10 lentelėje. Daugiausiai nuokritų susidaro rudens–žiemos mėnesiais. Vasarą, nuokritų intensyvumas ne toks žymus, kaip Aukštaitijos KM stotyje. Priežastis ta, kad Žemaitijos nuokritų stebėjimo stotis įsteigta eglyne, o eglės spygliakritis turi tik vieną ryškų periodą.

Iš esmės skiriasi ir nuokritų pasiskirstymas į frakcijas. Net 77% visų nuokritų sudaro eglės spygliai. Medžių žievės nuokritose praktiškai nerasta. Tai sąlygoja eglės žievės struktūra. Skirtingai negu pušies, eglės žievė neatsilupa didelėmis, lengvomis plokštelėmis, kurias vėjas galėtų pernešti didesnę atstumą. Eglės žievė nors ir atsinaujina, tačiau tik mažais storais žvyneliais, kurie nukrenta prie kelminės kamieno dalies.

Žemaitijos KMS nuokritose žymią dalį sudaro sausos, smulkios eglės šakelės. Jos sudaro apie 14% visų nuokritų (10 lentelė). Kankorėžių kiekis nuokritose priklausomai nuo metų, svyruoja nuo 0 iki 13%.

**10 lentelė** Nuokritų kiekiai Žemaitijos KMS (1996–2015m.)

Data	Nuokritų frakcija				Iš viso
	Spygliai	Lapai	Šakelės	Kankorėžiai.	
1996*	–	–	–	–	238,4
1997	194,2	0	93,3	4,3	291,8
1998					496,5
1999	341,7	5,8	48,0	39,6	435,1
2000					411,3
2001			23,3	48,7	360,4
2002				54,7	623,0
2003				25,8	593,0
2004				18,4	436,9
2005					755,06
2006				28,0	375,5
2007			42	54,0	481,8
2008				56,0	488,3
2009				16,0	219,7
2010				7,0	498,5
2011				11	701,0
2012					553,0
2013				20	366,8
2014					743,7
2015					578,3
2016					480,2
g/m <sup>2</sup>	374.3	4.3	66.6	37.1	482.3
kg/ha	3743	43	666	371	4823
%	77.6	0.9	13.8	7.7	100

• – 1996 m. duomenys nepanaudoti nustatant vidutinius nuokritų kiekius.

Nustatyta, kad 2013 m. nuokritų kiekis Žemaitijos KMS, skirtingai negu Aukštaitijos KMS, sumažėjo reikšmingai lyginant su 2012 m. – beveik 2 t/ha, o lyginant su 2011 m. beveik – 3,5 t/ha. Tai gali būti siejama su ženkliai eglėlių lajų tankumo didėjimu (defoliacija reikšmingai mažėja). 2014 m. nuokritų kiekis, kaip ir Aukštaitijos KMS, pasiekė vieną iš didžiausių reikšmių, t.y. 7437 kg/ha. Tai galėjo sąlygoti eglėlių šakų apledėjimas, kuris ir padidino nuokritų kiekį per šaltąjį laikotarpį.

2015 m. Žemaitijos KMS nuokritų kiekis žymiai sumažėjo lyginant su 2014 m., nors susidarė pakankamai įprastas nuokritų kiekis, kuris iki 20% viršijo daugiamečių vidurkį, t.y. 5783 t/ha.

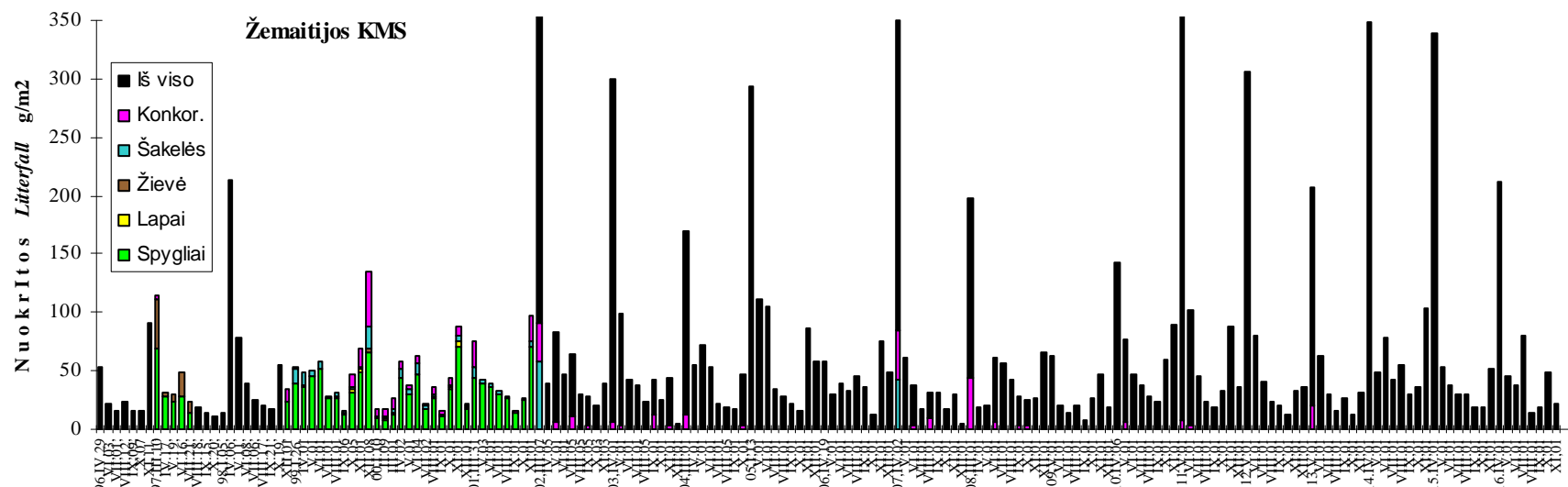
2016 m. nuokritų kiekis toliau mažėjo ir praktiškai susilygino su daugiamečių vidurkiu, t.y. 4800 kg/ha.

### ***Metallų koncentracijų nuokritose sezoninė dinamika***

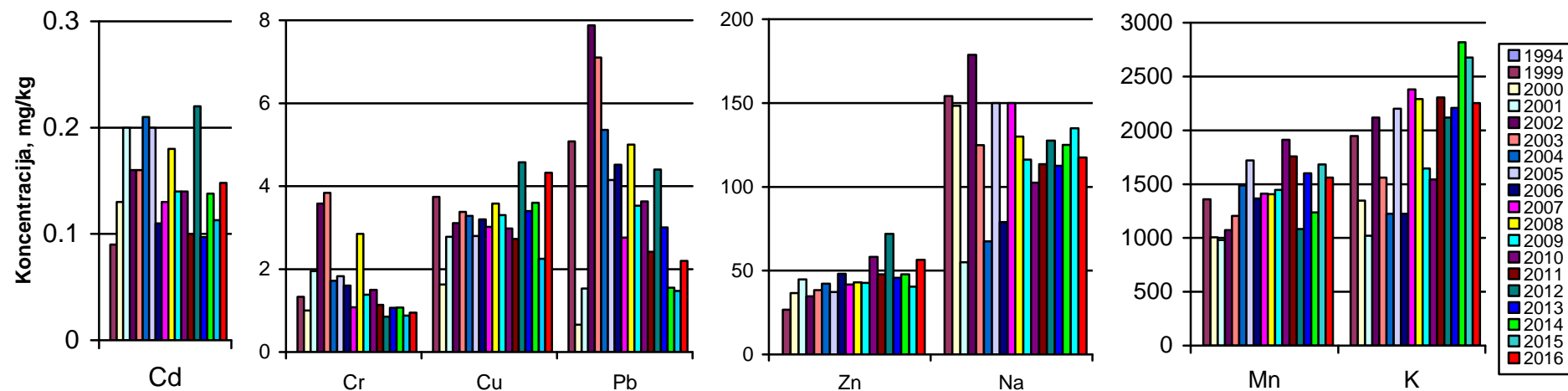
Analizuojant Žemaitijos KMS nuokritų cheminę sudėtį, statistiškai reikšmingos ( $p < 0,05$ ) sezoniškumo įtakos, tokios kaip Aukštaitijos KMS, tirtų metallų koncentracijoms nustatyti nepavyko.

Metinų koncentracijų kitimo 1999–2015 m. laikotarpiu analizė rodo, kad ***nuo 2003 metų, kaip ir Aukštaitijos KMS, reikšmingai mažėjo tik Cr ir Pb koncentracijos. Kalio, ir mangano koncentracijų kaitoje buvo būdinga augimo tendencija, ir tik Zn koncentracijos paskutiniu metu truputį sumažėjusios. Kadmio ir vario koncentracijos nuokritose išlieka stabilios.***

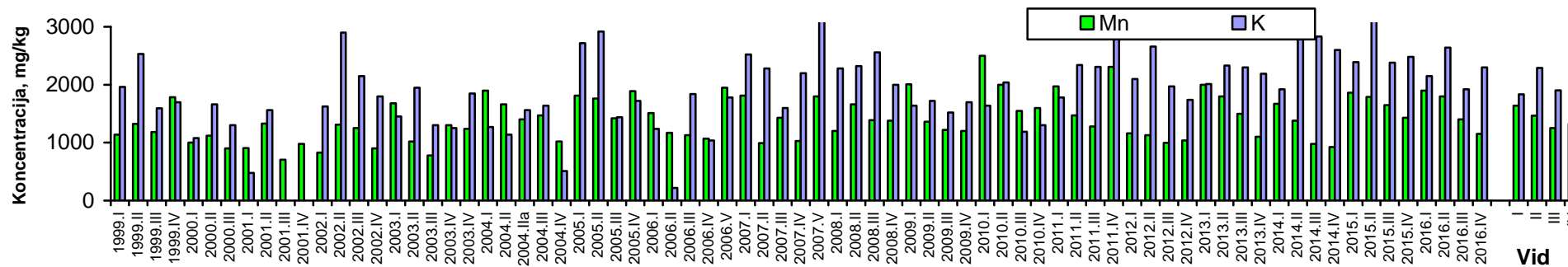
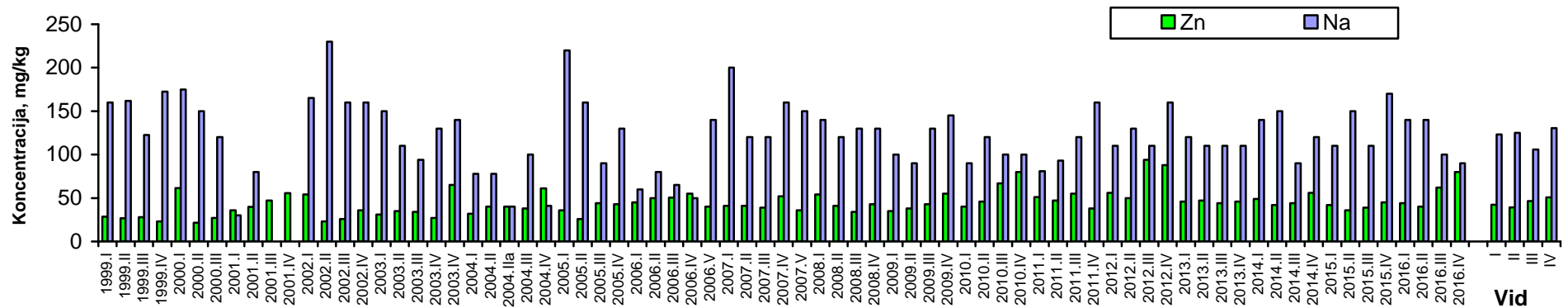
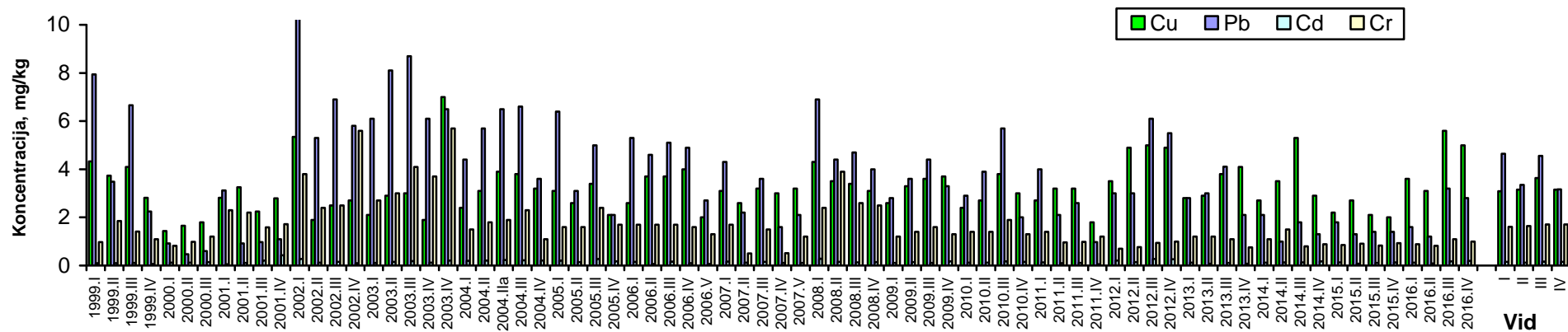
2016 m. daugelio tirtų metallų koncentracija turėjo tendenciją didėti, o sumažėjo tik Cr, Na, Mn ir K koncentracijos nuokritose.



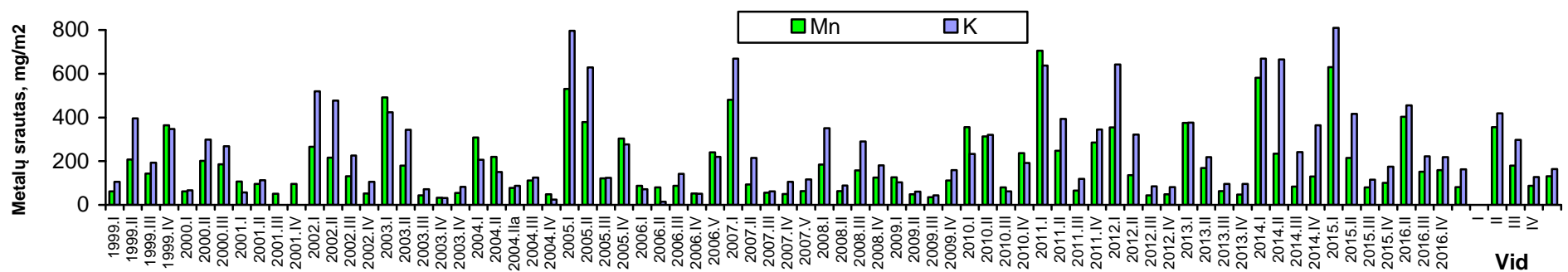
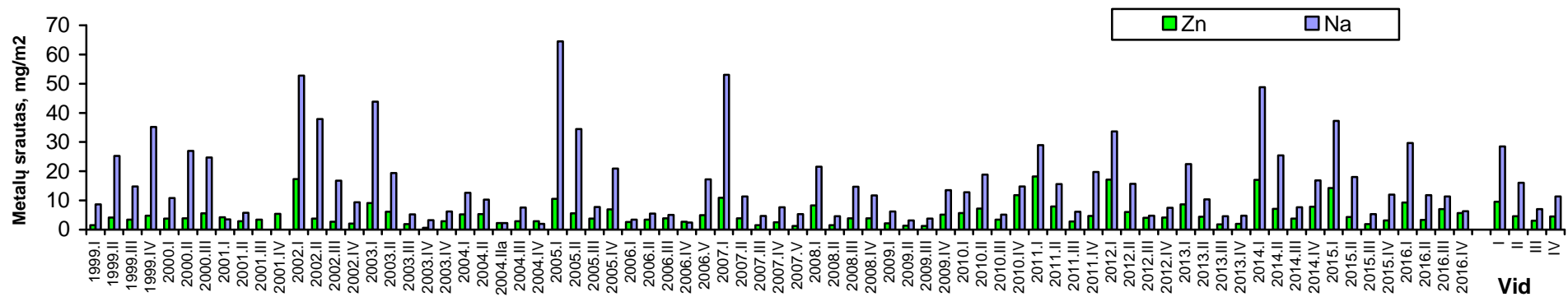
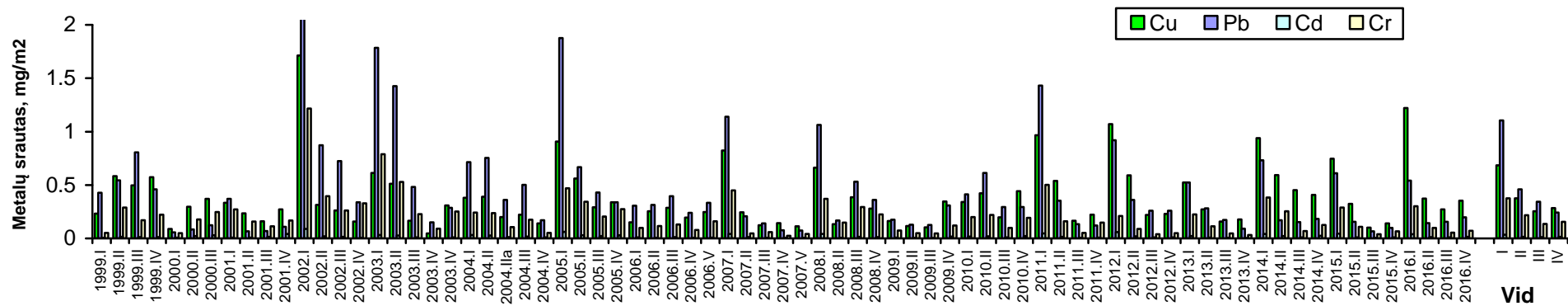
30 pav. Nuokritų sezoninė dinamika kompleksiško monitoringo stotyse



31 pav. Metalų metinių koncentracijų nuokritose kaita Žemaitijos KMS 1999–2016 m.



32 pav. Metalų koncentracijų nuokritose sezoninė dinamika 1999–2016 m.

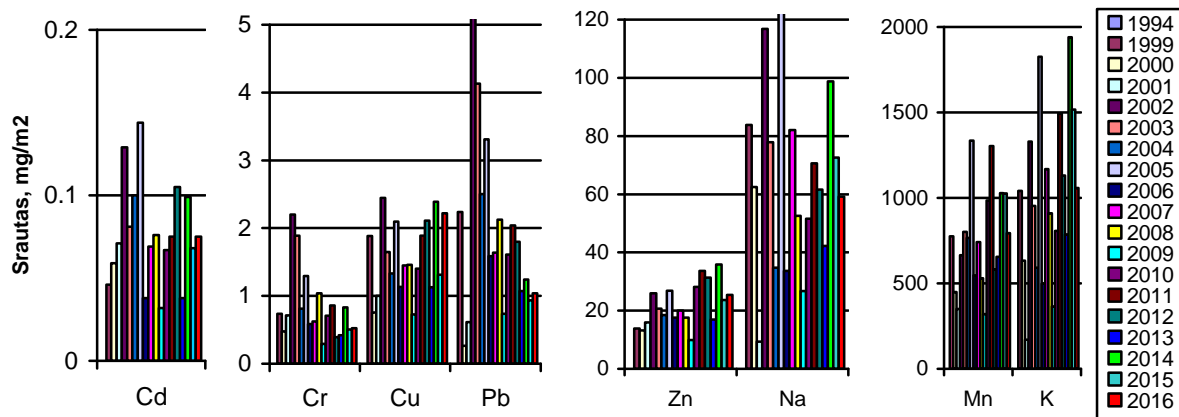


33 pav. Metalų koncentracijų srautų su nuokritomis sezoninė dinamika 1999–2016 m.



### ***Metaly patekimas į dirvožemį su nuokritomis kaita***

Metaly srautų su nuokritomis sezoninės dinamikos analizė rodo, kad sezoniškumas turėjo reikšmingos įtakos metalų srautams su nuokritomis. Daugelio tirtų elementų didžiausi srautai užfiksuoti žiemos (I) ir kiek mažesni – pavasario laikotarpiais (II). Išsiskyrė tik mažiausių srautų laikotarpiai: jei švino mažiausias srautas buvo registruojamas rudens laikotarpiu, tai likusių metalų – vasaros (III) laikotarpiu. Pagrindinis veiksnys lėmęs tokį tirtų metalų sezoniškumą buvo nuokritų kiekio sezoniškumas, o ne metalų koncentracijos jose.



**34 pav.** Metalų metinių srautų su nuokritomis kaita Žemaitijos KMS 1999–2016 m.

Metinių tirtų metalų srautų su nuokritomis analizė parodė, kad dėl didelių nuokritų kiekio 2002 m. ir 2005 m., tirtų metalų srautai į ploto vienetą Žemaitijos KMS teritorijoje buvo didžiausi. Paskutiniaisiais metais didesni nuokritų kiekiai registruojami 2011 m. Sumažėjus nuokritų kiekiui, sumažėjo ir tirtų metalų srautai su jomis į dirvožemio paklotę. 2012–2013 m. stebima daugelių tirtų sunkiųjų metalų srautų į paklotę mažėjimo tendencija. Išsiskiria tik 2014 m. tirtų metalų srautų kiekiai dėl reikšmingai padidėjusių bendrųjų nuokritų kiekių. 2015 m. dėl sumažėjusių bendrųjų nuokritų kiekių, tirtų metalų srautai su nuokritomis taip pat sumažėjo lyginant su 2014 m.

*2016 m. dėl toliau mažėjančių bendrųjų nuokritų kiekių, tirtų metalų srautai su nuokritomis taip pat mažėjo lyginant su 2015 m.*

*Per tiriamąjį laikotarpį praktiškai stabilus išliko kadmio, vario, natrio ir mangano srautas į miško paklotę. Didėjimo tendencija nustatyta Zn ir K srautų kaitoje, o mažėjimo tendencija tik Cr ir švino srautų kaitoje.*

*Būdingas abiemis stotims bruožas – didėja K srautai ir mažėja Pb ir Cr srautai su nuokritomis į miško paklotę.*

## IŠVADOS

1. 2016 m. Aukštaitijos KMS nuokritų kiekis sudarė 4634 kg/ha. Tai truputį daugiau negu daugiamečių vidurkis, kuris siekia 3610 kg/ha ir virš 50 kg daugiau negu 2015 m.
2. Per 1994–2015 m. laikotarpį ženkliai didėjo tik Zn ir K koncentracijos nuokritose. Cr ir Pb koncentracijos nuokritose turėjo tendencija mažėti, o Na, Cd, Cu ir Mn išliko stabilios. Tačiau reikšmingai didėjo Zn, Mn ir K srautai su nuokritomis, Na ir Cd, srautai buvo praktiškai stabilūs, o mažėjo tik Cr ir Pb srautas su nuokritomis.
3. 2016 m. Aukštaitijos KMS registruojamas ženklus Cd, Pb, Zn ir Cu koncentracijų nuokritose padidėjimas lyginant su 2015 m. Likusių tirtų elementų koncentracijos nuokritose išliko tame pačiame lygmenyje kaip ir 2015 m., ar turėjo tendenciją mažėti.
4. Žemaitijos KMS 2016 m. nuokritų kiekis toliau mažėjo ir praktiškai susilygino su daugiamečių vidurkių, t.y. 4800 kg/ha.
5. Nuo 2003 metų, kaip ir Aukštaitijos KMS, reikšmingai mažėjo tik Cr ir Pb koncentracijos. Kalio, ir mangano koncentracijų kaitoje buvo būdinga augimo tendencija, ir tik Zn koncentracijos paskutiniu metu truputį sumažėjusios. Kadmio ir vario koncentracijos nuokritose išlika stabilios.
6. 2016 m. daugelio tirtų metalų koncentracija turėjo tendenciją didėti, o sumažėjo tik Cr, Na, Mn ir K koncentracijos nuokritose.
7. Per tiriamąjį laikotarpį praktiškai stabilus išliko kadmio, vario, natrio ir mangano srautas į miško paklotę. Didėjimo tendencija nustatyta Zn ir K srautų kaitoje, o mažėjimo tendencija tik Cr ir švino srautų kaitoje.
8. Apibendrinus tirtų metalų srautų su nuokritomis į dirvožemio paklotę tyrimų rezultatus, nustatyta, kad dažniausiai Aukštaitijos KMS būdingiausiame pušyne metalų metinius kiekius statistiškai reikšmingiau sąlygoja jų koncentracija nuokritose, kai tuo tarpu Žemaitijos KMS būdingiausiame eglyne – nuokritų kiekis.
9. Būdingas abiemis stotims bruožas – didėja K srautai ir mažėja Pb ir Cr srautai su nuokritomis į miško paklotę.

## Literatūra

1. M.L.Lee, M.V. Novotny, K.D.Bartle (1981) Analytical chemistry of polycyclic aromatic compounds. Academic Press, New York.
2. А.А. Милукаите (1989). распределение бенз(а)пирена по размерам атмосферных аэрозолей и время его пребывания в атмосфере. В сб.: Физика атмосферы. Вып. 13, Вильнюс, "Мокслас", с. 170–174.
3. Расуна J.M. et al., 1999. Technical Report. Appendix 1 to executive final summary report. Environmental cycling of selected persistent organic pollutants (POPs) in the Baltic region (Popcycling–Baltic project). Contract No ENV4–CT96–0214. CD–Rom.
4. Shatalov V., Malanichev A., Vulykh N., Berg T., Mano S., 2001. Assessment of POPs transport and accumulation in the environment. EMEP Report 2001/4. Meteorological synthesizing centre–East, Moscow.
5. A.Milukaite (2006). Long–term trends of benzo(a)pyrene concentration on the eastern coast of the Baltic Sea.. Atmospheric Environment, 40, 2046–2057.
6. Milukaite, A. Mikelinskiene, I. Lyulko, M. Frolova. Differences in benzo(a)pyrene concentration in atmospheric air on a regional scale. *J.Environmental and Chemical Physics*, 2004, **26**, 1, p. 14–21.
7. Milukaitė, A. Mikelinskienė B. Giedraitis (2001). Characteristics of NO<sub>2</sub>, SO<sub>2</sub>, benzo(a)pyrene and soot concentration variation at the eastern coast of the Baltic sea. *J. Water Air and Soil Pollution*, **130**, 1553–1558.
8. D. Čeburnis. (1997) Qualitative and quantitative estimation of atmospheric trace metal deposition. PhD thesis, Institute of Physics, Vilnius, Lithuania.
9. D.Čeburnis. (1999) Atmospheric trace metal deposition in Lithuania: methods and estimation // Ed. D. A. Lovejoy. Heavy Metals in the Environment: an Integrated Approach, Vilnius, Lithuania, 5–15.
10. D.Čeburnis, D.Valiulis, J.Šakalys. (1999) The influence of local processes on trace metal concentrations in long–range transported air masses. *Environmental and Chemical Physics*, (Vilnius), **21** (1), 31–36.
11. Čeburnis D., Ruhling A. and Kvietkus K. (1997) Extended study of atmospheric heavy metal deposition in Lithuania based on moss analysis. *Environmental Monitoring & Assessment*, **47**, 135–152.
12. J. Šakalys, K.Kvietkus, D.Čeburnis and D.Valiulis. (2004) The method of determination of heavy metals background concentration in the moss. *Environmental and Chemical Physics* (Vilnius), **26** (3), 109–117.
13. W. Salomons, U. Förster. (1984) Metals in the hydrocycle. Springer–Verlag. 352 p.
14. А.А. Милукаите. Тонкоструктурная спектрофлуориметрия. Метод добавок. В кн.: Унифицированные методы мониторинга фоновое загрязнение природной среды. Совет экономической взаимопомощи. Москва, "Гидрометеиздат", 1986, с. 103–112.
15. J.Šakalys, J.Švedkauskaitė and D.Valiulis. (2003) Estimation of heavy metal wash–out from the atmosphere. *Environmental and Chemical Physics* (Vilnius), **25** (1), 16–22.
16. J.Šakalys, K.Kvietkus, D.Valiulis. (2004) Variation tendencies of heavy metal concentrations in the air and precipitation. *Environmental and Chemical Physics*, (Vilnius), **26** (2), 61–67.
17. A. Bukantis (1994). Lietuvos klimatas. Vilnius, VU, 187 p.

## **2.2. Pagrindinių maistinių elementų koncentracijų lapijoje ir nuokritose tyrimų pagal ICP IM programą rezultatai**

Reikšmingą įtaką pagrindinių teršiančių ir maistinių mineralinių elementų srautams ekosistemoje bei jų balansui turi šių medžiagų nuplovimas nuo augalinių paviršių, nusėdimas ant jų, išplovimas iš vidinių organų ir išgaravimas atgal į atmosferą, lakių junginių pavidalu. Todėl Kompleksiško monitoringo programoje yra tiriami polajiniai krituliai kartu su lapijos ir nuokritos cheminės sudėties kaita. Toks kompleksiško principas įgalina ateityje, sukaupus pakankama duomenų kiekį, visapusiškai vertinti šių medžiagų balansą ekosistemoje bei prognozuoti jų galimą kaitą bei poveikį pačiai ekosistemai.

Mineralinės mitybos elementams dar kitaip vadinamiems peleniniams elementams priskiriama per 20 cheminių elementų, tarp kurių yra ir azotas. Pastarasis nors yra nei peleninis, nei mineralinis elementas, tačiau patenka į augalus panašiais būdais. Dėl to, kad augalai be šių elementų negali vykdyti savo gyvybinių funkcijų, jie negali būti augaluose pakeičiami kitais ir dėl to, kad šie elementai įjungiami į organinius junginius, dalyvauja metabolizmo procese arba yra svarbūs cheminių reakcijų eigai, jie vadinami pagrindiniais augalų mineralinės mitybos elementais. Jų koncentracijos lapijoje bei nuokritose yra didžiausios nei kituose augalo dalyse, dėl ko gerai atspindi medžių gyvybinį potencialą. Dėl šios priežasties, nuo jų kiekio kaitos, pokyčių tarp lapijos ir nuokritų bei pagrindinių jų kaitos tendencijų galima spręsti apie medyno būklę, jo atsparumą nepalankiems aplinkos veiksniams, o atskirais atvejais, ir apie visos ekosistemos būklę bei jos užterštumą kenksmingomis medžiagomis. Dėl tokių rezultatų svarbos, Valstybinės aplinkos monitoringo programoje lapijos ir nuokritų cheminės analizės numatytos vykdyti kasmet. Lapijos ir jos nuokritų pagrindinių cheminių elementų analizę vykdo Aplinkos apsaugos agentūros Aplinkos tyrimų departamentas.

**Darbo tikslas** – pagal nustatytas pagrindinių elementų koncentracijas bei jų pokyčius medžių lapijoje bei jų nuokritose, išaiškinti į ekosistemą patenkančių teršalų poveikį pagrindiniams geosisteminiams procesams, o taip pat, atsižvelgus į išaiškintus procesus, nustatyti galimą miško ekosistemų būklės tolimesnę raidą.

Cheminių analizių metu nustatomos šios maistinių medžiagų koncentracijos lapijoje ir jos nuokritose: Ca, K, Mg, Na, N, P.

### **Lauko darbų metodika:**

Analizuojami pagrindinių medžių rūšių lapijos pavyzdžiai. Tai paprastojo beržo (*Betula pendula*) lapai, paprastosios eglės (*Picea abies Karst.*) ir paprastosios pušies (*Pinus sylvestris L.*) spygliai. Nuo 8 – 10 kiekvienos rūšies medžių, kasmet rugpjūčio mėnesio pabaigoje surenkami lapijos pavyzdžiai, kurie laboratorijos sąlygomis džiovinami 60°C temperatūroje. Iš beržo lapų ir eglės spyglių ruošiami po vieną bendrą pavyzdį: beržo lapai – (B), eglės spygliai – (E), o pušies spygliai atskiriami, priklausomai nuo jų amžiaus. Ruošiami 2 pavyzdžiai: 1 – pirmų metų spyglių (P1); 2 – II metų spyglių. III metų spygliai neruošiami, kadangi būtent rugpjūčio mėnesį prasideda jų masiškas kritimas.

Aplinkos apsaugos agentūros Aplinkos tyrimų departamente indukuotos plazmos optinės emisijos spektrometrijos metodu nustatytos Ca, Mg koncentracijos lapijoje (mg/kg), Kjeldalio metodu – bendrasis azotas (g/kg), spektrometrijos metodu – bendrasis fosforas (g/kg), liepsnos emisijos spektrometrijos metodu – natris ir kalis (mg/kg).

Nuokritos renkamos kas mėnesį, džiovinamos iki orausių, po to sveriamos ir taip apskaičiuojama jų metinis kiekis. Cheminių elementų analizei, surinktos nuokritos papildomai buvo grupuojamos pagal mėnesius bei jų pagrindines sudedamąsias. Išskirti 4 pagrindiniai laikotarpiai, kuriais nuokritos buvo sudėdamos. Tai I – laikotarpis: nuokritos surinktos pavasario mėnesį, kai nutirpsta sniegas. Dažniausiai tai būna nuokritos surinktos kovo 1 d. Vėlyvo pavasario metais – balandžio 1 d. Cheminė analizė atliekama šių nuokritų nesumuojant jas su kitomis. II – laikotarpis ankstyvo pavasario. Tai, priklausomai nuo metų, kovo – gegužės mėnesio nuokritos, kuriuose vyrauja medžių pumpurų žvynai. III – laikotarpis – vasaros mėnesiai. Dažniausiai tai birželio – rugpjūčio mėnesiai, intensyvios vegetacijos laikotarpis. IV – laikotarpis – rudens mėnesiai. Tai rugsėjis – lapkritis, maksimalus nuokritų susidarymo laikotarpis. Dėl skirtingos nuokritų sudėties šiais išskirtais laikotarpiais ir išgulėjimo sąlygų rinktuvuose, šių laikotarpių nuokritos sumuojamos, daromas jų bendras ruošinys ir pristatomas į Centrinę aplinkos tyrimų laboratoriją cheminėms analizėms atlikti.

### **Darbo rezultatai.**

Tiriamus elementus pagal funkcijas augaluose galima suskirstyti į dvi grupes. Pirmą grupę sudaro pagrindinis organogeninis elementas – azotas, o taip pat ir fosforas, kalis, kalcis, magnis, geležis, manganas ir cinkas. Antrą grupę sudaro tik natris ir chloras.

Vienas iš svarbiausių elementų yra azotas. Nuo jo kiekio augaluose priklauso anijonų ir katijonų santykis, o taip pat ir osmoso slėgis. Kalis ir kalcis lemia augalų ląstelių hidrataciją.

Kalis protoplazmoje ir kitose ląstelių struktūrose kaupia daugiau vandens, ją skystina, o kalcis veikia priešingai. Dėl šios priežasties jaunesniuose spygliuose kalio yra daugiau negu kalcio. Natris ir chloras, neįeidami į organines medžiagas, taip pat dalyvauja reguliuojant osmosą, tačiau neturi įtakos elektrocheminiai pusiausvyrai. Likę elementai yra susiję su oksidacinėmis–redukcinėmis reakcijomis bei elektronų pernaša. Vykstant energijos ir cheminių junginių metabolizmui, geležis dalyvauja fermentų veikloje, magnis įeina į substrato kompleksą su ATP–afe, kalis, tiesiogiai neįeidamas į fermentų funkcines grupes, keičia fermentų baltymo konformaciją, lemia jo poveikį (Šlapakauskas, 2006).

Į lapus patenkančios mineralinės medžiagos panaudojamos lapo ląstelėms augti, jų osmosinėms galiom reguliuoti. Dėl nuolatinės medžiagų patekties lapuose gali susitelkti per didelis jų kiekis ir su tuo susijęs nepageidautinai aukštas osmosinis potencialas. Dėl šios priežasties augalai sugeba šias medžiagas šalinti iš lapų per floemą, lapo plaukelius ir liaukines išaugas. Lietus ir rasa gali ir nuplauti tokias susidariusias išskyras, ir išplauti iš lapo net iki 50–60% lape esančių sausųjų organinių ir mineralinių medžiagų. Greičiausiai iš lapų išplaunami kalis, natris, magnis ir manganas, kiek silpniau azotas ir fosforas. Išplovimo intensyvumas tiesiogiai priklauso nuo kritulių kiekio. Tačiau jų rūgštingumas, didesnis šviesos kiekis bei aukštesnė temperatūra skatina šio proceso intensyvumą. Dėl šios priežasties tirdami lapijos ir jos nuokritų cheminę sudėtį KMS programos rėmuose, mes bandysime spręsti ir šio laikmečio aktualią problemą – aplinkos rūgštingumo kaitos poveikį miško ekosistemoms šiltėjančio klimato sąlygomis.

### ***2.2.1 Aukštaitijos kompleksiško monitoringo stotis (LT-01).***

#### *Pagrindinių maistinių komponentų sudėties tyrimai lapijoje*

Bendrojo azoto (N) koncentracijų lapuose ir spygliuose analizė parodė, kad beržų lapuose šio elemento kaupiasi iki 1,5 kartų daugiau negu spygliuose, apie 18 g/kg. Mažiausios koncentracijos nustatytos eglės įvairaus amžiaus spyglių mišinyje – vidutiniškai apie 10–11 g/kg, kiek didesnės pirmų ir antrų metų pušies spygliuose, maždaug apie 12–13 g/kg. Antrų metų pušies spygliuose šio elemento išlika truputį daugiau negu pirmų metų P spygliuose.

***Per tiriamąjį laikotarpį, nuo 2005 iki 2015 m., azoto koncentracija beržų lapuose turi tendenciją mažėti po 0,17g/kg per metus, o eglės ir ypač pušies spygliuose N koncentracijos išlika praktiškai stabilios. 2015 m. išskirtinis bruožas neįprastai žema N koncentracija eglės spygliuose, kuris gali būti sausros padarinys.***



37 pav. Pagrindinių maistinių komponentų koncentracija lapijoje 2005–2016 m.

*2016 m. N koncentracijos beržų lapuose ir eglės spygliuose reikšmingai padidėjo lyginant su 2015 m., kai tuo tarpu pušies spygliuose turėjo tendenciją mažėti. Bendras dėsningumas, jau daugiau negu 10 m N koncentracija lapijoje neturi aiškios kaitos tendencijos. Koncentracijos praktiškai išlieka stabilios.*

Bendrojo fosforo koncentracijų lapijoje tyrimų rezultatai analogiškai bendrajam azotui (37 pav.), t.y. didžiausi kiekiai nustatyti beržų lapuose – vidutiniškai apie 2,1 g/kg. Nors tarp P koncentracijų tirtuose spygliuose esminių skirtumų nenustatyta, tačiau stebima tendencija, kad, priešingai N koncentracijai, didesnės P koncentracijos būdingos eglės spyglių mišiniui (1,4 g/kg), kiek mažesnės – pirmų metų pušies spygliams (1,2 g/kg) ir sąlyginai mažiausios – antrų metų pušies spygliams (1,0 g/kg). *Per tiriamąjį laikotarpį P koncentracija lapijos bandiniuose turi tendenciją mažėti. Nuo 2005 iki 2015 m. nežymiai mažėja beržų lapuose – po 0,06g/kg ir didėja eglės spygliuose – po 0,03 g/kg per metus ir išlika visiškai stabilu pušies spygliuose. 2016 m. P koncentracija B lapuose toliau mažėjo, kituose bandiniuose P koncentracija iš esmės ne kito.*

Kalio koncentracijų tyrimai asimiliaciniuose organuose parodė, kad didėjant lapijos amžiui K koncentracija mažėja. Jaunesniuose organuose (beržų lapuose ir pirmų metų pušies spygliuose) kalio koncentracijos siekė apie 4–5g/kg, o senesniuose (bendras eglės spyglių mišinys ir antrų metų pušies spygliai) 3–4 g/kg. Tai paaiškinama šio elemento išplovimu iš paviršinių ląstelių gausių kritulių metu. *Per tiriamąjį laikotarpį stebima K koncentracijų didėjimo tendencija. Reikšmingiausiai didėja šio elemento koncentracija beržų lapuose ir eglės spygliuose – po 0,17 ir 0,20 g/kg per metus atitinkamai; mažiausiai – pušų pirmų ir antrų metų spygliuose – po 0,1–0,2 g/kg per metus (32 pav). 2016 m. toliau didėjo K koncentracija beržų lapuose ir pušų spygliuose. Reikšmingas sumažėjimas nustatytas eglų spygliuose.*

Didžiausios magnio koncentracijos nustatytos beržų lapuose, kur jos vidutiniškai siekė 2 g/kg ir pušies pirmų metų spygliuose – 0,8g/kg. Mažesnės koncentracijos nustatytos vyresniuose pavyzdžiuose, t.y. antrų metų pušies spygliuose – 0,6 g/kg ir įvairiaamžiam eglės spyglių mišinyje – 0,4g/kg. *Per tiriamąjį laikotarpį stebima Mg mažėjimo tendencija.*

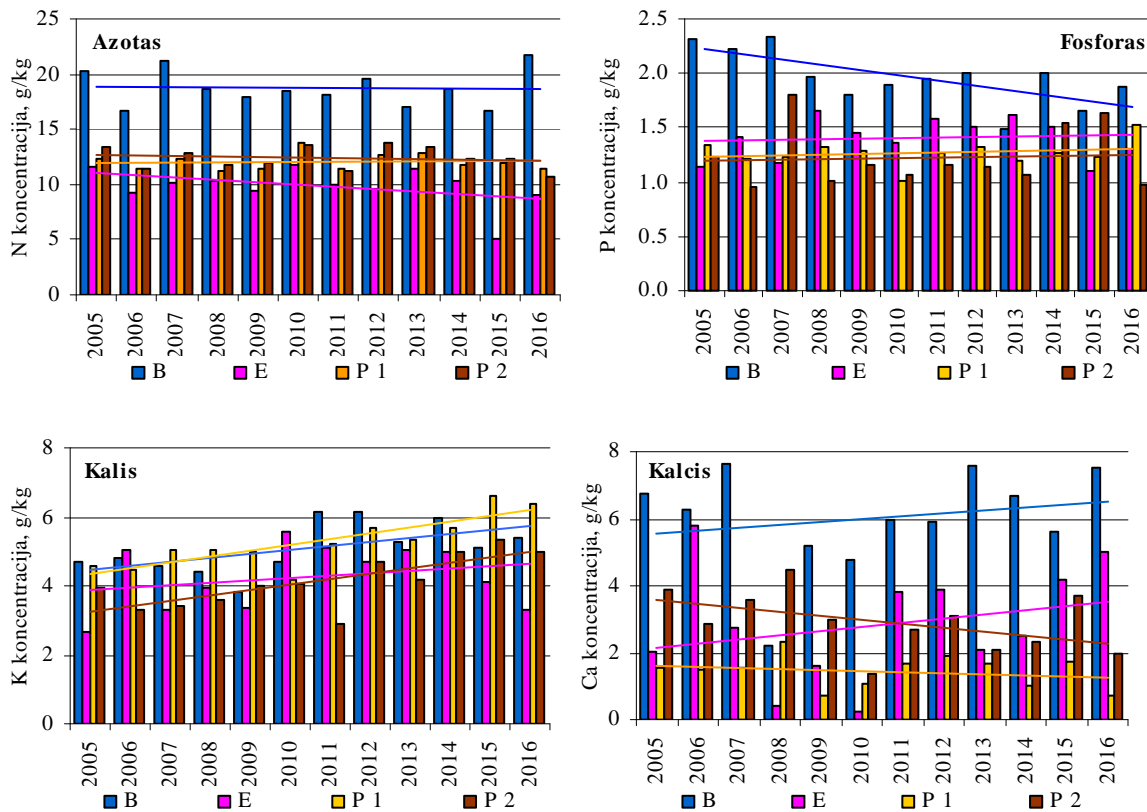
Kalcio koncentracijos spygliuose taip pat priklausė nuo spyglių amžiaus. Mažiausios nustatytos pirmų metų pušies spygliuose, kiek didesnės eglės spyglių mišinyje ir dvigubai didesnės – antrų metų pušies spygliuose. Beržų lapuose kalcio koncentracijos, kaip ir kitų tirtų elementų žymiai viršijo koncentracijas nustatytas spygliuose. *Iki 2010 m. stebima Ca koncentracijų mažėjimo tendencija lapijos bandiniuose ir tik pastaruoju 2010–2016 m.*



*laikotarpiu registruojamas šio elemento koncentracijų didėjimo tendencija, ypač beržų lapuose.*

Mažiausios Mn koncentracijos nustatytos pirmų metų pušies spygliuose (0,4 g/kg), dvigubai didesnės eglės spyglių mišinyje (0,8 g/kg) ir antrų metų pušies spygliuose (0,9 g/kg) . Beržų lapuose Mn koncentracijos, kaip ir kitų tirtų elementų žymiai viršijo koncentracijas nustatytas spygliuose (1,4 g/kg). ***Mn kaitoje stebima mažėjimo tendencija.***

Al, Zn, Na ir Fe kaitoje galima būtų išskirti tai, kad Al daugiausiai kaupiasi antrų metų pušies spygliuose, kiek mažiau pirmų metų pušies ir eglės spygliuose bei mažiausiai beržų lapuose. Kitų elementų koncentracija tirtuose objektuose praktiškai iš esmės nesiskiria. Palyginus vidutines koncentracijas nustatyta, kad vidutiniškai mažiausiai lapijoje kaupiasi Fe, kiek daugiau Na ir Zn bei daugiausiai Al. ***Per 10 metų laikotarpį reikšmingesnės kaitos Al, Zn, Na ir Fe elementų koncentracijose nepastebėta.***



**38 pav.** Pagrindinių makro elementų kaita lapijoje Aukštaitijos KMS

*Apibendrinus gautus rezultatus nustatyta, kad per 11 m laikotarpį azoto koncentracija beržų lapuose turi tendenciją mažėti po 0,17g/kg per metus, o eglės bei pušies spygliuose N koncentracijos išlika praktiškai stabilios. Bendrojo fosforo koncentracijos*

*mažėja beržų lapuose – po 0,06g/kg ir didėja eglės spygliuose bei antrų metų pušų spygliuose – po 0,03 g/kg per metus. Pušų pirmų metų spygliuose P koncentracija išliko stabili.*

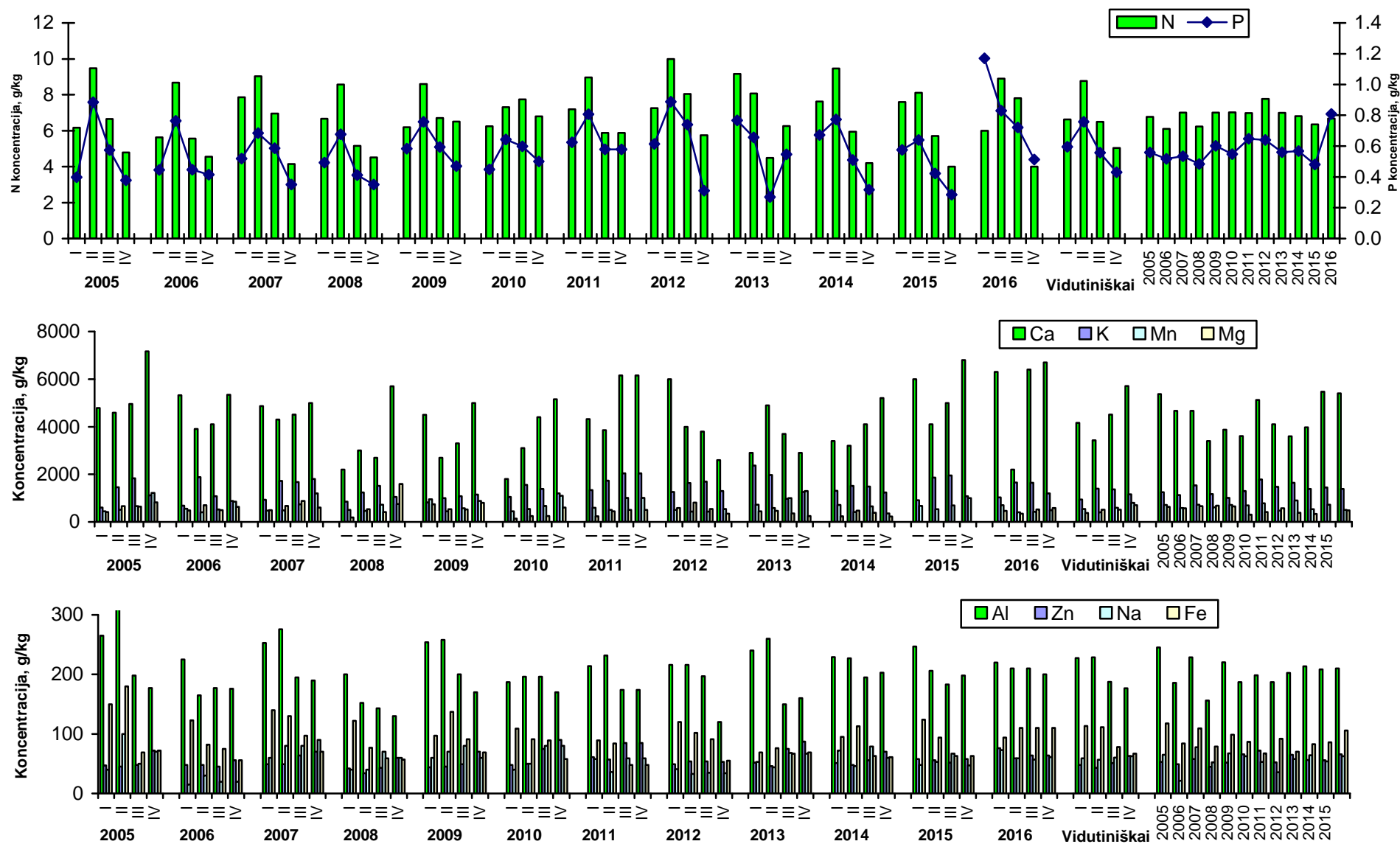
*Per tiriamąjį laikotarpį stebima K koncentracijų didėjimo tendencija visuose lapijos pavyzdžiuose. Reikšmingiausiai didėja šio elemento koncentracija pušies ir eglės spygliuose – po 0,18 – 0,20 g/kg per metus; mažiausiai – beržų lapuose – po 0,14 g/kg per metus. Reikšmingai pradėjo mažėti Ca antrų metų pušies spygliuose, po 0,18 g/kg. Kituose lapijos bandiniuose Ca koncentracija išlieka stabili.*

### ***Pagrindinių maistinių komponentų sudėties tyrimai nuokritose***

Nuokritose tirtų maistinių elementų kaitai įtakos turėjo ir sezoniškumas, ir nuokritų struktūros ypatumai. Bendrojo azoto ir fosforo koncentracijų kaitoje išsiskiria laikotarpis, kada šių elementų koncentracijos nuokritose didžiausios, tai pavasario mėnesiai, kada nuokritose pradeda vyrėti ne lapija ar žievė, o pumpurų ir stabilų žvyneliai (39 pav.). Mažiausios N ir P koncentracijos nuokritose registruojamos rudens mėnesiais, kada krenta trečių metų pušies spygliai ir beržų lapai. Per žiemos mėnesius lietus ir sniegas, matyt, išplauna šiuos elementus iš spyglių ir lapų, dėl ko koncentracijos šių elementų nuokritose taip pat vienos iš mažiausių.

Per tiriamąjį laikotarpį ***bendrojo azoto kiekis nuokritose kito dvejopai, pradžioje koncentracijos didėjo, po to pradėjo reikšmingai mažėti.*** 2005–2012 m. laikotarpiu N koncentracijos nuokritose reikšmingai didėjo, maždaug po 1% nuo vidutinės metinės koncentracijos per metus, ypač vasaros ir rudens mėnesiais. Paskutiniu metu 2012–2015 m. laikotarpiu stebimas atvirkščias procesas, kai šio elemento koncentracijos nuokritose pradėjo reikšmingai mažėti, t.y. nuo 7,76 iki 6,35 g/kg. Toks sumažėjimas sudaro net 18%, N koncentracijos 2012 m. nuokritose. 2012–2016 m. šio elemento koncentracijos nuokritose turi tendenciją mažėti.

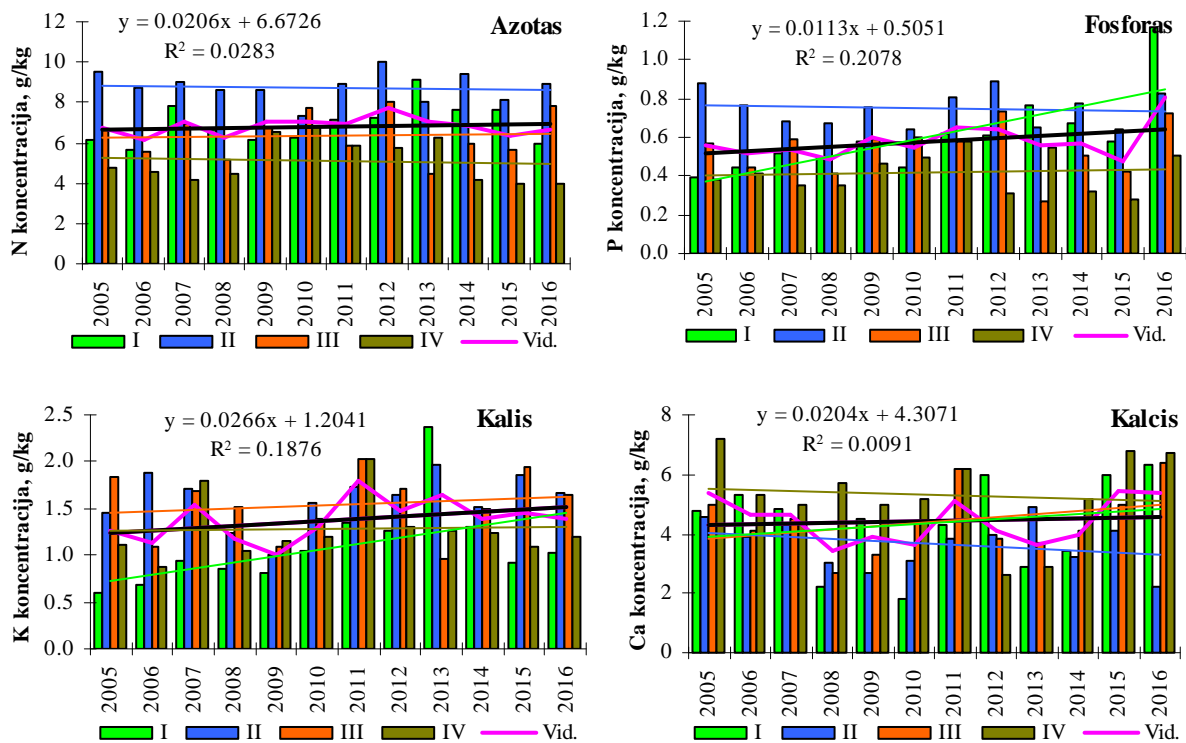
***Bendrojo fosforo kiekis nuokritose kito taip pat dvejopai, pradžioje koncentracijos didėjo, po to pradėjo reikšmingai mažėti.*** P koncentracijų augimas nuokritose buvo registruojamas 2005–2011 m. laikotarpiu, kai jis sudarė maždaug po 0,017 g/kg per metus. Paskutiniu metu 2011–2015 m. laikotarpiu P koncentracijos mažėjo nuo 0,65 iki 0,48 g/kg, kas sudarė maždaug po 0,0425 g/kg per metus. Akivaizdžiai matyti, kad toks mažėjimo procesas paskutiniu metu laikotarpiu vyksta kelis kartus intensyviau, negu koncentracijų didėjimo procesas tyrimų pradžioje. Ieškant veiksnių galinčių sąlygoti tokį procesą, reiktų atkreipti dėmesį į nustatytus laikotarpius, bei išaiškinti klimatinių rodiklių kaitą. 2016 m. užregistruotas ženklus P koncentracijų padidėjimas visų laikotarpių nuokritose.



39 pav. Pagrindinių maistinių komponentų koncentracija nuokritose 2005–2016 m.

Per tiriamąjį laikotarpį vidutinė **kalcio koncentracija nuokritose kito atvirkščiai proporcingai N ir P kaitai nuokritose**. Galima įžvelgti, kad tyrimų pirmoje pusėje Ca koncentracijos nuokritose turėjo tendenciją mažėti, išskyrus 2011 metus, kada šio elemento koncentracijos nuokritose siekė maksimalias reikšmes. Antroje tyrimų laikotarpio pusėje stebimas koncentracijų augimo procesas. Nuo 2013 iki 2016 m. Ca koncentracijos nuokritose išaugo nuo 3,6 g/kg iki virš 6 g/kg. Aiškinant pagrindines priežastis tokios Ca koncentracijos kaitos reiktų dėmesį kreipti į kritulių rūgštingumo ir Ca koncentracijų juose kaitą.

**Kalio koncentracijoms nuokritose kaip ir spygliuose būdinga tendencija didėti**, ypač žiemos ir rudens mėnesių nuokritose, tačiau šis didėjimas reikšmingesnis tik iki 2011 m. Paskutiniuoju laikotarpiu K koncentracijos nuokritose praktiškai išlieka stabilios, ar turi net mažėjimo tendenciją.

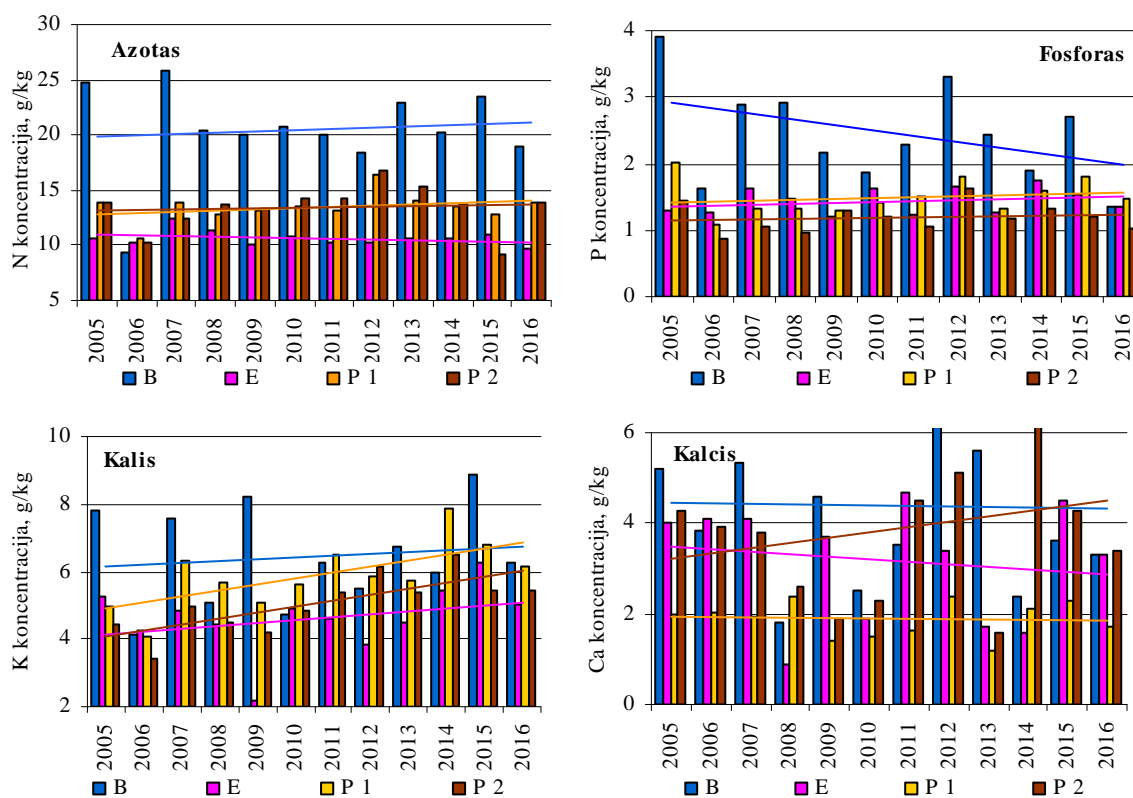


40 pav. Pagrindinių mikroelementų kiekių nuokritose kaita Aukštaitijos KMS

**Reikšmingiausiai nuokritose kito Mg koncentracijos, kurios mažėjo po 27 mg/kg, kitų elementų koncentracijos kito nereikšmingai, bet absoliučiai priešingai negu lapuose/spygliuose. Nežymiai mažėjo koncentracijos Al, Na ir Fe, o didėjo Zn.**

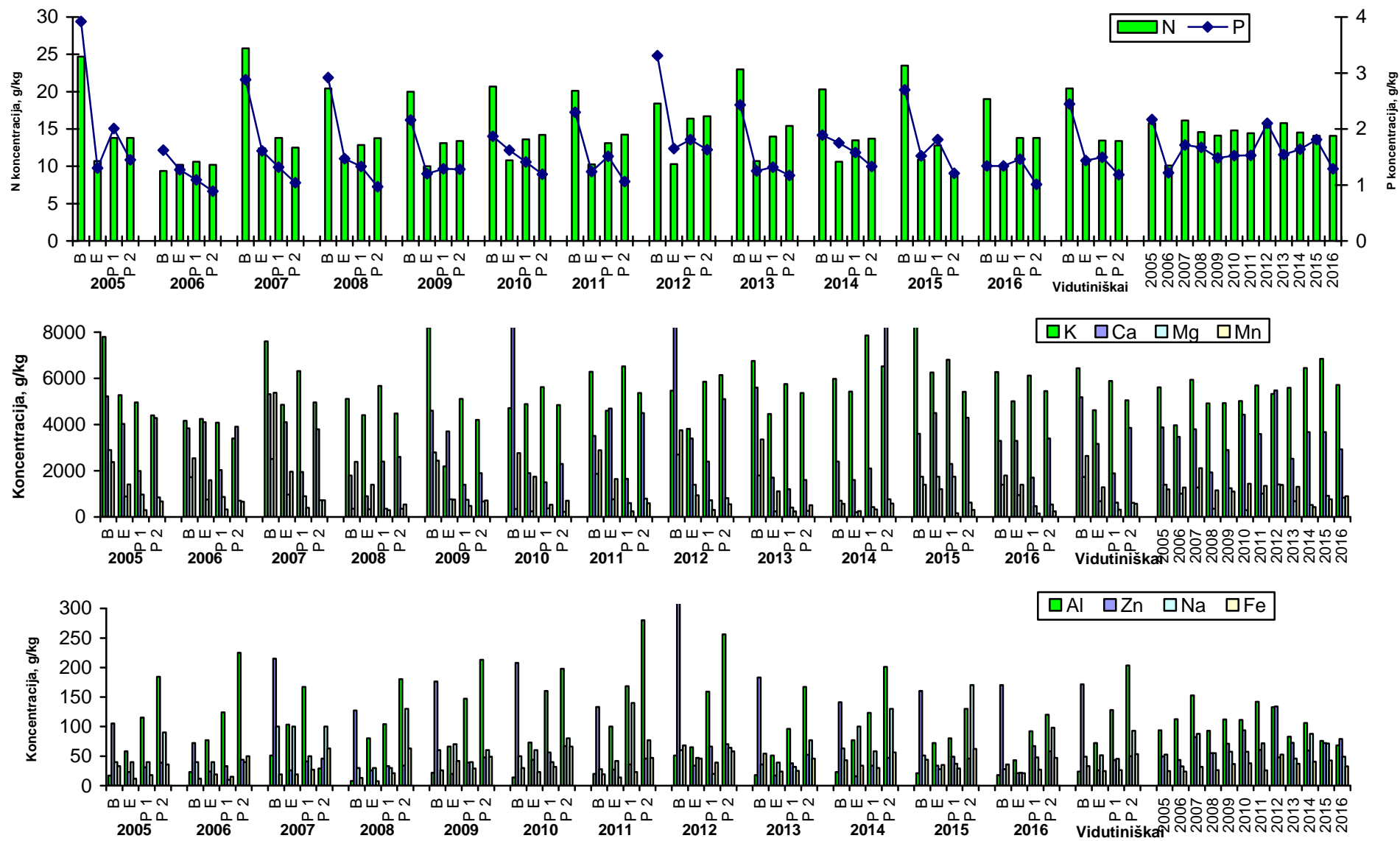
## 2.2.2 Žemaitijos kompleksiško monitoringo stotis

Bendrojo azoto (N) koncentracijų lapuose ir spygliuose analizė parodė, kad Žemaitijos KMS beržų lapuose šio elemento tyrimų pradžioje kaupėsi iki 1,5 karto daugiau (41 pav.) negu spygliuose (Aukštaitijos KMS – apie 2 k.). Eglių ir skirtingo amžiaus pušies spygliuose N koncentracija tik tyrimų pradžioje praktiškai nesiskyrė, (nors mažiausios koncentracijos nustatytos eglės įvairaus amžiaus spyglių mišinyje, kiek didesnės pirmų ir antrų metų pušies spygliuose), tačiau pastaruoju laikotarpiu pušies spygliuose N koncentracijos beveik 2 kartus viršija N koncentracijas eglės spygliuose. *Per tiriamąjį laikotarpį, nuo 2005 iki 2016 m. azoto koncentracijos beržų lapuose ir eglės bei pušies spygliuose praktiškai išlieka stabili.*



41 pav. Pagrindinių makro–elementų kiekių lapijoje kaita Žemaitijos KMS

Bendrojo fosforo koncentracijų lapijoje tyrimų rezultatai analogiški bendrojo azoto rezultatams (41 pav.). Didžiausi kiekiai nustatyti beržų lapuose. Apie 2 kartus mažiau šio elemento tirtuose spygliuose. Mažiausiomis P koncentracijomis pasižymėjo antrų metų pušies spygliai. *Per tiriamąjį laikotarpį, nuo 2005 iki 2015 m. bendrojo fosforo koncentracija tik spygliuose praktiškai išliko stabili ar turi didėjimo tendenciją, o beržų lapuose mažėja po 0,05g/kg per metus, kaip ir Aukštaitijos KMS. Eglės ir antrų metų pušies spygliuose P koncentracija, nežymiai bet turi tendenciją didėti. Ši tendencija tęsiasi ir 2016 m.*



42 pav. Pagrindinių komponentų koncentracija lapijoje Žemaitijos KMS 2005–2016 m.

*Kalio koncentracijų kaitoje stebimas šio elemento kiekio didėjimas ypač pušies spygliuose (po 0,22 g/kg per metus), kai tuo tarpu eglės spygliuose ir beržų lapuose šio elemento kiekis pradėjo demonstruoti taip pat augimo tendenciją. Prieš keletą metų šio elemento koncentracijos beržų lapuose ir eglės spygliuose pradėjo palaipsniui mažėti.* Patvirtintas dėsningumas, kad jaunesniuose organuose (beržų lapuose ir pirmų metų pušies spygliuose) kalio koncentracijos didesnės negu senesniuose (bendras eglės spyglių mišinys ir antrų metų pušies spygliai). Tai šių elementų išplovimo iš asimiliacinių medžio organų rezultatas.

2016 m. K koncentracija beržų lapuose ir spygliuočių medžių spygliuose turėjo tendenciją mažėti.

Kaip ir Aukštaitijos KMS, mažiausios kalcio koncentracijos nustatytos pirmų metų pušies spygliuose, kiek didesnės eglės spyglių mišinyje ir antrų metų pušies spygliuose (42 pav.). Sąlyginai didžiausios koncentracijos nustatytos beržų lapuose, išskyrus 2014m.

*Per 2005–2015 m. laikotarpį tik eglės spygliuose kalcio koncentracijos turi tendenciją mažėti, kai tuo tarpu antrų metų pušies spygliuose šio elemento gausėja po 0,14 g/kg per metus. 2016 m. Ca koncentracija tiriamuosiuose bandiniuose taip pat mažėjo.*

Magnio ir mangano koncentracijų kaitoje buvo matomos bendrosios tendencijos (42 pav.). Beržų lapuose šių elementų koncentracijos net 3–4 kartus buvo didesnės negu spygliuose. Tačiau tarp spyglių – esminių skirtumų nenustatyta. Mangano koncentracijos didžiausios taip pat beržų lapuose, dvigubai mažesnės – eglės spygliuose ir mažiausios – pušies spygliuose. Per tiriamąjį laikotarpį *Mn ir Mg koncentracijų kaitoje nenustatytos reikšmingesnės tendencijos.*

Aliuminio ir cinko koncentracijų kaitoje išaiškinti tie patys esminiai pokyčiai ir metų eigoje, ir tarp tiriamų objektų, kaip ir Aukštaitijos KMS (42 pav.). Mažiausios koncentracijos Al buvo nustatytos beržų lapuose, 3 kartus didesnės eglės spygliuose, apie 5 kartų – pirmų metų pušies spygliuose ir virš 6 kartų – antrų metų pušies spygliuose. Priešingai šiems rezultatams, mažiausia cinko koncentracija nustatyta spygliuose, o beržų lapuose šios koncentracijos buvo 3–4 kartus didesnės. *Per tiriamąjį laikotarpį Al ir Zn koncentracijų kaitoje stebimas koncentracijų didėjimo tendencijos, o ypač reikšmingai didėja Zn koncentracija beržų lapuose – po 18,5 mg/kg per metus. Tačiau toks intensyvus Zn koncentracijų augimas registruojamas tik iki 2012 m. Paskutiniu metu šio elemento koncentracijos mažėja.*

Baltijos jūra turi esminės įtakos natrio koncentracijų kaitai vakarinėje Lietuvos dalyje, todėl šio elemento koncentracijos lapijos pavyzdžiuose Žemaitijoje viršijo koncentracijas

nustatytas Aukštaitijos KMS (42 pav.). *Per tiriamąjį laikotarpį dėl didelės svyravimo amplitudės, Žemaitijos KMS natrio koncentracijų kaitoje aiškesnių tendencijų nenustatyta.*

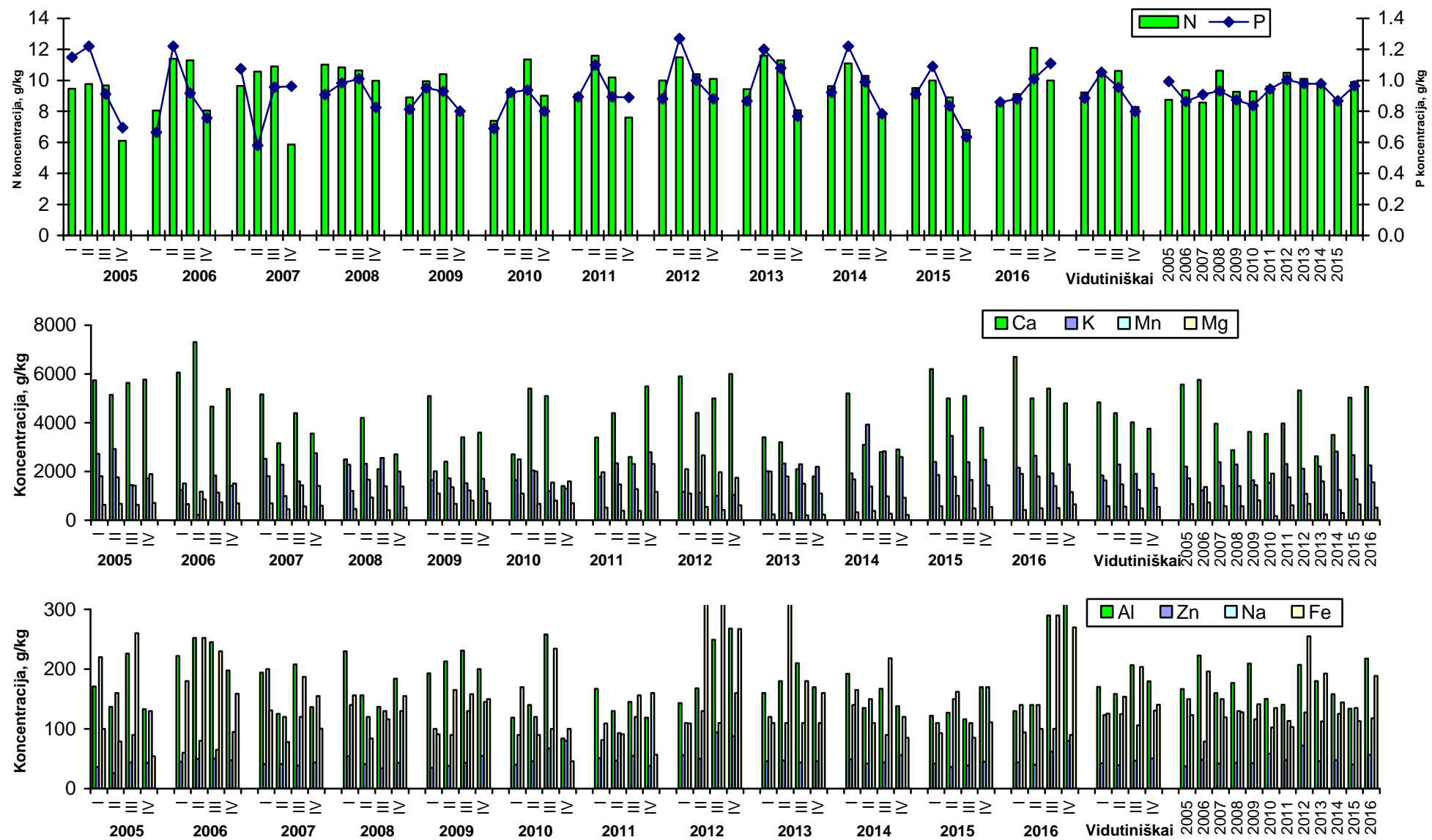
Didžiausios Fe koncentracijos nustatytos taip pat antrų metų pušies spygliuose, o likusiuose objektuose jos buvo 2–3 kartus mažesnės (42 pav.). *Per tiriamąjį laikotarpį Fe koncentracijos lapijoje turėjo tendenciją didėti. Intensyviausiai didėjo Fe koncentracija beržų lapuose – po 4,5mg/kg, kiek mažiau eglės ir pušies pirmų metų spygliuose – po 2,2 ir 1,7 mg/kg atitinkamai ir mažiausiai pušies antrų metų spygliuose – po 0,5 mg/kg per metus.*

*Per tiriamąjį laikotarpį, nuo 2005 iki 2015m. Žemaitijos KMS azoto koncentracijos beržų lapuose ir eglės bei pušies spygliuose išlieka stabili. bendrojo fosforo koncentracija tik spygliuose praktiškai išliko stabili ar turi didėjimo tendenciją, o beržų lapuose mažėja po 0,05g/kg per metus, kaip ir Aukštaitijos KMS. Eglės ir antrų metų pušies spygliuose P koncentracija, nežymiai bet turi tendenciją didėti. Kalio koncentracijų kaitoje stebimas šio elemento kiekio didėjimas ypač pušies spygliuose (po 0,22 g/kg per metus), kai tuo tarpu eglės spygliuose ir beržų lapuose šio elemento kiekis pradėjo demonstruoti taip pat augimo tendenciją. Prieš keletą metų šio elemento koncentracijos beržų lapuose ir eglės spygliuose palapsniui mažėjo. Tik eglės spygliuose kalcio koncentracijos turi tendenciją mažėti, kai tuo tarpu antrų metų pušies spygliuose šio elemento gausėja po 0,14 g/kg per metus. Stablios išlieka ir Na, Mn ir Mg koncentracijos tirtuose lapijos pavyzdžiuose. Al, Fe ir Zn koncentracijų kaitoje stebimas koncentracijų didėjimo tendencijos.*

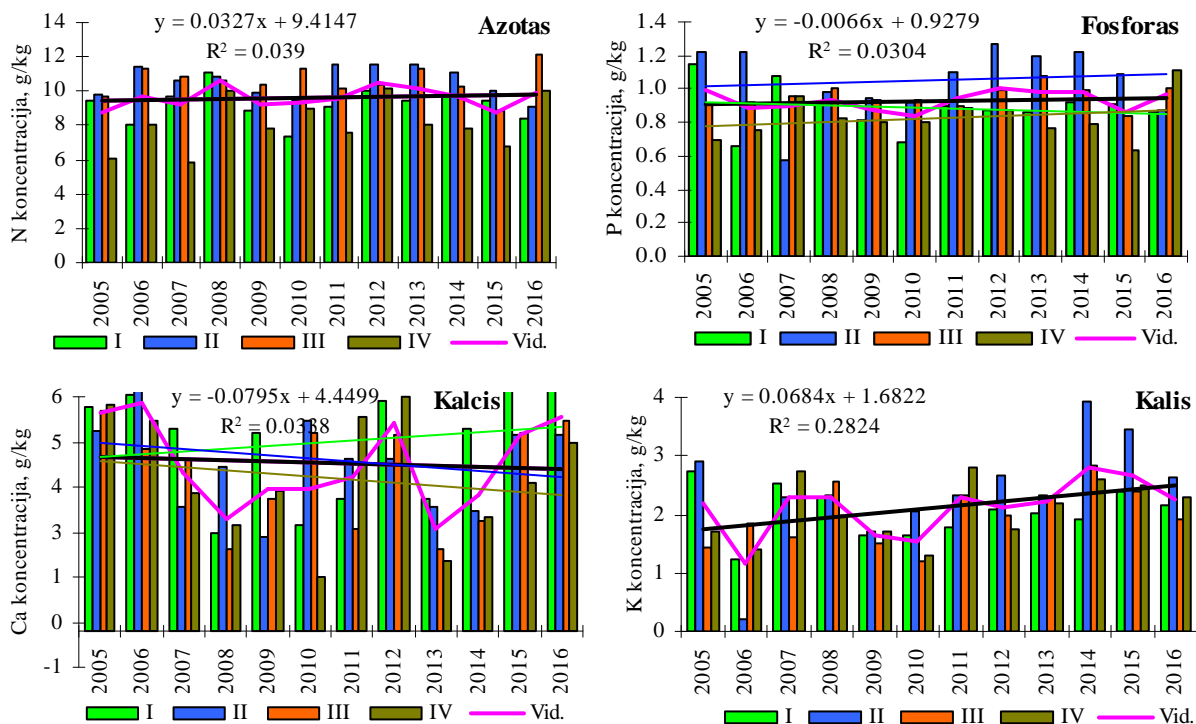
#### *Nuokritų cheminė analizė*

Nuokritų cheminė analizė parodė, kad bendrojo azoto ir fosforo koncentracijų kaitai esminės įtakos, kaip ir Aukštaitijos KMS, turėjo nuokritų sezoniškumas, tačiau skirtingai nei Aukštaitijos KMS, didžiausios bendrojo azoto ir fosforo koncentracijos stebimos pavasario (II) ir vasaros (III) mėnesiais, kiek mažesnės žiemos (I) ir mažiausios vėlyvo rudens (IV) mėnesiais (43 pav.). *Per tiriamąjį laikotarpį bendrojo azoto ir fosforo koncentracijos nuokritose turi tendenciją didėti, taip pat kaip ir Aukštaitijos KMS. Tačiau šis didėjimas reikšmingesnis buvo tik iki 2012 m. Paskutiniaisiais metais stebimas neženklus N ir P koncentracijų nuokritose mažėjimas. 2016 m. šis procesas tęsėsi ir toliau, tik pušies spyglių cheminės analizės rezultatuose stebima N koncentracijų didėjimo tendencija. Ar šis procesas tęsis ir kitais metais parodys ateities tyrimai.*





43 pav. Pagrindinių maistinių komponentų koncentracija nuokritose 2005–2015 m.



**44 pav.** Pagrindinių makro–elementų kiekių nuokritose kaita Žemaitijos KMS, 2005–2016 m.

Kalcio koncentracijų kaitoje sezoniškumo poveikio nustatyti nepavyko, tačiau *per tiriamąjį laikotarpį, analogiškai kaip ir Aukštaitijos KMS, nustatyta šio elemento koncentracijų reikšmingas mažėjimas* (44 pav.). Jei 2012 metai užregistruotas ženklus kalcio koncentracijų padidėjimas nuokritose, tai jau 2013 m. šio elemento koncentracija toliau reikšmingai sumažėjo. **2014–2016 m. Ca koncentracija nuokritose pradėjo didėti.**

K koncentracijų kaitoje pradėjo ryškėti koncentracijų didėjimo tendencija ir ypač vasaros ir rudens mėnesių nuokritose. reikšmingesnės tendencijos nustatyti nepavyko Mn koncentracijų kaitoje, nors labai neženkli didėjimo tendencija pastebima, kaip ir Aukštaitijos KMS.

Mg ir Na koncentracijų kaitoje buvo stebimo koncentracijų mažėjimo tendencijos, o Zn – didėjimo.

## IŠVADOS

Per tiriamąjį laikotarpį, nuo 2005 iki 2016 m., azoto koncentracija beržų lapuose turi tendenciją mažėti po 0,17g/kg per metus, o eglės ir ypač pušies spygliuose N koncentracijos išlieka praktiškai stabilios. 2015 m. stebimas išskirtinis bruožas – neįprastai žema N koncentracija eglės spygliuose, kuris gali būti sausros padarinys.

2016 m. N koncentracijos beržų lapuose ir eglės spygliuose reikšmingai padidėjo lyginant su 2015 m., kai tuo tarpu pušies spygliuose turėjo tendenciją mažėti. Bendras dėsningumas – jau daugiau negu 10 m N koncentracija lapijoje neturi aiškios kaitos tendencijos. Koncentracijos praktiškai išlieka stabilios.

Per tiriamąjį laikotarpį P koncentracija lapijos bandiniuose turi tendenciją mažėti. Nuo 2005 iki 2015 m. koncentracija nežymiai mažėja beržų lapuose – po 0,06g/kg ir didėja eglės spygliuose – po 0,03 g/kg per metus ir išlieka visiškai stabili pušies spygliuose. 2016 m. P koncentracija B lapuose toliau mažėjo, kituose bandiniuose P koncentracija iš esmės nekito.

Per tiriamąjį laikotarpį stebima K koncentracijų didėjimo tendencija. Šio elemento koncentracija didėja beržų lapuose ir eglės spygliuose – po 0,17 ir 0,20 g/kg per metus atitinkamai; mažiausiai – pušų pirmų ir antrų metų spygliuose – po 0,1–0,2 g/kg per metus. 2016 m. toliau didėjo K koncentracija beržų lapuose ir pušų spygliuose. Reikšmingas sumažėjimas nustatytas eglių spygliuose. Stebima Mg mažėjimo tendencija.

Per tiriamąjį laikotarpį bendrojo azoto kiekis nuokritose kito dvejopai, pradžioje koncentracijos didėjo, po to pradėjo reikšmingai mažėti. 2005–2012 m. laikotarpiu N koncentracijos nuokritose reikšmingai didėjo, maždaug po 1% nuo vidutinės metinės koncentracijos per metus, ypač vasaros ir rudens mėnesiais. Paskutiniu metu 2012–2016 m. laikotarpiu stebimas atvirkščias procesas, kai šio elemento koncentracijos nuokritose pradėjo reikšmingai mažėti.

Bendrojo fosforo kiekis nuokritose kito taip pat dvejopai, pradžioje koncentracijos didėjo, po to pradėjo reikšmingai mažėti. P koncentracijų augimas nuokritose buvo registruojamas 2005–2011 m. laikotarpiu, kai jis sudarė maždaug po 0,017 g/kg per metus. Paskutiniu metu 2011–2015 m. laikotarpiu P koncentracijos mažėjo nuo 0,65 iki 0,48 g/kg, kas sudarė maždaug po 0,0425 g/kg per metus. 2016 m. užregistruotas ženklus P koncentracijų padidėjimas visų laikotarpių nuokritose.

Per tiriamąjį laikotarpį vidutinė kalcio koncentracija nuokritose kito atvirkščiai proporcingai N ir P kaitai nuokritose. Galima įžvelgti, kad tyrimų pirmoje pusėje Ca koncentracijos nuokritose turėjo tendenciją mažėti, išskyrus 2011 metus, kada šio elemento

koncentracijos nuokritose siekė maksimalias reikšmes. Antroje tyrimų laikotarpio pusėje stebimas koncentracijų augimo procesas.

*Nuo 2013 iki 2016 m.*

Kalio koncentracijoms nuokritose kaip ir spygliuose būdinga tendencija didėti, ypač žiemos ir rudens mėnesių nuokritose, tačiau šis didėjimas reikšmingesnis tik iki 2011 m. Paskutiniuoju laikotarpiu K koncentracijos nuokritose praktiškai išlieka stabilios, ar turi net mažėjimo tendenciją.

Per tiriamąjį laikotarpį, nuo 2005 iki 2016 m. Žemaitijos KMS azoto koncentracijos beržų lapuose ir eglės bei pušies spygliuose praktiškai išlieka stabili, bendrojo fosforo koncentracija tik spygliuose praktiškai išliko stabili ar turi didėjimo tendenciją, o beržų lapuose mažėja po 0,05g/kg per metus, kaip ir Aukštaitijos KMS. Eglės ir antrų metų pušies spygliuose P koncentracija, nežymiai bet turi tendenciją didėti. Ši tendencija tęsėsi ir 2016 m.

Kalio koncentracijų kaitoje stebimas šio elemento kiekio didėjimas ypač pušies spygliuose (po 0,22 g/kg per metus), kai tuo tarpu eglės spygliuose ir beržų lapuose šio elemento kiekis pradėjo demonstruoti taip pat augimo tendenciją. Prieš keletą metų šio elemento koncentracijos beržų lapuose ir eglės spygliuose pradėjo palaiapsniui mažėti.

Per 2005–2015 m. laikotarpį tik eglės spygliuose kalcio koncentracijos turi tendenciją mažėti, kai tuo tarpu antrų metų pušies spygliuose šio elemento gausėja po 0,14 g/kg per metus. 2016 m. Ca koncentracija tiriamuosiuose bandiniuose taip pat mažėjo. Mn ir Mg koncentracijų kaitoje nenustatytos reikšmingesnės tendencijos.

Per tiriamąjį laikotarpį bendrojo azoto ir fosforo koncentracijos nuokritose turi tendenciją didėti, taip pat kaip ir Aukštaitijos KMS. Tačiau šis didėjimas reikšmingesnis buvo tik iki 2012 m. Paskutiniaisiais metais stebimas neženklus N ir P koncentracijų nuokritose mažėjimas. 2016 m. šis procesas tęsėsi ir toliau, tik pušies spyglių cheminės analizės rezultatuose stebima N koncentracijų didėjimo tendencija.

Kalcio koncentracijų kaitoje sezoniškumo poveikio nustatyti nepavyko, tačiau per tiriamąjį laikotarpį, analogiškai kaip ir Aukštaitijos KMS, nustatyta šio elemento koncentracijų reikšmingas mažėjimas. Jei 2012 metai užregistruotas ženklus kalcio koncentracijų padidėjimas nuokritose, tai jau 2013 m. šio elemento koncentracija toliau reikšmingai sumažėjo. 2014–2016 m. Ca koncentracija nuokritose pradėjo didėti.

K koncentracijų kaitoje pradėjo ryškėti koncentracijų didėjimo tendencija ir ypač vasaros ir rudens mėnesių nuokritose. Reikšmingesnės tendencijos nustatyti nepavyko Mn koncentracijų kaitoje, nors labai neženkli didėjimo tendencija pastebima, kaip ir Aukštaitijos KMS.

### **III. Aukštaitijos kompleksiško monitoringo Stotyje atliktų darbų aprašymas**

Darbai atlikti 2016 m. sutarties techninės specifikacijos III.4. dalyje numatytų paslaugų apimties pagrindu.

Darbus atliko ASU Miškų monitoringo laboratorijos darbuotojas Gintaras Pivoras.

Darbų atlikimo laikotarpiu, 2016m. Utenos rajone Rūgštėlišio kaime esančioje Aukštaitijos kompleksiško monitoringo stotyje ir Ažvinčių sengirės tyrimų poligone buvo atlikti visi sutarties techninės specifikacijos III.4. dalyje numatyti, sąlygiškai natūralių ekosistemų kompleksinio monitoringo ICP IM ir EMEP programų reikalavimus atitinkantys, gamtinės aplinkos stebėjimai ir tyrimai; vykdyti kiti Aplinkos apsaugos agentūros inicijuoti gamtinės aplinkos stebėjimo – tyrimo darbai; atlikti reikalingi Stoties priežiūros – eksploatacijos darbai ir su tuo susiję apmokėjimai.

Sutarties vykdymo laikotarpiu buvo užtikrinta ICP IM programos reikalavimus sąlygiškai natūralių ekosistemų tyrimų stotims atitinkanti Aukštaitijos kompleksinio monitoringo stoties priežiūra ir eksploatacija, sudarant kokybiškas sąlygas efektyviam tolimųjų oro pernašų įtakos Lietuvos oro baseino kokybei tyrimui. Tai apima elektros sąnaudų, reikalingų tyrimų aparatūros darbui užtikrinti bei patalpų ir vandens šildymui, nesudarant vietinės taršos, apmokėjimą; telekomunikacinių paslaugų apmokėjimą; automobilio eksploataciją; pastatų ir tyrimų įrangos eksploatavimo einamuosius darbus; privalomų mokesčių valstybei, bei administravimo mokesčio Universitetui įvykdymą. Aukščiau išvardintų Stoties priežiūros – eksploatavimo sąlygų užtikrinimas sudarė prielaidas Stotyje ir tyrimų poligone vykdyti kompleksinę ekosistemos tyrimą. Darbų vykdymo laikotarpiu Stotyje buvo sudarytos darbo sąlygos visiems kompleksinio monitoringo programos dalyviams, turintiems atlikti darbus pačioje stotyje arba šiame regione esančiuose tyrimų poligonuose. Tai Aplinkos apsaugos agentūros, Fizikinių tyrimų mokslo centro, Aleksandro Stulginskio universiteto ir kiti pagal atskiras sutartis dirbantys ar paskiriami darbuotojai.

Užtikrintas stotyje instaliuotos ir naudojamos mokslinės įrangos kvalifikuotas naudojimas, tech. priežiūra ir savalaikis gedimų šalinimas. Visu 2016m. kalendoriniu laikotarpiu buvo saugoma ir prižiūrima stotyje, šalia jos ir tyrimų poligone sumontuota tyrimų aparatūra – įranga. Nustatytu laiku buvo atliekami visi einamieji tyrimų aparatūros techninio aptarnavimo darbai, esant reikalui vietoje keičiami ir koreguojami aparatūros darbo režimai, šalinami gedimai.

Atlikti aplinkos būklės parametrų tyrimai (fizikiniai, meteorologiniai, oro, vandens), privalomi pagal ICP IM reikalavimus. Tuo tikslu Aukštaitijos kompleksinio monitoringo stotyje ir Ažvinčių sengirės rezervate įrengtame tyrimų poligone buvo

atliekami sekantys režimo bandinių paėmimo ir aplinkos būklės parametrų matavimo –tyrimo darbai:

- nepertraukiamas aplinkos meteorologinių faktorių fiksavimas (oro ir dirvos temperatūrų, vėjo krypties ir greičio, saulės aktyvumo, santykinės oro drėgmės, kritulių kiekio, atmosferos slėgio matavimai);
- dujinių ir aerosolinių atmosferos cheminių priemaišų – SO<sub>2</sub>-S, SO<sub>4</sub>-S, NO<sub>2</sub>, – HNO<sub>3</sub>+NO<sub>3</sub> ir NH<sub>3</sub>+NH<sub>4</sub> nustatymas;
- nepertraukiamas pažemio ozono koncentracijos ore matavimas;
- nepertraukiamas gyvsidabrio koncentracijos ore matavimas;
- mėnesinių „bendrų“ ir savaitinių „šlapių“ kritulių surinkimas;
- savaitinių mėginių, sunkiųjų metalų koncentracijai krituliuose nustatyti, surinkimas;
- savaitinių oro mėginių KD 2,5 (2,5 mikrono dydžio kietųjų dalelių) analizei paėmimas;
- 72 val. oro mėginių KD 10 (10 mikrono dydžio kietųjų dalelių) sunkiųjų metalų ir policiklinių aromatinių angliavandenilių analizei paėmimas;
- mėnesinių „šlapių“ kritulių surinkimas gyvsidabrio koncentracijoms nustatyti;
- Versminio upelio vandens lygio ir fizikinių parametrų (temperatūra, rūgštingumas, laidumas, ištirpęs deguonies kiekis) matavimai;
- gruntinio vandens lygio matavimai;
- gruntinio vandens bandinių paėmimas;
- dirvožemio vandens bandinių paėmimas;
- paimti mėnesiniai polajinių kritulių bandiniai;
- paimti mėnesiniai medžių lajų nuokritų bandiniai;
- paimti Versminio upelio vandens bandiniai;
- atlikti dirvožemio drėgnumo ir įšalo gylio matavimai.

Įvykdytas sutartyje numatytas duomenų ir bandinių pristatymas tyrimams į atitinkamas laboratorijas numatytu laiku. Kiekvieno mėnesio pradžioje paimti upelio, gruntinio ir dirvožemio vandens bandiniai, per 24 val. nuo paėmimo momento, buvo pristatomi tyrimams į Aplinkos tyrimų departamento laboratoriją. Mėnesinių ir savaitinių kritulių bandiniai, polajiniai krituliai, oro chemijos bandinių filtrai, KD 10 ir KD 2,5 filtrai, kiekvieną mėnesį buvo pristatomi į Aplinkos tyrimų departamento laboratoriją. Bandiniai, skirti sunkiųjų metalų atmosferos krituliuose, Gyvsidabrio koncentracijai atmosferos krituliuose bei BaP koncentracijai krituliuose kiekvieną mėnesį buvo pristatomi į atitinkamas Fizikinių tyrimų mokslo centro laboratorijas. Medžių nuokritų bandiniai – pristatyti į Aleksandro Stulginskio universiteto Miško monitoringo laboratoriją. Meteorologiniai ir kiti duomenys pagal pareikalavimą būdavo perduodami laboratorijoms, dalyvaujančioms kompleksiško monitoringo programoje.

*Detalesnis atliktų darbų aprašymas pagal atskiras kompleksinio ekosistemos monitoringo darbų paprogrames:*

a) paprogramė „Metereologija“ /fizikiniai ir meteorologiniai matavimai/

Pagrindinė meteorologinė informacija buvo gaunama ir apdorojama „Campbell CR 5000“ matavimo ir kontrolės modulio ir prie jo prijungtų daviklių pagalba, naudojant duomenų nuskaitymo ir pirminio jų apdorojimo kompiuterinę programą „PC 200 W“. Minėtos įrangos dėka, kas 10 sekundžių buvo matuojama: dirvožemio temperatūra 0,2 m., 0,1m. ir 0,05 m. gyliuose; oro temperatūra 2,0 m. aukštyje; vėjo kryptis (laipsniais); vėjo greitis (m/s); kritulių kiekis (mm); santykinė oro drėgmė(%); saulės spinduliuotė (w/m<sup>2</sup>); atmosferos slėgis; oro temperatūros gradientas; sniego dangos storis.

Dirvožemio temperatūra buvo matuojama naudojant *Campbell Scientific* 107 temperatūros matavimo zondus su *BetaTherm* 100K6A termistoriais.

Oro temperatūra ir drėgmė 2,0 m. aukštyje buvo matuojama *Vaisala HUMICAP*<sup>®</sup> drėgmės ir temperatūros matavimo zonu HMP155 su aktyviai ventiliuojamu saulės radiacijos apsaugos skydeliu. HMP155 zondas instaliuotas šalia Stoties esančioje meteorologinėje aikštelėje, o trys dirvožemio temperatūrą matuojantys zondai – šalia Stoties esančiame miške.

Taip pat buvo matuojamas oro temperatūros gradientas. Tam reikalingi oro temperatūros matavimai buvo atliekami 2 (dviejų metrų) , 8 (aštuonių metrų) ir 22 (dvidešimt dviejų metrų) aukščiuose. Jo matavimui buvo panaudoti trys, prie meteo. bokšto pritvirtinti, *Campbell Scientific* 43347 RTD temperatūros matavimo zondai su aktyviai ventiliuojamais saulės radiacijos apsaugos skydeliais.

Vėjo krypties ir greičio matavimui buvo naudotas *WindSonic* ultragarsinis anemometras. Šis daviklis iškeltas į 27 m aukštį ir yra apytikriai viename aukštyje su stoties pastatą supančio miško medžių viršūnėmis

Metų eigoje buvo matuojami keturi skirtingi saulės spinduliuotės parametrai. Tai bendroji saulės spinduliuotė, PAR, UVA ir UVB. Matavimai atlikti sekančiais matuokliais:

Kipp & Zonen pyranometras – bendrajai saulės spinduliuotei matuoti su matuojamo 310–2800 nm spektro intervalu;

SKU 420 sensorius – matuoja 315–380 nm (FWHM arba maksimalios reakcijos pilno pločio pusės maksimumo) UV–A spindulius pagal DIN 5031 7 dalį;

SKU 430 sensorius – matuoja 280–315 nm (FWHM arba maksimalios reakcijos pilno pločio pusės maksimumo) UV–B spindulius pagal DIN 5031 7 dalį;

SKP 215 šviesos kvantų sensorius – matuoja atsitiktinius kvantus nuo 400 iki 700 nm. Šviesa šiame bangos diapazone yra naudojama fotosintezei ir dažnai vadinama PAR (fotosintezės atžvilgiu aktyvi radiacija).

Visi saulės davikliai sumontuoti meteorologinio bokšto viršuje, 26 metrų aukštyje nuo žemės paviršiaus.

Kritulių pasiskirstymas laiko eigoje buvo matuotas „YOUNG“ firmos (JAV) automatinio, tirpinančiu sniegą kritulmačiu „YOUNG 52202H“.

Kadangi esant žemesnėms kaip - 5 laipsniai oro temperatūrai sniego pavidalo krituliai nepakankamai ištirpinami, kritulių matavimo mechanizmas apledėja ir kritulmačio teikiami parodymai būna klaidinantys; esant žemesnėms temperatūroms būdavo įjungiamas sumontuotas papildomas vidinio pašildymo šaltinis. Tai apsaugo nuo didelių netikslumų, tačiau papildomas pašildymas sąlygoja didesnę surenkamų kritulių išgaravimą, o tuo pačiu ir sisteminę paklaidą.

Kaip parodė eilės metų patirtis, automatinio kritulmačio parodymais negalima akiai pasitikėti ir dėl aukščiau paminėtų, ir dėl eilės kitų objektyvių priežasčių; jo teikiamuose parodymuose bet kada gali atsirasti neprognozuojamų klaidų. Kad pastebėti ir pašalinti tokias klaidas, meteorologinėje aikštelėje, šalia minėto kritulmačio, sumontuotas NovaLynx firmos (Kanada) mechaninis lietaus ir sniego kritulmatis (modelis 260–2510). Šio kritulmačio pagalba buvo pastoviai tikrinami automatinio kritulmačio teikiami duomenys; įvedamos reikalingos pataisos kritulių duomenų galutinėje suvestinėje.

Atmosferos slėgis buvo matuojamas barometriniu slėgio davikliu CS 100.

Sniego dangos storis buvo matuojamas ultragarsiniu SR50A davikliu, instaliuotu šalia Stoties esančiame miške.

Kiekvienos valandos matavimų vidutinės reikšmės buvo kaupiamos kompiuteryje „pirminiame“ tekstinių failų formate. Kiekvieno mėnesio pradžioje per praėjusį mėnesį sukaupti meteorologiniai duomenys buvo sutvarkomi: perkelti į .xsl failo formatą, iš jų pašalinami nekokybiški duomenis, atliekamos reikalingos pirminių duomenų transformacijos (sutvarkytų duomenų failo iškarpa pateikiama 1 lentelėje).

Pagal pareikalavimą sukaupti nauji duomenys būdavo persiunčiami kitiems jų naudotojams.

Duomenų kaupiklio „CR5000“ laikrodis visus kalendorinius metus buvo nustatytos žiemos laiku.

Pažymėtini įvykiai meteo įrangos darbe:

- Kovo mėnesį buvo sugedęs duomenų kaupiklis; dalis prarastų duomenų buvo atstatyta iš kitų artimiausių meteo stotelių.
- *Vaisala HUMICAP* daviklio, skirto matuoti oro temperatūrą ir santykinę oro drėgmę 2,0 m. aukštyje, kai kuriais momentais darbo kokybė buvo nepatenkinama. Todėl jo duomenis teko brokuoti; vietoje jų buvo panaudoti atitinkami temperatūros gradiento daviklių ir papildomos miške įrengtos meteo stotelės oro temperatūros ir oro santykinio drėgnumo duomenys.



- Sniego dangos storio daviklio SR50A parodymai buvo tokie netikslūs, kad į ataskaitą jie netraukiami.

b) paprogramė „Oro cheminė analizė“

Kad būtų galima atlikti dujinių medžiagų ir aerosolių tyrimus, leidžiančius įvertinti ore esančių junginių koncentracijas ir srautus, stoties teritorijoje buvo pastoviai renkami atmosferos oro bandiniai. Bandinių surinkimui buvo naudotas oro bandiklis „Oroche“. „Oroche“ pagalba pro keturis skirtingai impregnuotus „Whatman 40“ tipo filtrus ir porėto stiklo filtrą buvo nenutrūkstamai siurbiamas oras. Filtrai buvo eksponuojami meteo. bokšte, 26 m. aukštyje. Filtrai buvo keičiami kiekvienos savaitės pirmąją dieną. Tiriama parametrai: dujinės ir aerosolinės atmosferos cheminės priemaišos – SO<sub>2</sub>-S, SO<sub>4</sub>-S, NO<sub>2</sub>, -HNO<sub>3</sub>+NO<sub>3</sub> ir NH<sub>3</sub>+NH<sub>4</sub>.

Oro bandinių paėmimui buvo panaudoti Horibos firmos gamybos oro mėginių paėmikliai GPS5. Vienas iš jų skirtas NO<sub>2</sub> bandinių surinkimui 0,5 litrų/min oro srautu, kitas– SO<sub>2</sub>-S, SO<sub>4</sub>-S, -HNO<sub>3</sub>+NO<sub>3</sub> ir NH<sub>3</sub>+NH<sub>4</sub> bandiniams paimti 10 litrų/min oro srautu; tuo pat metu vietoje trijų vienpakopių filtrų imta naudoti vieną tripakopį filtrą.

Eksponuoti oro bandinių filtrai kiekvieno mėnesio pirmomis darbo dienomis buvo pristatomi analizavimui į Aplinkos tyrimų departamentą.

Ozono koncentracija ore matuojama 2 m aukštyje virš žemės paviršiaus elektroninio analizatoriaus pagalba. Buvo naudojamas elektroninis Horiba APOA-370 analizatorius. Matavimo duomenys buvo nuskaitomi ir apdorojami atskiro kompiuterio pagalba. Duomenys pastovaus ryšio režimu buvo perduodami į Aplinkos apsaugos agentūrą. Reguliarius ozono analizatoriaus patikros darbus atliko AAA specialistai.

Pastabos: metų eigoje buvo fiksuoti du NO<sub>2</sub> bandinių paėmiklio GPS5 gedimai; šių atvejų metu buvo sumontuotas alternatyvus mėginių paėmiklis iš senos nurašytos įrangos, kuris ir veikė visu pagrindinio bandinių paėmiklio remonto laikotarpiu.

c) paprogramės „Kritulių cheminė analizė“, Polajinių kritulių cheminė analizė

Šalia stoties esančioje meteorologinėje aikštelėje, 1,6 m. aukštyje buvo pastatyti du kritulių rinktuvai. Vienas iš jų – mėnesinis, vadinamas „BULK“ tipo; jis būna atviras tiek lyjant, tiek sausuoju laikotarpiu. Kitas – savaitinių kritulių automatinis rinktuvas, skirtas „WET“ tipo (šlapioms) iškritoms rinkti. Mėnesinių kritulių surinkimui buvo naudojami NILU plastikiniai žiemos ir vasaros kritulių rinktuvai su 200 mm. skersmens surinkimo anga. Esant aukštesnei oro temperatūrai (virš +10 laipsn.C ), inde susikaupę krituliai kas savaitę būdavo paimami iš rinktuvų ir toliai laikomi šaldytuve. Automatinis „šlapių“ kritulių rinktuvas NSA 181/KE veikia esant ir minusinėms temperatūroms, bei palaiko pastovią temperatūrą (apie +5 laipsn. C ) surinktų kritulių kameroje.

Kritulių surinkimo efektyvumas įvertinamas automatinio kritulių kiekio matuokliu – pliuviografu „YOUNG 52202H“ ir NovaLynx firmos (Kanada) mechaniniu lietaus ir sniego kritulmačiu (modelis 260–2510).

Polajiniai krituliai buvo renkami Ažvinčių sengirės rezervate esančiame tyrimų poligone, šalia intensyvaus tyrimo barelio, į 5 rinktuvus. Šiltuoju metų laikotarpiu, kaip rinktuvai, buvo naudojami 5l. polietileniniai indai su 160 mm. skersmens kritulių surinkimo piltuvais, o žiemos mėnesiais – polietileniniai 270 mm. skersmens kibirėliai. Esant aukštesnei oro temperatūrai, surinkti krituliai būdavo paimami iš miško kas dvi savaitės (toliau laikomi Stoties šaldytuve); šaltesniu laikotarpiu – kas mėnesį.

Kiekvieno mėnesio pradžioje visi surinkti kritulių bandiniai buvo pristatomi į jų analizę atliekančią Aplinkos tyrimų departamento laboratoriją.

d) paprogramė „Dirvožeminio vandens cheminė analizė“

Versminio upelio baseine instaliuoti 6 nerūdijančio plieno lizimetrai. Trys iš jų įrengti viršutiniame dirvos sluoksnyje (eliuvinis horizontas – 20 cm.) ir trys žemiau šaknų zonos (B horizontas – 40 cm.). Bandiniai, iš visų lizimetų, buvo paimami kiekvieno mėnesio pradžioje. Kai kuriais atvejais, dėl mažo kritulių kiekio, vandens juose neprisirinko ir bandiniai nebuvo imami (žiūr. 5 lentelę). Pirmą kartą po 2015–2016 m. žiemos vandens bandiniai iš lizimetų buvo paimti vasario 01 dieną.

Paimti vandens bandiniai buvo pristatyti į Aplinkos tyrimų departamento laboratoriją (žiūr.2 lentelė). Paimant bandinius iš lizimetų tyrimų poligone, tuo pat metu buvo nustatoma ir dirvožemio drėgmė (žiūr. 4 lentelę).

Dirvožemio drėgmės nustatymui buvo naudotas: elektroninis Delta–T firmos HH2 dirvožemio drėgmės matuoklis ir stacionariai įrengti šeši Theta Probe ML2x

dirvos drėgmės davikliai (3vnt. 20 cm. gylyje ir 3vnt. 40 cm gylyje). Dirvožemio drėgnumas buvo tiesiogiai matuojamas procentinėje išraiškoje.

Žiemos metu, šalia lizimetrinių įrenginių kas dvi savaitės buvo matuojamas dirvožemio įšalo gylis (žiūr. 6 lentelę).

e) paprogramė „Gruntinio vandens cheminė analizė“

Gruntinio vandens stebėjimui, tiriamos ekosistemos teritorijoje yra įrengti 4 gręžiniai. Du kartus per mėnesį buvo atliekamas gruntinio vandens lygio, tuose gręžiniuose, matavimas (žiūr. 7 lentelę). Gruntinio vandens bandiniai cheminei analizei atlikti iš gręžinių buvo imami kas antrą mėnesį. Vandens bandiniai iš gręžinių buvo imami su mechaniniu, tefloniniu vandens paėmikliu. Paimti vandens bandiniai, ne vėliau kaip per 24 valandas nuo jų paėmimo, buvo pristatomi į Aplinkos tyrimų departamento laboratoriją cheminei analizei atlikti (žiūr.2 lentelę).

Du kartus (pavasariį ir rudenį) buvo atliktas detalus gręžinių valymas, išsemiant visą juose buvusį vandenį. Pažymėtina, kad dėl sumažėjusio kritulių kiekio pastarųjų trijų metų laikotarpiu, gręžiniuose Nr.2 ir Nr.4 gruntinio vandens lygis buvo taip nusekęs, kad bandinius paimti kartais buvo neįmanoma.

f) paprogramės „Paviršinio vandens kiekis ir cheminė analizė“

Duomenys šių paprogramių vykdymui buvo gaunami, matuojant Versminio upelio debitus ir atliekant jo vandens fizikinių parametų, bei cheminės sudėties tyrimus. Tuo tikslu prie Versminio upelio hidrotechninio įtvoro instaliuotas vandens lygio matuoklis Solinst 3001. Šalia vandens lygio matuoklio, didesniai matavimų tikslumui gauti, buvo instaliuotas papildomas tos pačios Solinst firmos oro slėgio matuoklis. Sinchroniškai su vandens lygio matuokliu dirbančio oro slėgio matuoklio duomenys buvo naudojami tikslesniems upelio debitų skaičiavimams, eliminuojant neigiamą atmosferos slėgio įtaką matavimams. Vandens lygio matuoklis Solinst 3001 teikė ir kasvalandinius paviršinio vandens temperatūros matavimų duomenis.

Abiejų daviklių, duomenys buvo automatiškai kaupiami juose integruotuose kaupikliuose. Kas mėnesį iš kaupiklių duomenys buvo paimami Solinst „Leveloader Gold“ nuskaitytuvu ir toliau apdorojami kameraliai. Upelio vandens aukščio matavimų tikslumas 1 mm.; matavimų dažnumas – 1 kartą per valandą. Solinst 3001 matuoklio teikiamų duomenų kokybei užtikrinti upelio vandens lygis kas dvi savaitės buvo matuojamas ir mechaniniu – rankiniu būdu; atliekant kameralinius upelio debitų skaičiavimus rankinių matavimų duomenys buvo įvedami į skaičiavimo formules kaip kontroliniai automatinų matavimų patikros elementai. Galutinėje ataskaitoje buvo pateikti apskaičiuoti kasvalandiniai upelio debitai (žiūr. 3 lentelę).

Per 2016m. laikotarpį buvo nustatytas 18080 m<sup>3</sup> up. Versminio metinis vandens debitas; kas yra gerokai mažiau negu ankstesniais metais.

„MultiLine F/SET-3“ prietaiso deguonies koncentracijų matavimo daviklis buvo kalibruojamas prieš kiekvieną matavimą.

Patvankos slenksčio niveliavimo darbai buvo atlikti 2016.01.19, 2016.04.18 ir 2016.10.17 dienomis; darbui naudotas lazerinis nivelyras „AutoCros Laser 3“. Metų laike kelis kartus buvo atlikti patvankos dugno valymo ir kiti įrenginio aptarnavimo darbai.

g) paprogramė „Nuokritų kiekis ir cheminė jų analizė“

Nuokritoms rinkti buvo naudojami 5 atviri, vieno kvadratinio metro surinkimo paviršiaus ploto, rinktuvai įrengti tyrimų poligone. Į juos patekusios nuokritos buvo paimamos kiekvieno mėnesio pabaigoje. Kadangi žiemos metu nuokritos būna susimaišę su sniego sluoksniu, tai sniegingo laikotarpio bandinys buvo bendras keliems mėnesiams ir paimtas nutirpus sniego dangai.

Mėginiai, po kiekvieno jų paėmimo, buvo išdžiovinami ir pristatomi į ASU Miškų monitoringo laboratoriją, atliekančią jų tyrimus.

*Kiti 2016m. sutarties pagrindu Aukštaitijos kompleksinio monitoringo stotyje atlikti aplinkos tyrimų darbai:*

1) sunkiųjų metalų atmosferos krituliuose tyrimo programa (vykdytojas – Fizikinių mokslo tyrimų centras).

Tuo tikslu meteo. bokšte buvo įrengti du kritulių rinktuvai. Kritulių rinktuvai buvo keičiami kiekvienos savaitės pirmos dienos ryte. Surinkti krituliai buvo pasveriami, apdorojami rūgšties tirpalu ir laikomi šaldytuve. Kiekvieno mėnesio pradžioje jie buvo pristatomi į atitinkamą FTMC laboratoriją.

2) gyvsidabrio koncentracijų atmosferos krituliuose programa (vykdytojas – Fizikinių technologijų mokslo tyrimų centras).

Tuo tikslu meteo. bokšte buvo įrengtas vienas kritulių rinktuvas. Jame surinkti kritulių bandiniai buvo paimami kas dvi savaitės. Surinkti krituliai buvo pasveriami, apdorojami fiksuojančiu tirpalu ir laikomi šaldytuve. Kiekvieno mėnesio pradžioje jie buvo pristatomi į atitinkamą FTMC laboratoriją.

3) gyvsidabrio koncentracijų atmosferos ore nustatymas (vykdytojas – AAA).

Tuo tikslu monitoringo stotyje buvo instaliuotas Tekran firmos gyvsidabrio garų atmosferos ore analizatorius TEKRAN 25378. Oras analizei buvo imamas 2m. aukštyje nuo žemės paviršiaus. Analizatorius veikė nenutrūkstamu darbinio režimu, kompiuteryje fiksuojami kas pusvalandiniai vidutiniai matavimų duomenys. Matavimų duomenys kiekvieną dieną automatiškai buvo perduodami į Aplinkos apsaugos agentūrą. Reguliarius prietaiso patikros darbus atliko AAA specialistai.

Metų eigoje buvo atliktas kapitalinis šio prietaiso remontas. Prietaiso eksploatacijai reikalingos argono inertinės dujos buvo pastoviai perkamos 10 l. talpos balionais iš AGA firmos padalinio Utenoje.

#### 4) kietųjų dalelių KD2,5 ore bandinių paėmimas.

Tuo tikslu šalia stoties pastato esančioje meteo. aikštelėje buvo sumontuotas SEQ47/50 kietųjų dalelių bandinių paėmimo įrenginys. Jis užprogramuotas 7–ių dienų bandinių ciklui ir filtrai buvo automatiškai pakeičiami kas 7 kalendorinės dienos, kiekvieną pirmadienį, 15 val. Filtrai šiam įrenginiui buvo paruošiami Aplinkos tyrimų departamento laboratorijoje; kasetės su filtrais – keičiamos kas trys mėnesiai. Kiekvienos savaitės pradžioje buvo atliekami įrenginio techninio aptarnavimo darbai: nuimama oro įsiurbimo galvutė, ji išvaloma, sutepama specialiu silikoniniu tepalu.

Filtrų eksponavimo laiko ir sąlygų duomenys iš įrenginio laikmenos buvo perkeliama į stoties kompiuterį, apdorojami ir excel–inio failo pavidale kas mėnesį kartu su eksponuotais filtrais pateikiami Aplinkos tyrimų departamento laboratorijai.

#### 5) kietųjų dalelių KD10 bandinių, skirtų sunkiųjų metalų ir policiklinių aromatinių angliavandenilių koncentracijų ore nustatymui, paėmimas.

Tuo tikslu šalia stoties pastato esančioje meteo. aikštelėje buvo sumontuotas SEQ47/50 kietųjų dalelių bandinių paėmimo įrenginys. Jis užprogramuotas 3–jų dienų bandinių ciklui ir filtrai buvo automatiškai pakeičiami kas trys kalendorinės dienos, 15val; kasetės su filtrais – keičiamos kas mėnesį. Kiekvienos savaitės pradžioje buvo atliekami įrenginio techninio aptarnavimo darbai: nuimama oro įsiurbimo galvutė, ji išvaloma, sutepama specialiu silikoniniu tepalu.

Mėnesio pabaigoje eksponuoti filtrai buvo pristatomas analizės atlikimui Aplinkos tyrimų departamento laboratorijai. Filtrų eksponavimo laiko ir sąlygų duomenys iš įrenginio laikmenos buvo perkeliama į stoties kompiuterį, apdorojami ir .xsl failo pavidale kas mėnesį kartu su eksponuotais filtrais pateikiami Aplinkos tyrimų departamento laboratorijai.

#### 6) gyvsidabrio koncentracijų šlapiuose atmosferos krituliuose nustatymas (vykdytojas – Aplinkos tyrimų departamentas).

Tuo tikslu šalia stoties esančioje meteo. aikštelėje buvo sumontuotas automatinis „šlapių“ kritulių rinktuvas NSA 181/KE. Rinktuvas veikia esant ir minusinėms temperatūroms, bei palaiko pastovią temperatūrą (apie +5 laipsn.C) surinktų kritulių kameroje. Šio rinktuvo pagalba buvo renkami mėnesiniai kritulių bandiniai kurie kiekvieną mėnesį buvo pristatomi į Aplinkos tyrimų departamento laboratoriją.

7) benzopirenų koncentracijų atmosferos krituliuose nustatymas (vykdytojas – Fizikinių mokslo tyrimų centras).

Tuo tikslu šalia stoties esančioje meteo. aikštelėje buvo sumontuotas tam skirtas kritulių rinktuvas. Šio rinktuvo pagalba buvo renkami mėnesiniai kritulių bandiniai, kurie kiekvieną mėnesį buvo pristatomi į atitinkamą FTMC laboratoriją.

8) kietųjų dalelių KD2,5 ore nenutrūkstamas matavimas (nenutrūkstamas režimas).

Tuo tikslu šalia stoties pastato esančioje meteo. aikštelėje buvo sumontuotas kietųjų dalelių ore koncentracijų matavimo įrenginys BAM–1020. Jo teikiami duomenys buvo tiesiogiai tiekiami į AAA.

Metų eigoje buvo fiksuotas šio prietaiso spintos aušinimo sistemos gedimas, kuris buvo pašalintas nestabdant pačio prietaiso darbo. Techninį prietaiso aptarnavimą atlikdavo tiek AAA atitinkamo skyriaus darbuotojai, tiek Rūgštėlišio stoties darbuotojas.

11) Radioaktyviosios spinduliuotės matavimas

Prižiūrima – aptarnaujama radioaktyviosios spinduliuotės matavimo įranga „SARA ENVINET“. Jos teikiami duomenys buvo tiesiogiai (nenutrūkstamas režimas) tiekiami į AAA.

1 lentelė.

Sutvarkyti meteorologiniai duomenys /iškarpa/

RŪGŠTĖLIŠKIO METEO. STOTIS				koordinatės LKS 94 sistemoje: X 626754,46 - Y 6149430,40															
žiemos laikas /winter time/																			
DATA	LAIKAS	KRITULIAI	DIRVOŽEMIO T			ORO T	ORO DRĖGMĖ	VĖJAS			SLĖGIS	SAULĖ				SNIEGAS	ORO T , gradientui		
date	time	precipitation	soil T			air T	air RH	wind			pressure	sun				snow	air temperature /for gradient/		
DATE	TIME	Rain	Temp_-0.05m	Temp_-0.1m	Temp_-0.2m	AirTC_2m	RH	WindDir	WS	WS	BP	Solar_Rad	SR_PAR	UVA	UVB	DBTCDT	Temp_2m	Temp_8m	Temp_22m
		mm	Deg C	Deg C	Deg C	Deg C	%	Degrees	met/sec	met/sec	mbar	W/m2	W/m2	W/m2	W/m2	m	Deg C	Deg C	Deg C
		Tot	Avg	Avg	Avg	Avg	Smp	Smp	Avg	Max	Avg	Avg	Avg	Avg	Avg	Avg	Avg	Avg	Avg
2016-01-01	00:00:00	0.0	0.2	0.6	1.6	-8.2	92	34	0.7	2.9	1015	-0.1	0.3	-0.06	-0.001		-8.2	-8.4	-8.5
2016-01-01	01:00:00	0.0	0.2	0.6	1.6	-8.2	92	173	0.4	1.5	1015	-0.1	0.3	-0.06	-0.001		-8.2	-8.4	-8.5
2016-01-01	02:00:00	0.0	0.2	0.6	1.6	-7.9	92	102	0.7	3.3	1015	-0.1	0.3	-0.06	-0.001		-7.9	-8.1	-8.2
2016-01-01	03:00:00	0.0	0.2	0.6	1.6	-7.7	92	47	1.0	3.4	1015	-0.1	0.3	-0.06	-0.001		-7.7	-7.9	-8.0
2016-01-01	04:00:00	0.0	0.2	0.6	1.6	-7.7	92	114	0.8	2.8	1014	-0.1	0.3	-0.06	-0.001		-7.7	-8.0	-8.1
2016-01-01	05:00:00	0.0	0.2	0.6	1.5	-8.2	91	36	1.4	5.6	1015	-0.1	0.3	-0.06	-0.001		-8.2	-8.4	-8.6
2016-01-01	06:00:00	0.0	0.2	0.6	1.5	-9.2	90	70	1.2	4.4	1015	-0.1	0.3	-0.06	-0.001		-9.2	-9.5	-9.7
2016-01-01	07:00:00	0.0	0.2	0.6	1.5	-9.7	90	101	1.0	3.9	1015	-0.1	0.3	-0.06	-0.001		-9.7	-9.9	-10.2
2016-01-01	08:00:00	0.0	0.2	0.5	1.5	-10.1	90	0	1.0	3.4	1015	-0.1	0.3	-0.06	-0.001		-10.1	-10.3	-10.5
2016-01-01	09:00:00	0.0	0.2	0.5	1.5	-10.2	90	93	0.9	2.7	1015	0.7	1.1	-0.04	0.000		-10.2	-10.3	-10.5
2016-01-01	10:00:00	0.0	0.1	0.5	1.5	-9.8	90	47	0.9	2.9	1015	10.1	7.2	0.14	0.004		-9.8	-10.0	-10.3
2016-01-01	11:00:00	0.0	0.1	0.5	1.5	-9.5	89	19	1.1	3.2	1015	31.7	21.0	0.52	0.014		-9.5	-9.8	-10.1
2016-01-01	12:00:00	0.0	0.1	0.5	1.5	-9.3	89	124	1.0	2.4	1015	36.5	24.3	0.64	0.017		-9.3	-9.6	-9.8
2016-01-01	13:00:00	0.0	0.1	0.5	1.5	-9.3	89	130	1.2	4.1	1015	36.4	24.0	0.67	0.017		-9.3	-9.6	-9.8
2016-01-01	14:00:00	0.0	0.1	0.5	1.4	-9.4	88	110	1.0	3.3	1015	39.8	26.5	0.70	0.019		-9.4	-9.6	-9.9
2016-01-01	15:00:00	0.0	0.1	0.5	1.4	-9.5	87	86	1.1	3.4	1015	23.3	16.3	0.40	0.011		-9.5	-9.7	-9.9
2016-01-01	16:00:00	0.0	0.1	0.5	1.4	-9.7	87	285	1.1	3.8	1015	6.0	5.4	0.08	0.003		-9.7	-9.9	-10.1
2016-01-01	17:00:00	0.0	0.1	0.5	1.4	-10.3	85	131	1.5	5.0	1015	0.0	0.6	-0.06	-0.001		-10.3	-10.5	-10.7
2016-01-01	18:00:00	0.0	0.1	0.4	1.4	-12.0	85	45	1.3	4.4	1016	-0.1	0.3	-0.07	-0.001		-12.0	-12.0	-12.2
2016-01-01	19:00:00	0.0	0.0	0.4	1.4	-12.7	86	83	1.3	3.5	1016	-0.1	0.3	-0.08	-0.001		-12.7	-12.7	-12.8
2016-01-01	20:00:00	0.0	0.0	0.4	1.4	-13.1	87	117	1.6	5.5	1017	-0.1	0.3	-0.08	-0.001		-13.1	-13.0	-13.1
2016-01-01	21:00:00	0.0	0.0	0.4	1.4	-13.7	87	83	1.7	4.8	1017	-0.1	0.3	-0.08	-0.001		-13.7	-13.8	-13.9

Pilna duomenų suvestinė – skaitmeninėje laikmenoje.

2 lentelė.

Up. Versminio, gruntinio ir dirvožeminio vandens mėginių paėmimo laikas ir kiekis

Mėginių paėmimo laikas	vandens mėginiai, paimti ir pristatyti į Aplinkos tyrimų departamentą				“Versminio” upelio vandens fizikiniai parametrai			
	upelio “Versminio”	gruntinis vanduo /grėžinys Nr./	dirvožeminis vanduo /lizimetras Nr./	Mėginių pristatymo į ATD laboratoriją protokolas	temperatūra, C °	deguonies kiekis, mg/l	rūgštingumas, PH	laidumas, μg/cm
2016.02.01	+	1,3	21,22,23,41,42,43	2016,01	4,9	2,44	–	329
2016.02.29	+	–	–	2016,02	4,3	3,25	–	392
2016.04.04	+	1,2,3	21,22,23,41,42,43	2016,03	4,9	2,33	–	383
2016.05.02	+	–	21,22,23,41,42,43	2016,04	5,4	2,65	–	382
2016.05.30	+	1,3	–	2016,05	7,6	3,40	–	370
2016.07.04	+	–	–	2016,06	11,5	4,35	–	374
2016.08.01	+	1,3	21,22,23	2016,07	10,5	3,77	–	396
2016.08.29	+	–	21,22,23	2016,08	11,5	2,16	–	397
2016.10.03	+	1	–	2016,09	11,2	3,62	–	400
2016.10.31	+	–	21,22,23,41,42,43	2016,10	7,9	2,14	–	416
2016.11.28	+	1,3	21,22,23,41,42,43	2016,11	6,0	2,83	–	412
2017.01.02	+	–	–	2016,12	5,5	1,74	–	397



--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--

3 lentelė.

upelio "Versminio" debitų skaičiavimas												vandens Temperatūra daviklio aplinkoje
data	valanda	matavimo duomenys ir pirminis jų apdorojimas				debitų skaičiavimas						
		Hd	hv	Hd-hv	hv	hv	Sv	H	H	Q1	Q2	
		mm	mm	mm	mm	mm	mm	mm	m	l/s	m3/val.	
		daviklio mat.	rankinis mat.	/ seka /	išskaičiuotas			hv - Sv	H x 0,001	1343 x H <sup>2</sup>	Q1 x 3,6	laipsn. C
2016-01-01	0	239	46	193	45	45	11	34	0.034	0.32	1.14	3.9
2016-01-01	1	238		193	45	45	11	34	0.034	0.32	1.14	3.9
2016-01-01	2	238		193	45	45	11	34	0.034	0.32	1.17	3.9
2016-01-01	3	238		193	45	45	11	34	0.034	0.32	1.14	3.9
2016-01-01	4	239		193	46	46	11	35	0.035	0.33	1.19	3.9
2016-01-01	5	239		193	46	46	11	35	0.035	0.34	1.23	3.9
2016-01-01	6	238		193	45	45	11	33	0.033	0.31	1.10	3.9
2016-01-01	7	237		193	44	44	11	33	0.033	0.30	1.08	3.9
2016-01-01	8	238		193	45	45	11	34	0.034	0.32	1.15	3.9
2016-01-01	9	237		193	44	44	11	33	0.033	0.29	1.06	3.9
2016-01-01	10	236		193	43	43	11	32	0.032	0.32	1.15	3.9
2016-01-01	11	239		193	46	46	11	35	0.035	0.35	1.25	3.9
2016-01-01	12	238		193	45	45	11	33	0.033	0.31	1.10	3.9
2016-01-01	13	237		193	44	44	11	33	0.033	0.30	1.09	3.9
2016-01-01	14	238		193	45	45	11	34	0.034	0.31	1.13	3.9
2016-01-01	15	237		193	44	44	11	33	0.033	0.30	1.09	3.9

Pilna duomenų suvestinė – skaitmeninėje laikmenoje



4 lentelė.

Dirvožemio drėgnumo matavimų duomenys (%) gauti, naudojant Theta Probe ML2x dirvos drėgmės daviklius ir Delta-T, HH2 nuskaitytuvą

Matavimo data	Matavimo taškai					
	A21	A22	A23	A41	A42	A43
<b>2016,01,31</b>	12,1	12,5	10,8	10,5	14,4	9,2
04,03	9,2	12,0	10,4	7,9	12,9	9,5
04,16	9,1	12,0	9,1	7,4	11,6	7,9
05,01	8,5	11,3	10,0	7,7	12,0	9,3
05,16	7,5	8,7	6,4	5,8	9,6	6,1
05,29	6,1	7,2	3,8	4,3	8,3	4,2
06,12	4,3	5,5	2,7	4,2	6,7	3,0
07,03	3,0	6,0	2,5	5,2	6,6	2,9
07,18	8,2	11,6	9,4	7,8	12,7	8,1
08,01	7,8	12,1	9,1	7,2	12,8	7,6
08,15	8,2	11,4	9,9	7,7	12,3	9,3
08,28	6,0	10,1	7,4	6,4	10,8	7,2
09,12	3,2	7,7	3,9	4,6	8,8	4,8
10,03	3,2	5,8	2,6	3,3	6,9	3,2
10,17	6,4	10,9	8,0	6,9	11,6	6,7
10,31	8,9	12,5	11,5	8,4	13,9	10,5

5 lentelė.

Vandens kiekiai lizimetruose /mililitrais/

Data	Lizimetro Nr,					
	A21	A22	A23	A41	A42	A43
<b>2016,01,30</b>	1930	780	110	2140	40	2410
04,03	2610	1750	800	2540	1490	2960
05,01	1220	1670	400	180	950	1160
05,29	0	0	0	0	0	0
07,03	0	0	0	0	0	0
08,01	340	430	160	0	0	0
08,28	540	245	190	50	50	0
10,03	0	0	0	0	0	0
10,31	2750	1540	1460	1530	560	2200
22,28	2120	1560	870	2890	950	1320

lizimetro darbinis plotas – 0,1155 m<sup>2</sup>,

6 lentelė,

Dirvožemio įšalo gylis /centimetrais/

Matavimo data	Įšalo gylis (cm,)
<b>2016,01,03</b>	7
2016,01,18	17
2016,01,31	13
2016,02,14	2 /3/
2016,02,29	1
2016,03,16	0
2016,04,03	0
–	–
–	–
–	–
2017,01,19	5

Pastaba: skaičius skliausteliuose rodo, kad įšalas prasideda tokiame dirvožemio gylyje

7 lentelė

Gruntinio vandens lygis gręžiniuose /centimetrais/

Matavimo data	Gręžinio numeris				Pastabos
	Nr, 1	Nr, 2	Nr, 3	Nr, 4	
2016,01,03	57	110(S)	220	1013(S)	
01,18	59	110(S)	224	1013(S)	
01,31	55	110(S)	222	1013(S)	
02,14	54	104	211	1013(S)	
02,29	56	107	210	1013(S)	
03,16	54	101	202	1013(S)	
04,03	54	100	206	1013(S)	
04,16	54	103	208	1013(S)	
05,01	53	99	203	1013(S)	
05,16	55	104	207	1013(S)	
05,29	58	109	213	1013(S)	
06,12	59	110(S)	217	1013(S)	
07,03	63	110(S)	223	1013(S)	
07,18	59	110(S)	223	1013(S)	
08,01	58	110(S)	226	1013(S)	
08,15	60	110(S)	226	1013(S)	
08,28	63	110(S)	227	1013(S)	
09,12	65	110(S)	230	1013(S)	
10,03	67	110(S)	234	1013(S)	
10,17	61	110(S)	233	1013(S)	
10,31	56	110(S)	228	1013(S)	
11,12	48	110(S)	229	1013(S)	
11,28	52	109	220	1013(S)	
12,11	50	107	217	1013(S)	
12,19	52	110(S)	217	1013(S)	
2017,01,02	49	105	209	1013(S)	

Pastaba: S – gręžinys sausas /vandens lygis nukritęs žemiau gręžinio dugno/

#### IV. TYRIMŲ SANTRAUKA

Nuo 2004 m. žaliųjų oro dumblių gausa Žemaitijos KMS dumblių tyrimo stotyje viršija šių dumblių gausą Aukštaitijos KMS dumblių tyrimo stotyje. Parametrai indikuojantys padengimo intensyvumą šioje stotyje reikšmingai viršijo Aukštaitijos KMS dumblių tyrimo stotyje gautus parametrus. 2010–15 m. Aukštaitijos ir Žemaitijos KMS baseinų tarša azoto junginiais turėtų išlikti panašiam lygmenyje ar demonstruoti mažėjimo tendenciją. 2016 m. tyrimo rezultatai patvirtino šios kaitos tendencijas. Paskutiniu metu laikotarpiu oro baseinų užterštumas azoto junginiais neturi tendencijos didėti.

2016 m. dėl intensyvaus kamieniu padengimo *Cladonia* genties kerpėmis Aukštaitijos KMS bendras tirtų medžių kerpėtumas padidėjo reikšmingai. Pagrindinė priežastis, po nepakankamai drėgnų 2015 m., 2016 m. kritulių kiekis vėl siekė normą. Teigti, kad tokį pokytį galėjo sąlygoti reikšmingas sieros komponentų koncentracijų sumažėjimas negalime, kadangi *Cladonia* genties epifitinės kerpės nėra jautrios šiam teršalui, o intensyviausiai reaguoja į meteorologinių veiksnių kaitą, pirmiausia drėgmę.

Žemaitijos KMS medžių kamienų kerpėtumas turėjo tendencija mažėti, ar tai galėjo sąlygoti mažėjanti oro tarša sieros junginiais parodys detalūs oro ir kritulių cheminių analizių rezultatai.

2016 m. Aukštaitijos KMS nuokritų kiekis sudarė 4634 kg/ha. Tai truputį daugiau negu daugiamečių vidurkis, kuris siekia 3610 kg/ha ir virš 50 kg daugiau negu 2015 m.

Per 1994–2015 m. laikotarpį ženkliai didėjo tik Zn ir K koncentracijos nuokritose. Cr ir Pb koncentracijos nuokritose turėjo tendencija mažėti, o Na, Cd, Cu ir Mn išliko stabilios. Tačiau reikšmingai didėjo Zn, Mn ir K srautai su nuokritomis, Na ir Cd, srautai buvo praktiškai stabilūs, o mažėjo tik Cr ir Pb srautas su nuokritomis.

2016 m. Aukštaitijos KMS registruojamas ženklus Cd, Pb, Zn ir Cu koncentracijų nuokritose padidėjimas lyginant su 2015 m. Likusių tirtų elementų koncentracijos nuokritose išliko tame pačiame lygmenyje kaip ir 2015 m., ar turėjo tendenciją mažėti. Tai lėmė, kad

Žemaitijos KMS 2016 m. nuokritų kiekis toliau mažėjo ir praktiškai susilygino su daugiamečių vidurkių, t.y 4800 kg/ha.

Nuo 2003 metų, kaip ir Aukštaitijos KMS, reikšmingai mažėjo tik Cr ir Pb koncentracijos. Kalio, ir mangano koncentracijų kaitoje buvo būdinga augimo tendencija, ir tik Zn koncentracijos paskutiniuoju laikotarpiu truputį sumažėjusios. Kadmio ir vario koncentracijos nuokritose išlika stabilios.

2016 m. daugelio tirtų metalų koncentracija turėjo tendenciją didėti, o sumažėjo tik Cr, Na, Mn ir K koncentracijos nuokritose.

Per tiriamąjį laikotarpį praktiškai stabilus išliko kadmio, vario, natrio ir mangano srautas į miško paklotę. Didėjimo tendencija nustatyta Zn ir K srautų kaitoje, o mažėjimo tendencija tik Cr ir švino srautų kaitoje.

Apibendrinus tirtų metalų srautų su nuokritomis į dirvožemio paklotę tyrimų rezultatus, nustatyta, kad dažniausiai Aukštaitijos KMS būdingiausiame pušyne metalų metinius kiekius statistiškai reikšmingiau sąlygoja jų koncentracija nuokritose, kai tuo tarpu Žemaitijos KMS būdingiausiame eglyne – nuokritų kiekis.

Būdingas abiemis stotims bruožas – didėja K srautai ir mažėja Pb ir Cr srautai su nuokritomis į miško paklotę.

Per tiriamąjį laikotarpį, nuo 2005 iki 2016 m. azoto koncentracija beržų lapuose turi tendenciją mažėti po 0,17g/kg per metus, o eglės ir ypač pušies spygliuose N koncentracijos išlika praktiškai stabilios. 2015 m. išskirtinis bruožas neįprastai žema N koncentracija eglės spygliuose, kuris gali būti sausros padarinys.

2016 m. N koncentracijos beržų lapuose ir eglės spygliuose reikšmingai padidėjo lyginant su 2015 m., kai tuo tarpu pušies spygliuose turėjo tendenciją mažėti. Bendras dėsningumas, jau daugiau negu 10 m N koncentracija lapijoje neturi aiškios kaitos tendencijos. Koncentracijos praktiškai išlieka stabilios.

P koncentracija lapijos bandiniuose turi tendenciją mažėti. Nuo 2005 iki 2015 m. nežymiai mažėja beržų lapuose – po 0,06g/kg ir didėja eglės spygliuose – po 0,03 g/kg per metus ir išlika visiškai stabilu pušies spygliuose. 2016 m. P koncentracija B lapuose toliau mažėjo, kituose bandiniuose P koncentracija iš esmės ne kito.

K koncentracijų didėjimo tendencija. Šio elemento koncentracija didėja beržų lapuose ir eglės spygliuose – po 0,17 ir 0,20 g/kg per metus atitinkamai; mažiausiai – pušų pirmų ir antrų metų spygliuose – po 0,1–0,2 g/kg per metus. 2016 m. toliau didėjo K koncentracija beržų lapuose ir pušų spygliuose. Reikšmingas sumažėjimas nustatytas eglėlių spygliuose. Stebima Mg mažėjimo tendencija.



Bendrojo azoto kiekis nuokritose kito dvejopai, pradžioje koncentracijos didėjo, po to pradėjo reikšmingai mažėti. 2005–2012 m. laikotarpiu N koncentracijos nuokritose reikšmingai didėjo, maždaug po 1% nuo vidutinės metinės koncentracijos per metus, ypač vasaros ir rudens mėnesiais. Paskutiniu metu 2012–2016 m. laikotarpiu stebimas atvirkščias procesas, kai šio elemento koncentracijos nuokritose pradėjo reikšmingai mažėti.

Bendrojo fosforo kiekis nuokritose kito taip pat dvejopai, pradžioje koncentracijos didėjo, po to pradėjo reikšmingai mažėti. P koncentracijų augimas nuokritose buvo registruojamas 2005–2011 m. laikotarpiu, kai jis sudarė maždaug po 0,017 g/kg per metus. Paskutiniu metu 2011–2015 m. laikotarpiu P koncentracijos mažėjo nuo 0,65 iki 0,48 g/kg, kas sudarė maždaug po 0,0425 g/kg per metus. 2016 m. užregistruotas ženklus P koncentracijų padidėjimas visų laikotarpių nuokritose.

Kalcio koncentracija nuokritose kito atvirkščiai proporcingai N ir P kaitai nuokritose. Galima įžvelgti, kad tyrimų pirmoje pusėje Ca koncentracijos nuokritose turėjo tendenciją mažėti, išskyrus 2011 metus, kada šio elemento koncentracijos nuokritose siekė maksimalias reikšmes. Antroje tyrimų laikotarpio pusėje stebimas koncentracijų augimo procesas.

Nuo 2013 iki 2016 m. Kalio koncentracijoms nuokritose kaip ir spygliuose būdinga tendencija didėti, ypač žiemos ir rudens mėnesių nuokritose, tačiau šis didėjimas reikšmingesnis tik iki 2011 m. Paskutiniu metu laikotarpiu K koncentracijos nuokritose praktiškai išlieka stabilios, ar turi net mažėjimo tendenciją.

Per tiriamąjį laikotarpį, nuo 2005 iki 2016 m. Žemaitijos KMS azoto koncentracijos beržų lapuose ir eglės bei pušies spygliuose praktiškai išlieka stabili, bendrojo fosforo koncentracija tik spygliuose praktiškai išliko stabili ar turi didėjimo tendenciją, o beržų lapuose mažėja po 0,05g/kg per metus, kaip ir Aukštaitijos KMS. Eglės ir antrų metų pušies spygliuose P koncentracija, nežymiai bet turi tendenciją didėti. Ši tendencija tęsėsi ir 2016 m.

Kalio koncentracijų kaitoje stebimas šio elemento kiekio didėjimas ypač pušies spygliuose (po 0,22 g/kg per metus), kai tuo tarpu eglės spygliuose ir beržų lapuose šio elemento kiekis pradėjo demonstruoti taip pat augimo tendenciją. Prieš keletą metų šio elemento koncentracijos beržų lapuose ir eglės spygliuose pradėjo palaipsniui mažėti.

Per 2005–2015 m. laikotarpį tik eglės spygliuose kalcio koncentracijos turi tendenciją mažėti, kai tuo tarpu antrų metų pušies spygliuose šio elemento gausėja po 0,14

g/kg per metus. 2016 m. Ca koncentracija tiriamuosiuose bandiniuose taip pat mažėjo. Mn ir Mg koncentracijų kaitoje nenustatytos reikšmingesnės tendencijos.

Bendrojo azoto ir fosforo koncentracijos nuokritose turi tendenciją didėti, taip pat kaip ir Aukštaitijos KMS. Tačiau šis didėjimas reikšmingesnis buvo tik iki 2012 m. Paskutiniaisiais metais stebimas neženklus N ir P koncentracijų nuokritose mažėjimas. 2016 m. šis procesas tęsėsi ir toliau, tik pušies spyglių cheminės analizės rezultatuose stebima N koncentracijų didėjimo tendencija. Kalcio koncentracijų kaitoje sezoniškumo poveikio nustatyti nepavyko, tačiau per tiriamąjį laikotarpį, analogiškai kaip ir Aukštaitijos KMS, nustatyta šio elemento koncentracijų reikšmingas mažėjimas. Jei 2012 metai užregistruotas ženklus kalcio koncentracijų padidėjimas nuokritose, tai jau 2013 m. šio elemento koncentracija toliau reikšmingai sumažėjo. 2014–2016 m. Ca koncentracija nuokritose pradėjo didėti. K koncentracijų kaitoje pradėjo ryškėti koncentracijų didėjimo tendencija ir ypač vasaros ir rudens mėnesių nuokritose. reikšmingesnės tendencijos nustatyti nepavyko Mn koncentracijų kaitoje, nore labai neženkli didėjimo tendencija pastebima, kaip ir Aukštaitijos KMS.

2016 m. Aukštaitijos kompleksiško monitoringo Stotyje ir Ažvinčių sengirės tyrimų poligone buvo atlikti visi sutarties techninės specifikacijos III.4. dalyje numatyti, sąlygiškai natūralių ekosistemų kompleksinio monitoringo ICP IM ir EMEP programų reikalavimus atitinkantys, gamtinės aplinkos stebėjimai ir tyrimai; vykdyti kiti Aplinkos apsaugos agentūros inicijuoti gamtinės aplinkos stebėjimo – tyrimo darbai; atlikti reikalingi Stoties priežiūros – eksploatacijos darbai ir su tuo susiję apmokėjimai.

Sutarties vykdymo laikotarpiu buvo:

Užtikrinta ICP IM programos reikalavimus sąlygiškai natūralių ekosistemų tyrimų stotims atitinkanti Aukštaitijos kompleksinio monitoringo stoties priežiūra ir eksploatacija, sudarant kokybiškas sąlygas efektyviam tolimųjų oro pernašų įtakos Lietuvos oro baseino kokybei tyrimui. Tai apima elektros sąnaudų, reikalingų tyrimų aparatūros darbui užtikrinti bei patalpų ir vandens šildymui, nesudarant vietinės taršos, apmokėjimą; telekomunikacinių paslaugų apmokėjimą; automobilio eksploataciją; pastatų ir tyrimų įrangos eksploatavimo einamuosius darbus; privalomų mokesčių valstybei, bei administravimo mokesčio Universitetui įvykdymą. Aukščiau išvardintų Stoties priežiūros – eksploatavimo sąlygų užtikrinimas sudarė prielaidas Stotyje ir tyrimų poligone vykdyti kompleksinę ekosistemos tyrimą. Darbų vykdymo laikotarpiu Stotyje buvo sudarytos darbo sąlygos visiems

kompleksinio monitoringo programos dalyviams, turintiems atlikti darbus pačioje stotyje arba šiame regione esančiuose tyrimų poligonuose. Tai Aplinkos apsaugos agentūros, Fizikinių tyrimų mokslo centro, Aleksandro Stulginskio universiteto ir kiti pagal atskiras sutartis dirbantys ar paskiriems darbams laikinai samdomi darbuotojai.

Užtikrintas stotyje instaliuotos ir naudojamos mokslinės įrangos kvalifikuotas naudojimas, tech. priežiūra ir savalaikis gedimų šalinimas. Visu 2016m. kalendoriniu laikotarpiu buvo saugoma ir prižiūrima stotyje, šalia jos ir tyrimų poligone sumontuota tyrimų aparatūra – įranga. Nustatytu laiku buvo atliekami visi einamieji tyrimų aparatūros techninio aptarnavimo darbai, esant reikalui vietoje keičiami ir koreguojami aparatūros darbo režimai, šalinami gedimai.

Atlikti aplinkos būklės parametrų tyrimai (fizikiniai, meteorologiniai, oro, vandens), privalomi pagal ICP IM reikalavimus. Tuo tikslu Aukštaitijos kompleksinio monitoringo stotyje ir Ažvinčių sengirės rezervate įrengtame tyrimų poligone buvo atliekami sekantys režimo bandinių paėmimo ir aplinkos būklės parametrų matavimo –tyrimo darbai:

- nepertraukiamas aplinkos meteorologinių faktorių fiksavimas (oro ir dirvos temperatūrų, vėjo krypties ir greičio, saulės aktyvumo, santykinės oro drėgmės, kritulių kiekio, atmosferos slėgio matavimai);

- dujinių ir aerosolinių atmosferos cheminių priemaišų – SO<sub>2</sub>-S, SO<sub>4</sub>-S, NO<sub>2</sub>, – HNO<sub>3</sub>+NO<sub>3</sub> ir NH<sub>3</sub>+NH<sub>4</sub> nustatymas;

- nepertraukiamas pažemio ozono koncentracijos ore matavimas;

- nepertraukiamas gyvsidabrio koncentracijos ore matavimas;

- mėnesinių „bendrų“ ir savaitinių „šlapių“ kritulių surinkimas;

- savaitinių mėginių, sunkiųjų metalų koncentracijai krituliuose nustatyti, surinkimas;

- savaitinių oro mėginių KD 2,5 /2,5 mikrono dydžio kietųjų dalelių/ analizei paėmimas;

- 72 val. oro mėginių KD 10 /10 mikrono dydžio kietųjų dalelių/ sunkiųjų metalų ir policiklinių aromatinių angliavandenilių analizei paėmimas;

- mėnesinių „šlapių“ kritulių surinkimas gyvsidabrio koncentracijoms nustatyti;

- Versminio upelio vandens lygio ir fizikinių parametrų (temperatūra, rūgštingumas, laidumas, ištirpęs deguonies kiekis) matavimai;

- gruntinio vandens lygio matavimai;

- gruntinio vandens bandinių paėmimas;

- dirvožemio vandens bandinių paėmimas;

- paimti mėnesiniai polajinių kritulių bandiniai;

- paimti mėnesiniai medžių lajų nuokritų bandiniai;
- paimti Versminio upelio vandens bandiniai;
- atlikti dirvožemio drėgnumo ir įšalo gylio matavimai.

Įvykdytas sutartyje numatytas duomenų ir bandinių pristatymas tyrimams į atitinkamas laboratorijas numatytu laiku. Kiekvieno mėnesio pradžioje paimti upelio, gruntinio ir dirvožemio vandens bandiniai, per 24 val. nuo paėmimo momento, buvo pristatomi tyrimams į Aplinkos tyrimų departamento laboratoriją. Mėnesinių ir savaitinių kritulių bandiniai, polajiniai krituliai, oro chemijos bandinių filtrai, KD 10 ir KD 2,5 filtrai, kiekvieną mėnesį buvo pristatomi į Aplinkos tyrimų departamento laboratoriją. Bandiniai, skirti sunkiųjų metalų atmosferos krituliuose, Gyvsidabrio koncentracijai atmosferos krituliuose bei BP koncentracijai krituliuose kiekvieną mėnesį buvo pristatomi į atitinkamas Fizikinių tyrimų mokslo centro laboratorijas. Medžių nuokritų bandiniai – pristatyti į Aleksandro Stulginskio universiteto Miško monitoringo laboratoriją. Meteorologiniai ir kiti duomenys pagal pareikalavimą būdavo perduodami laboratorijoms, dalyvaujančioms kompleksiško monitoringo programoje.

*Kiti 2016m. sutarties pagrindu Aukštaitijos KMS atlikti aplinkos tyrimų darbai:*

- 1) sunkiųjų metalų atmosferos krituliuose tyrimo programa /vykdytojas Fizikinių mokslo tyrimų centras/.
  - 2) gyvsidabrio koncentracijų atmosferos krituliuose programa /vykdytojas Fizikinių technologijų mokslo tyrimų centras/.
  - 3) gyvsidabrio koncentracijų atmosferos ore nustatymas /vykdytojas AAA/.
  - 4) kietųjų dalelių KD2,5 ore bandinių paėmimas.
  - 5) kietųjų dalelių KD10 bandinių, skirtų Sunkiųjų metalų ir policiklinių aromatinių angliavandenilių koncentracijų ore nustatymui, paėmimas.
  - 6) gyvsidabrio koncentracijų šlapiuose atmosferos krituliuose nustatymas /vykdytojas Aplinkos tyrimų departamentas/.
  - 7) benzopirenų koncentracijų atmosferos krituliuose nustatymas (vykdytojas Fizikinių mokslo tyrimų centras).
  - 8) kietųjų dalelių KD2,5 ore nenutrūkstamas matavimas (nenutrūkstamas režimas).
  - 9) Radioaktyviosios spinduliuotės matavimas
- Prižiūrima – aptarnaujama radioaktyviosios spinduliuotės matavimo įranga „SARA ENVINET“. Jos teikiami duomenys buvo tiesiogiai (nenutrūkstamas režimas) tiekiami į AAA.

## V. Report to Finnish Environment Institute

Chemical content of the needles and leaves rather often are presented as indicators of tree health. At Aukštaitija IMS an 11 year long data set revealed that N concentrations in birch leaves had a tendency to decrease by 0.17g/kg per year, meanwhile in spruce and pine needles fluctuated at the same 12 mg/g. Concentrations of P in monitored trees leaves and needles also did not demonstrate significant trends. The tendencies towards increasing were detected in P concentrations data sets in needles of pine and spruce – approximately by 0.03 mg/g, and the tendencies towards decreasing – in birch leaves by 0.06 mg/g per year which continued in 2016. Most significant changes were detected in changeability of K concentrations in leaves and needles of the monitored trees in this IMS. K concentration in spruce and pine needles increased most significantly by 0.18 and 0.20 g/kg per year respectively and least significant in birch leaves – by 0.14 g/kg per year. These tendencies were also typical and in 2016. Concentrations of Ca started to decrease significantly in pine needles of the second year, by 0.18 g/kg per year. In remaining foliage samplers Ca concentration remains stable meanwhile Mg concentrations in foliage started to decrease.

In Žemaitija IMS N concentrations in birch leaves and spruce and pine needles remained quite stable. P concentration remained stable also in needles and only in birch leaves demonstrated a tendency towards decreasing by approximately 0.05 mg/g per year. No significant changes were detected in 2016. K concentrations increased in all foliage samplers, meanwhile statistically significant only in pine needles by 0.22g/kg per year. Ca concentrations in needles demonstrated a tendency towards decreasing meanwhile in birch leaves – towards increasing by 0.33 mg/g per year. In 2016 Ca concentration started to decrease. Changes in meteorology and air concentrations of acidifying species together with their concentrations in precipitation were found to be responsible for the detected changes in leaves and needles at the considered IM sites. Recent changes in abundance of green algae revealed gradual decrease in N air concentration at both IM stations.

Data on abundance of green algae on spruce needles indicated a more intensive pollution level by nitrogen species in Žemaitija IMS than in Aukštaitija IMS. Data on air concentrations of these species confirmed this bio indication.

From 2008 up to 2015 the abundance of epiphytic lichens increased indicating the improved ecological situation in Aukštaitija IMS. The total coverage of monitored tree stems by epiphytic lichens exceeded 4%, meanwhile by only *Hypogymnia physodes* (L.) Nyl. – by

2%. The specific composition remained stable during the entire considered period, i.e. 3 species were under investigation: *Hypogymnia physodes* (L.) Nyl., *Parmeliopsis ambigua* (Wulfen) Nyl., and *Cladonia* spp. (Hill.) Vain.