

Tvirtinu:
Fizinių ir technologijos mokslų centro direktorius

Prof. dr. Vidmantas Remeikis

2012 m. 03 mėn. d.

UŽSAKOMOJO DARBO

CHEMINIŲ PRIEMAIŠŲ FONINIŲ KONCENTRACIJŲ ORE, ATMOSFEROS IŠKRITOSE IR POLAJINIUOSE KRITULIUOSE BEI OZONO TYRIMAI PAGAL EMEP IR ICP IM PROGRAMAS

2011 m. vasario 25 d. Sutartis: Nr. 4F 11–15

ATASKAITA

Fizinių ir technologijos mokslų centras
Fizikos institutas
Savanorių pr.231, LT-02300, Vilnius
Aplinkos fizikos ir chemijos laboratorija

Vadovas dr. D. Jasinevičienė
Vykdytojai: dr. R. Girgždienė
inž. S. Žukienė

Vilnius 2012

TURINYS

1. DUJINIŲ IR AEROZOLINIŲ PRIEMAIŠŲ ORE TYRIMAI PAGAL EMEP IR ICP IM PROGRAMAS.....	3
<i>SANTRAUKA</i>	3
<i>ĮVADAS</i>	4
<i>DARBO METODIKA</i>	5
<i>TYRIMŲ REZULTATAI</i>	6
<i>IŠVADOS</i>	20
<i>LITERATŪRA</i>	21
2. PAGRINDINIŲ CHEMINIŲ PRIEMAIŠŲ FONINIŲ KONCENTRACIJŲ BEI FIZINIŲ PARAMETRŲ ATMOSFEROS IŠKRITOSE IR POLAJINIUOSE KRITULIUOSE TYRIMAI PAGAL EMEP IR ICP IM PROGRAMAS.....	22
<i>SANTRAUKA</i>	22
<i>ĮVADAS</i>	23
<i>DARBO METODIKA</i>	23
2.1 PAGRINDINIŲ CHEMINIŲ PRIEMAIŠŲ FONINIŲ KONCENTRACIJŲ BEI FIZINIŲ PARAMETRŲ ATMOSFEROS IŠKRITOSE TYRIMAI.....	26
<i>TYRIMŲ REZULTATAI</i>	26
<i>IŠVADOS</i>	39
2.2 PAGRINDINIŲ CHEMINIŲ PRIEMAIŠŲ BEI FIZINIŲ PARAMETRŲ POLAJINIUOSE KRITULIUOSE TYRIMAI PAGAL ICP IM PROGRAMĄ.....	41
<i>TYRIMŲ REZULTATAI</i>	41
<i>IŠVADOS</i>	51
3. PAŽEMINIO OZONO TYRIMAI PAGAL EMEP PROGRAMĄ.....	53
<i>SANTRAUKA</i>	53
<i>ĮVADAS</i>	54
<i>METODIKA</i>	58
<i>REZULTATAI IR JŲ APTARIMAS</i>	59
<i>IŠVADOS</i>	70
<i>LITERATŪRA</i>	71

1. DUJINIŲ IR AEROZOLINIŲ PRIEMAIŠŲ ORE TYRIMAI PAGAL EMEP IR ICP IM PROGRAMAS

SANTRAUKA

Atmosferos užterštumo lygį sieros ir azoto junginiais virš Lietuvos lemia šių teršalų emisijos iš vietinių taršos šaltinių ir, dėl tolimų oro teršalų pernašų, iš taršos šaltinių Vakarų bei Pietų Europos valstybėse. Dujinių ir aerosolinių priemaišų koncentracijos atmosferoje kinta dėl atmosferos dinamiškumo ir nuolat vykstančių atmosferos valymosi nuo teršalų procesų. Be to, teršalų koncentracijos atmosferoje kinta laike ir erdvėje dėl dujinių ir aerosolinių teršalų nevienodos atmosferoje buvimo trukmės, kurią nulemia fizinės bei cheminės teršalų savybės. Atmosferos teršalų koncentracijų tyrimams skiriamas ypatingas dėmesys, nes jų koncentracijos atspindi ne tik oro užterštumą regione, bet naudojamos teršalų sausųjų srautų iš atmosferos į žemės ekosistemas įvertinimui. Rūgštėjimo ir eutrofikacijos procesai gamtinėse ekosistemose daugiausiai siejami su sieros ir azoto junginiais, todėl ir šių junginių koncentracijų tyrimai atmosferoje yra būtini vykdant kompleksinius ekosistemų tyrimus.

2011 metais Aukštaitijos IMS (LT01), Žemaitijos IMS (LT03) ir atmosferos tyrimų stotyje Preiloje (LT15) buvo tęsiami sieros dioksido (SO_2 , dujos), azoto dioksido (NO_2 , dujos), sulfatų (SO_4^{2-} , aerosolinės dalelės), sumos nitratų (HNO_3 , (dujinė azoto rūgštis ir NO_3^- , aerosolinės dalelės) ir sumos amonio (NH_3 , dujinis amoniakas ir NH_4^+ , aerosolinės dalelės) koncentracijų tyrimai. Dideli koncentracijų kaitos intervalai yra būdingi visiems tirtiems atmosferos ore sieros ir azoto junginiams. Koncentracijų kaitos sezoniškumas ypač ryškus SO_2 , NO_2 ir SumNO_3 . Žiemos laikotarpio (sausis, vasaris ir gruodis) vidutinė koncentracija yra 2 – 4 kartus didesnė nei vasaros (birželis – rugpjūtis). Vidutinės 2011 m. teršalų metinės koncentracijos Preiloje, išskyrus NO_2 ir SumNH_4 , yra didesnės nei Aukštaitijos ir Žemaitijos IMS. Azoto dioksido vidutinė metinė koncentracija Žemaitijos IMS ir Preiloje yra beveik 2 kartus didesnė nei Aukštaitijos IMS. Sieros dioksido, aerosolio sulfatų ir sumos nitratų metinės koncentracijos Preiloje yra didesnės nei Aukštaitijoje, atitinkamai 21, 41, ir 37 procentų. Visose stotyse stebima sieros ir azoto junginių metinių koncentracijų mažėjimo tendencija per 1994 – 2011 metus.

IVADAS

Vystantis pramonei ir žemės ūkiui nuolat didėja energijos sąnaudos. Tam tikslui deginama daugiau kuro, o kartu didėja į atmosferą išlekiančių teršalų kiekis. SO₂ ir NO_x emisijų vertinimai rodo [1,2], kad apie 1940 m. jų antropogeninės emisijos apie kelis kartus viršijo gamtines. Neigiamos pasekmės Europos gamtinėse sistemose pradėjo ypatingai ryškėti 1960 – 1970 metais. Masinius pažeidimus miškų bei ežerų ekosistemose didelėse Vakarų ir Šiaurinės Europos teritorijose, kurios buvo nutolusios per 1000 km ir daugiau nuo intensyvios taršos šaltinių [3], sukėlė “rūgštūs lietūs”, kurių pH vertė dėl didelių sieros ir azoto junginių kiekių juose tapo mažesnė nei 4.0. Vykdydamos 1979 m. Ženevoje pasirašytos konvencijos “Dėl tolimų atmosferos teršalų pernašų” (“Convention on Long-range Transboundary Air Pollution” – CLRTAP) reikalavimus, valstybės pastebimai mažina sieros ir azoto junginių antropogeninę emisiją į atmosferą. Europoje vis dar didžiausi SO₂ ir NO_x emisijos šaltiniai yra Lenkijoje, Ispanijoje, Bulgarijoje, Vokietijoje, D. Britanijoje, Graikijoje, Italijoje, Turkijoje ir Ukrainoje [4].

Labiausiai teršalų koncentracijų kaitą atmosferoje veikia teršalų emisijos dydis, meteorologiniai bei klimatiniai faktoriai ir teršalų cheminės-fizinės savybės. Sieros ir azoto junginiais atmosferos užterštumo lygį virš Lietuvos lemia šių teršalų emisijos iš lokalių taršos šaltinių ir daugiausia iš Vakarų bei Pietų Europos valstybių. Esant dujinių ir aerosolinių teršalų buvimo atmosferoje nevienodai trukmei, kurią nulemia fizinės bei cheminės teršalų savybės ir dėl atmosferos dinamiškumo, nuolat vykstančių atmosferos valymosi nuo teršalų procesų (šlapiojo – su atmosferos krituliais ir sausojo – nesant kritulių), teršalų koncentracijos atmosferoje kinta ir laike, ir erdvėje.

Teršalų atmosferoje tyrimams skiriamas ypatingas dėmesys, nes jų koncentracijos atspindi ne tik oro užterštumą regione, bet naudojamos įvertinimui teršalų sausųjų iškritų iš atmosferos į žemės ekosistemas. Sieros ir azoto junginių koncentracijų tyrimai atmosferoje yra būtini vykdant sąlygiškai natūralių ekosistemų kompleksinius tyrimus, nes rūgštėjimo ir eutrofikacijos procesai žemės ekosistemose daugiausiai siejami su šiais junginiais.

Teršalų koncentracijų tyrimai ore Aukštaitijos IMS (LT01), Žemaitijos IMS (LT03) ir atmosferos užterštumų tyrimo stotyje Preiloje (kodas Europos monitoringo tinkle – LT15) buvo tęsiami 2011 m.

DARBO METODIKA

Remiantis darbo užduotimi, sieros dioksido (SO_2 , dujos), azoto dioksido (NO_2 , dujos), sulfatų (aerSO_4^{2-} , t.y. aerozolinėse dalelėse), suma nitratų (SumNO_3 , t.y. dujinė azoto rūgštis ir nitratai aerozolinėse dalelėse) ir suma amonio (SumNH_4 , t.y. dujinis amoniakas ir amonis aerozolinėse dalelėse), rinkti kiekvienos savaitės bandiniai IM stotyse (LT01 ir LT03), o Preiloje (LT15) – kiekvienos paros bandiniai. Teršalų koncentravimui iš atmosferos oro naudoti tefloniniai, celiulioziniai filtrai “Whatman 40” ir rinktuvai su specialiai gaminamais stiklo filtrais. Vadovaujantis EMEP paruoštomis rekomendacijomis [5], ruošiami ekspozicijai filtrai ir atliekama ant filtrų surinktų teršalų cheminė analizė. Naudojant trijų pakopų NILU sistemos filtrų laikiklius, sulfatai (aer.SO_4) koncentruojami ant pirmoje pakopoje esančio tefloninio filtro, kuris yra atviras atmosferai, sieros dioksido ir sumos nitratų (SumNO_3) koncentravimui naudojamas antroje filtro laikiklio pakopoje šarmu impregnuotas “Whatman 40” filtras. Sumos amonio (SumNH_4) junginių koncentravimui iš atmosferos naudojamas trečioje filtro laikiklio pakopoje rūgštinti impregnuotas “Whatman 40” filtras. Azoto dioksido koncentravimui stiklo filtrai paruošiami laboratorijoje juos impregnuojant šarminiu natrio jodido tirpalu. Visi filtrų impregnavimo darbai atliekami cheminėje laboratorijoje specialioje išvalyto atmosferos oro kameroje.

Dujinių ir aerolinių teršalų bandiniai iš stočių LT01 ir LT03 gražinami į Aplinkos apsaugos agentūros aplinkos tyrimų departamentą ir, atlikus cheminę oro bandinių analizę, tyrimų rezultatai kas mėnesį persiunčiami Fizikos institutui. Oro bandiniai iš Preilos analizuojami Fizikos institute, ekstrahuojant 24 valandas 20-30 ml dejonizuotu vandeniu, kurio varža $>15 \text{ M}\Omega/\text{cm}$. Jonų mainų chromatografas “DIONEX 2011P” (kolonėlės AG4A-SC ir AS4A-SC) naudojamas sulfatų ir nitratų jonų koncentracijų tyrimams vandeniniuose tirpaluose iš tokių atmosferos oro bandinių: SO_2 , aer.SO_4^{2-} ir SumNO_3^- . Analitinė nenutrūkstamo srauto sistema “CONTIFLO” naudojama spektrofotometriniam amonio jonų koncentracijų tyrimui indofenoliniu metodu atmosferos SumNH_4^+ bandinių vandeniniuose tirpaluose. Azoto dioksido koncentracijų trietanolamino vandeniniame tirpale tyrimui naudojamas spektrofotometrinis metodas su Griess reagentu. Siekiant įvertinti naudojamų teršalų koncentravimui iš atmosferos filtrų ir impregnavimui bei analizei naudojamų reagentų užterštumą tiriamaisiais komponentais, kiekvieną mėnesį visoms stotims ruošiami ir analizuojami “tušti”, t.y. eksponavimui

paruošti bet neeksponuoti filtrai. Atmosferoje teršalų radimo ribos yra tokios: SO₂ – 0.02 μgS/m³, NO₂ – 0.08 μgN/m³, SO₄²⁻ – 0.02 μgS/m³, SumNO₃⁻ – 0.014 μgN/m³ ir SumNH₄⁺ – 0.027 μgN/m³. Tiriamųjų dujinių ir aerozolinių teršalų cheminės analizės paklaidos yra mažesnės nei 10 %.

TYRIMŲ REZULTATAI

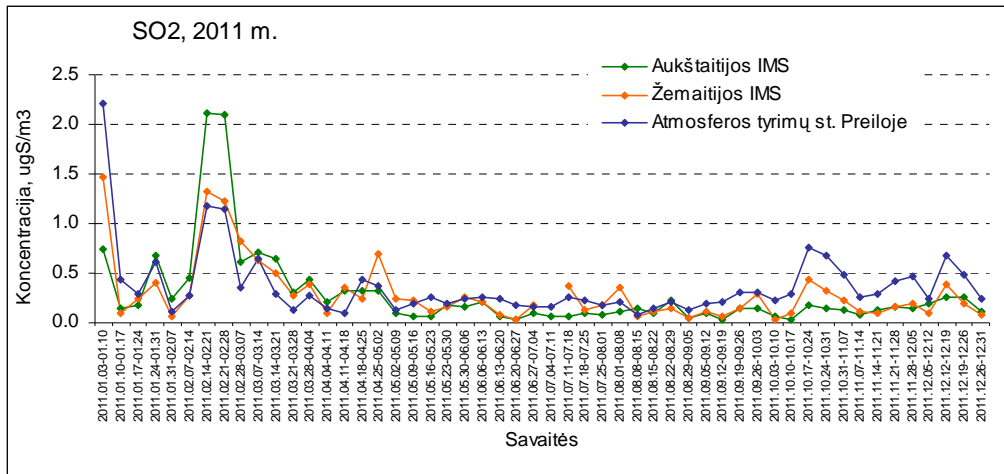
1 lentelėje pateikti tyrimų duomenys rodo visų tirtų teršalų koncentracijų didelius kaitos intervalus IM stotyse ir Preiloje: SO₂ nuo 0.03 iki 2.11 μgS/m³ (LT 01), nuo 0.04 iki 1.47 μgS/m³ (LT 03) ir Preiloje nuo 0.09 iki 2.21 μgS/m³ (savaitės vidutinės), nuo 0.02 iki 7.60 μgS/m³ (paros); NO₂ nuo 0.18 iki 1.40 μgN/m³ (LT 01), nuo 0.48 iki 3.00 μgN/m³ (LT 03) ir Preiloje nuo 0.52 iki 2.65 μgN/m³ (savaitės vidutinės), nuo 0.12 iki 4.97 μgN/m³ (paros); sulfatai nuo 0.12 iki 1.68 μgS/m³ (LT 01), nuo 0.14 iki 4.65 μgS/m³ (LT 03) ir Preiloje nuo 0.50 iki 1.77 μgS/m³ (savaitės vidutinės), nuo 0.12 iki 2.77 μgS/m³ (paros); SumNO₃ nuo 0.01 iki 1.20 μgN/m³ (LT 01), nuo 0.19 iki 1.20 μgN/m³ (LT 03) ir Preiloje nuo 0.25 iki 1.55 μgN/m³ (savaitės vidutinės), nuo 0.07 iki 5.04 μgN/m³ (paros); SumNH₄ nuo 0.08 iki 2.20 μgN/m³ (LT 01), nuo 0.08 iki 2.50 μgN/m³ (LT 03) ir Preiloje nuo 0.18 iki 2.86 μgN/m³ (savaitės vidutinės), nuo 0.04 iki 5.61 μgN/m³ (paros). Ypatingai visose stotyse dideli variacijos koeficientai gauti SO₂ koncentracijoms: 95 – 150 %. Mažesni jie yra NO₂ koncentracijoms: nuo 42 % Preiloje iki 63 % Aukštaitijos IMS; SumNO₃ ir SumNH₄ nuo 40 % iki 56 %

Dujinių ir aerozolinių teršalų koncentracijų dinamiką IMS ir Preiloje per 2011 m. iliustruoja 1 – 7 paveikslai. Tyrimų duomenys rodo (1, 2 ir 3 pav.), kad žymiai mažesnės nei 2011 m. vidutinės SO₂ ir NO₂ koncentracijos buvo nuo gegužės iki spalio mėn.: SO₂ – 0.11, 0.17 ir 0.20 μgS/m³, atitinkamai LT01, LT03 ir LT15. Tai galėjo būti dėl gan lietingo periodo. Aukštaitijoje daugiausiai kritulių iškrito per gegužės – rugsėjo mėn. ir tai sudarė 73% metinio kiekio. Žemaitijos IM stotyje gausiausiai lijo per birželio – spalio ir gruodžio mėn. ir kritulių kiekis sudarė 75% metinio kiekio, o Preiloje per lietingus liepos – spalio ir gruodžio mėn. iškrito 78% metinio kiekio. Mažesni kritulių kiekiai buvo vasario, kovo, balandžio, lapkričio mėn. Be to, mažesnes šio laikotarpio SO₂ koncentracijos galima aiškinti emisijos sezoniškumu, bei didesne oksidacijos į sulfatus (SO₄²⁻) sparta.

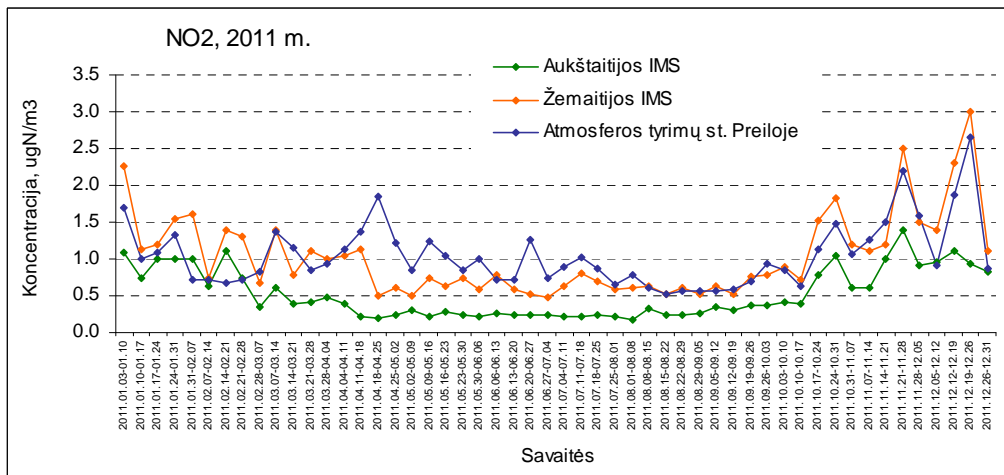
1 lentelė. Dujinių ir aerolinių teršalų koncentracijų 2011 m. ore statistinės vertės Aukštaitijos IMS (LT01) ir Žemaitijos IMS (LT03), atmosferos tyrimų st. Preila (LT15) ;
a - skliaustuose $aerSO_4^{2-}$ be jūros įtakos

Komponentė, matavimo vienetas	Vertė	Vieta			
		LT01	LT03	Preila	
		savaitės		savaitės	paros
SO₂ μgS/m ³	min.	0.03	0.04	0.09	0.02
	max	2.11	1.47	2.21	7.60
	vidutinė 2011 m.	0.28	0.30	0.37	0.36
	standart. nuokrypis	0.41	0.31	0.35	0.55
	variacijos. koef., %	145	106	95	150
NO₂ μgN/m ³	min.	0.18	0.48	0.52	0.12
	max	1.40	3.00	2.65	4.97
	vidutinė 2011 m.	0.53	1.03	1.04	1.04
	standart. nuokrypis	0.33	0.56	0.44	0.71
	variacijos. koef., %	63	54	42	68
aer.SO₄²⁻ μgS/m ³	min.	0.12	0.14	0.50 (0.31) ^a	0.12 (0.01)
	max	1.68	4.65	1.77 (1.63)	2.77 (2.64)
	vidutinė 2011 m.	0.52	0.59	0.90 (0.71)	0.90 (0.71)
	standart. nuokrypis	0.27	0.71	0.31 (0.30)	0.48 (0.48)
	variacijos. koef., %	52	119	34 (43)	53 (68)
SumNO₃⁻ μgN/m ³	min.	0.01	0.19	0.25	0.07
	max	1.20	1.20	1.55	5.04
	vidutinė 2011 m.	0.46	0.48	0.71	0.71
	standart. nuokrypis	0.23	0.25	0.30	0.55
	variacijos. koef., %	50	53	43	78
SumNH₄⁺ μgN/m ³	min	0.08	0.08	0.18	0.04
	max	2.20	2.50	2.86	5.61
	vidutinė 2011 m.	1.00	1.01	0.99	0.98
	standart. nuokrypis	0.40	0.50	0.55	0.87
	variacijos. koef., %	40	49	56	89

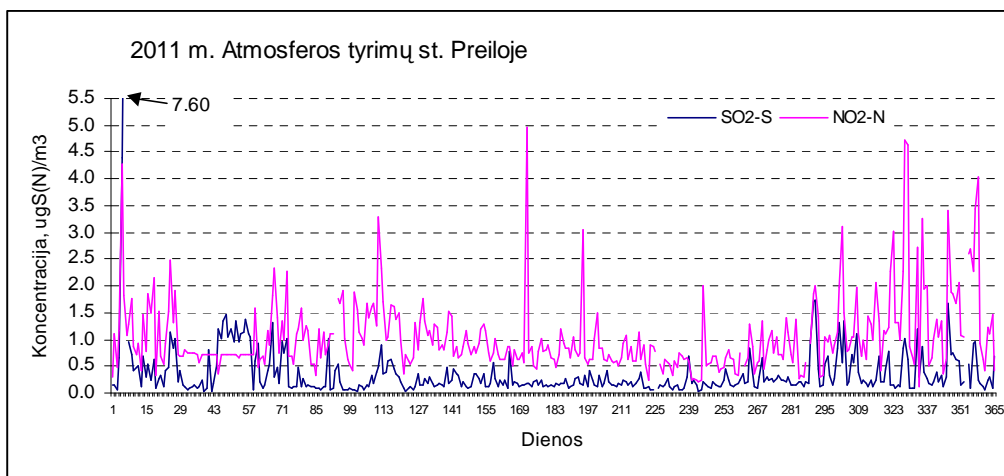
NO₂ koncentracijos nuo gegužės iki rugsėjo mėn. buvo: NO₂ – 0.26, 0.63 ir 0.80 μgN/m³, atitinkamai LT01, LT03 ir LT15. Preiloje NO₂ paros koncentracija (3 pav.) žiemos mėn. (ypač sausio ir gruodžio mėn.) buvo kelis kartus didesnė nei 2011 m. vidutinė ir apie 2 – 4 kartus didesnė nei vasaros mėn.



1 pav. Sieros dioksido savaitės vidutinių koncentracijų dinamika Aukštaitijos IMS (LT01), Žemaitijos IMS (LT03) ir atmosferos tyrimų st. Preiloje (LT15)

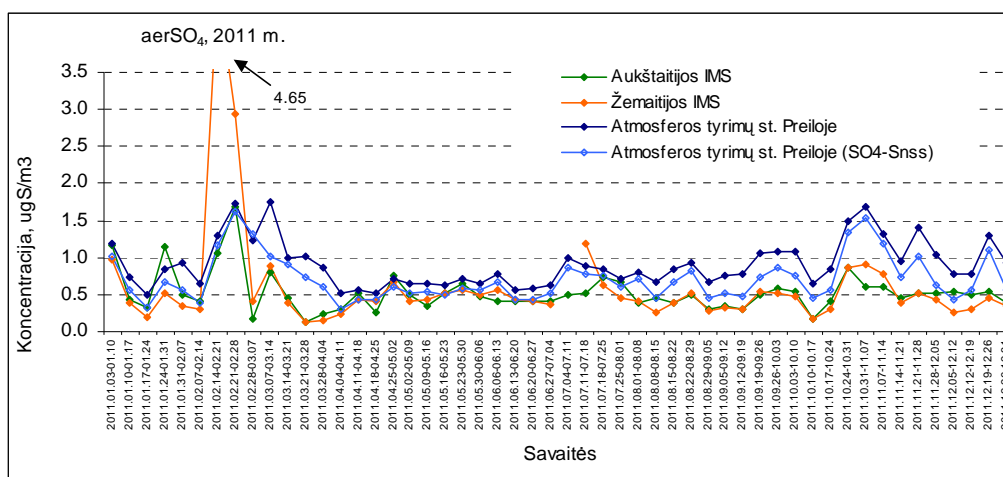


2 pav. Azoto dioksido savaitės vidutinių koncentracijų dinamika Aukštaitijos IMS (LT01), Žemaitijos IMS (LT03) ir atmosferos tyrimų st. Preila (LT15)

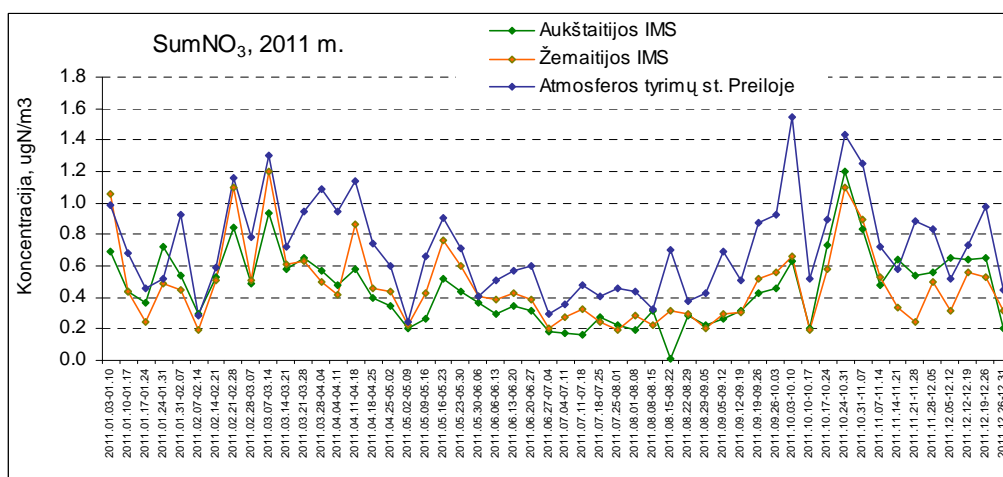


3 pav. Sieros dioksido ir azoto dioksido vienos paros koncentracijų dinamika atmosferos tyrimų st. Preila (LT15)

Aerozolinio sulfato koncentracijų kaitoje (4 pav.) visose atmosferos teršalų tyrimo vietose nuo balandžio iki spalio mėn. vyraavo vertės nuo 0.17 iki 0.87 $\mu\text{gS}/\text{m}^3$ ir jų kaitoje stebimas nedidelis skirtumas tarp stočių. Žiemos mėnesiais aer. SO_4 koncentracijos stotyse kito nuo 0.2 iki 4.65 $\mu\text{gS}/\text{m}^3$.

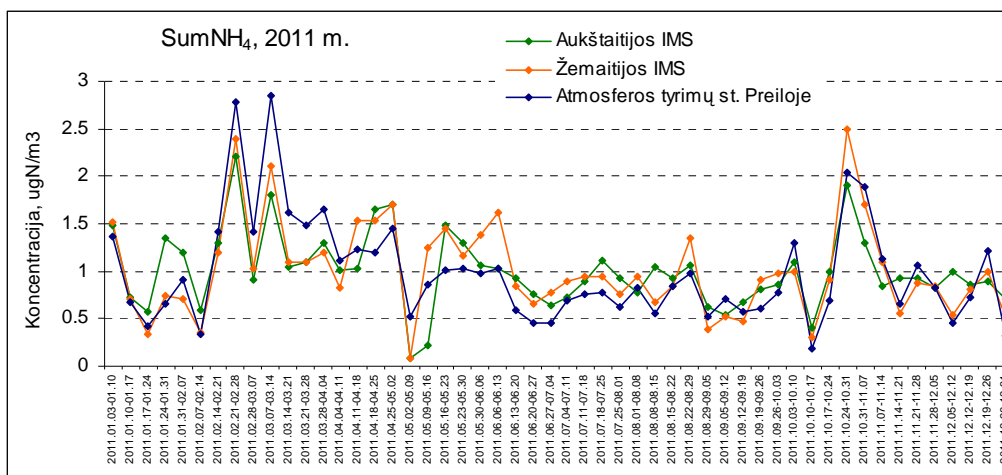


4 pav. Sulfatų aerolio dalelėse savaitės vidutinių koncentracijų dinamika Aukštaitijos IMS (LT01), Žemaitijos IMS (LT03) ir Atmosferos tyrimų stotyje Preiloje (LT15)



5 pav. Sumos nitratų junginių savaitės vidutinių koncentracijų dinamika Aukštaitijos IMS (LT01), Žemaitijos IMS (LT03) ir Atmosferos tyrimų stotyje Preiloje (LT15)

Preiloje, Aukštaitijos ir Žemaitijos IM stotyse sumos nitratų koncentracijos mažesnės nei 2011 m. vidutinė metinė dažniausiai kartojosi nuo gegužės iki spalio mėn. (5 pav.), o žiemos mėnesiais jos matuotos apie 1.5 karto didesnės nei 2011 m. vidutinė. Tyrimo vietose SumNO_3 koncentracijų kaitos pobūdis panašus.

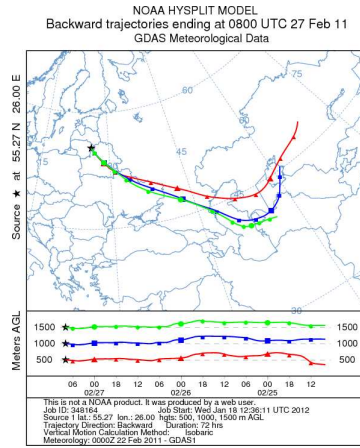
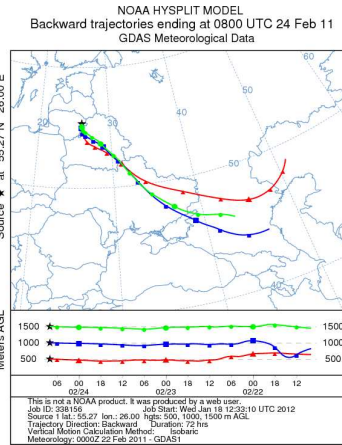
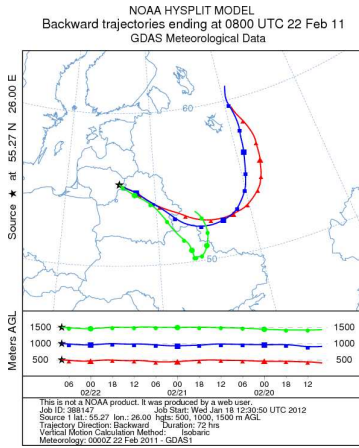


6 pav. Sumos amonio junginių savaitės vidutinių koncentracijų dinamika Aukštaitijos IMS (LT01), Žemaitijos IMS (LT03) ir Atmosferos tyrimų stotyje Preiloje (LT15)

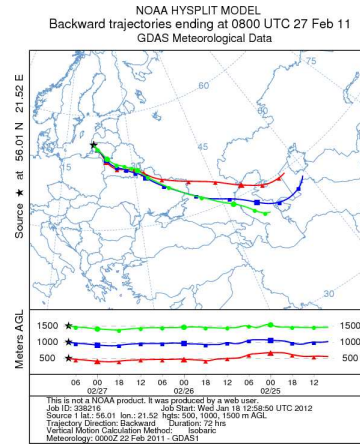
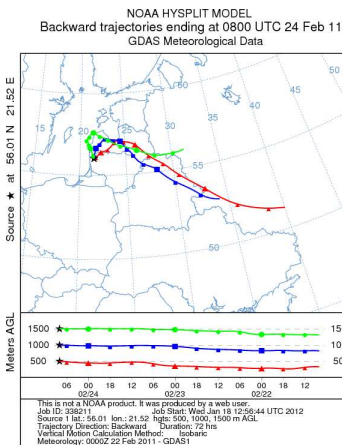
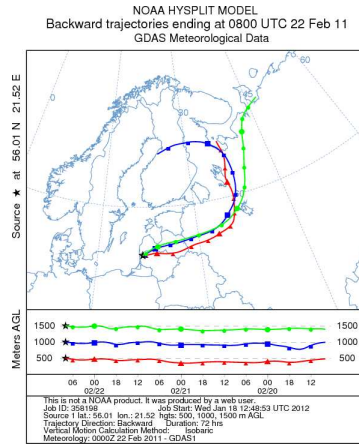
Sumos amonio junginių savaitės vidutinių koncentracijų kaitoje (6 pav.) sezoniškumas nestebimas. Didelių, o taip pat ir mažesnių SumNH₄ koncentracijų epizodai laike sutampa su aer.SO₄ koncentracijų epizodais. Tai rodo aerozolinėse dalelėse esantį amonio sulfatą.

Tiriamų teršalų koncentracijų (SO₂, NO₂, aer.SO₄, SumNO₃, SumNH₄) kaitoje stebimi kelis kartus didesnių nei 2011 m. vidutinės koncentracijos epizodai. Oro masių pernašos į Lietuvą [6] iš pietrytinių Europos rajonų vasario 21–28 dienomis (7 pav.), esant dienoms be kritulių, lėmė dideles teršalų koncentracijas IM stotyse ir Preiloje. Šios savaitės koncentracijos buvo: SO₂ – 2.10, 1.22 ir 1.15 µgS/m³, NO₂ – 0.74, 1.30 ir 0.72 µgN/m³, aer.SO₄ – 1.68, 2.94 ir 1.73 µgS/m³, SumNO₃ – 0.84, 1.10 ir 1.16 µgN/m³, SumNH₄ – 2.2, 2.40 ir 2.77 µgN/m³, atitinkamai LT01, LT03 ir LT15. Spalio 24–31 dienomis, judant oro masėms į Lietuvą virš Centrinės Europos rajonų, kuriuose yra didžiausi NO_x emisijos šaltiniai (8 pav.) ir nesant kritulių, matuotos didelės NO₂ koncentracijos (1.05, 1.82 ir 1.49 µgN/m³, atitinkamai LT01, LT03 ir LT15). Šią savaitę gautas SumNO₃, aer.SO₄ ir SumNH₄ didesnių koncentracijų epizodas. Šių teršalų koncentracijos buvo: aer.SO₄ – 0.86, 0.87 ir 1.48 µgS/m³, SumNO₃ – 1.20, 1.10 ir 1.43 µgN/m³, SumNH₄ – 1.90, 2.5 ir 2.04 µgN/m³ atitinkamai LT01, LT03 ir LT15. Didesnės nei vidutinės 2011 m. metinės NO₂ koncentracijų vertės buvo matuotos ir gruodžio 19–26 dienomis. Tai sąlygojo oro masės, kurios į Lietuvą judėjo iš pietinių ir pietvakarinių Europos rajonų (9 pav.). Šios savaitės NO₂ koncentracijų vertės buvo 0.94, 3.0 ir 2.65 µgN/m³ atitinkamai LT01, LT03 ir LT15.

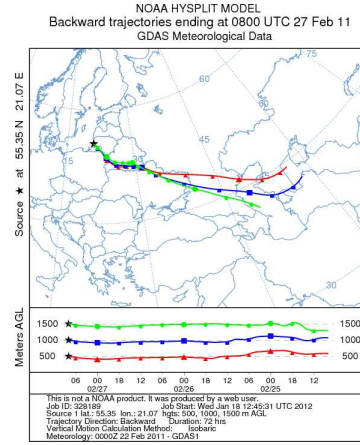
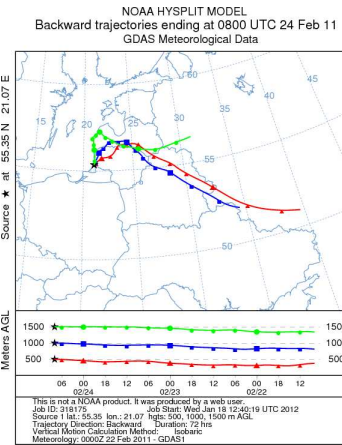
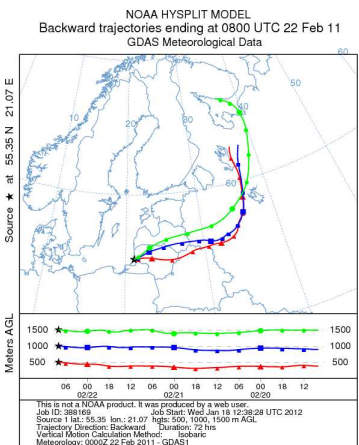
Aukštaitijos IMS (LT01)



Žemaitijos IMS (LT03)

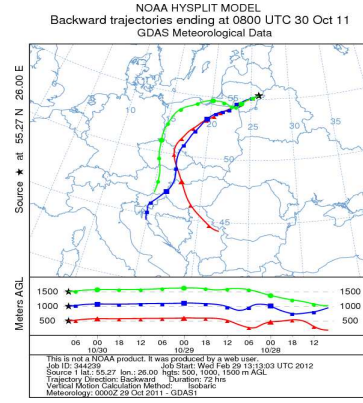
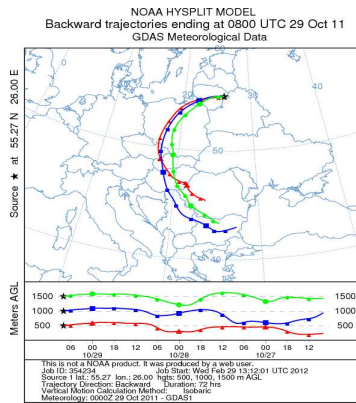
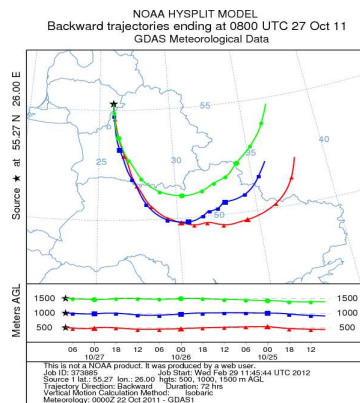


Atmosferos tyrimų st. Preiloje (LT15)

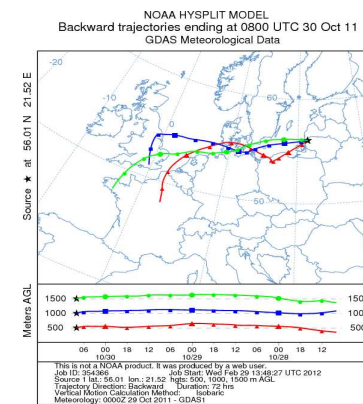
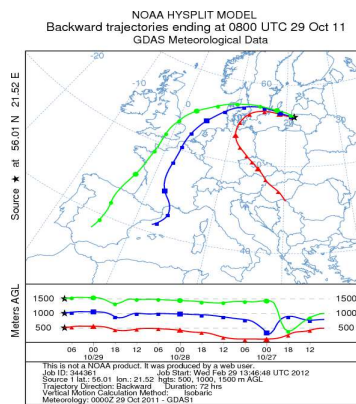
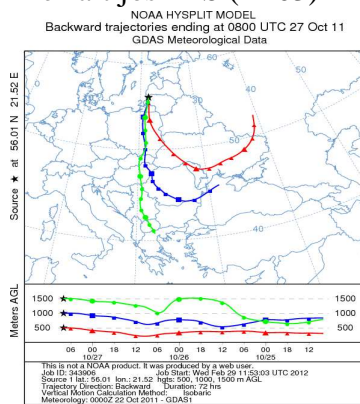


7 pav. Oro masių judėjimo 72 val. atgalinės trajektorijos 2011 m. vasario mėn. 22, 24 ir 27 d. į IM stotis ir Preilą

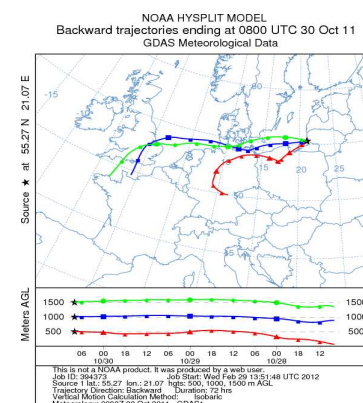
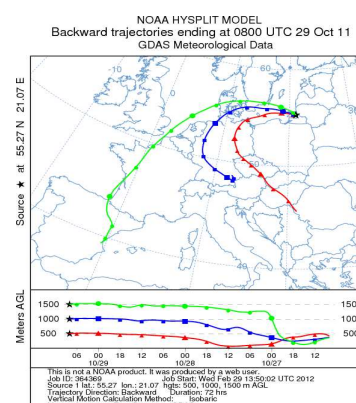
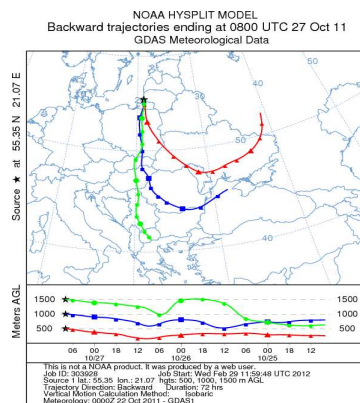
Aukštaitijos IMS (LT01)



Žemaitijos IMS (LT03)

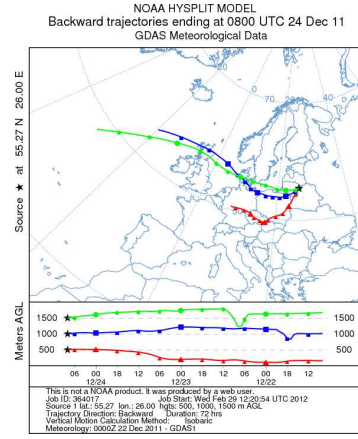
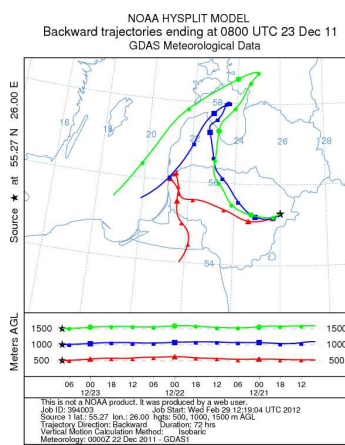
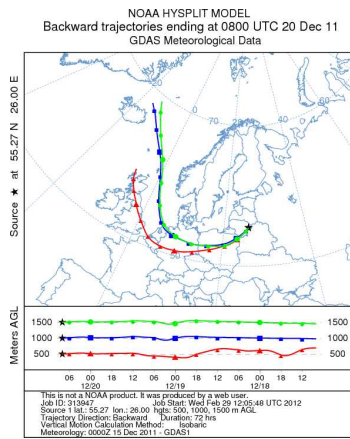


Atmosferos tyrimų st. Preiloje LT15)

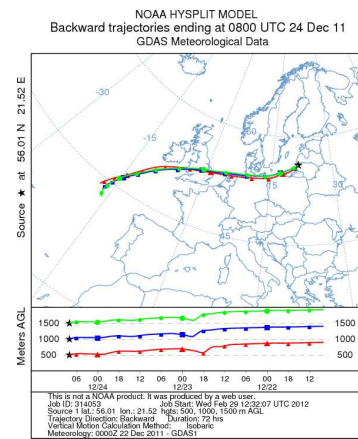
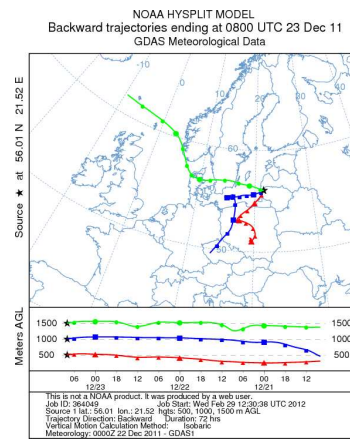
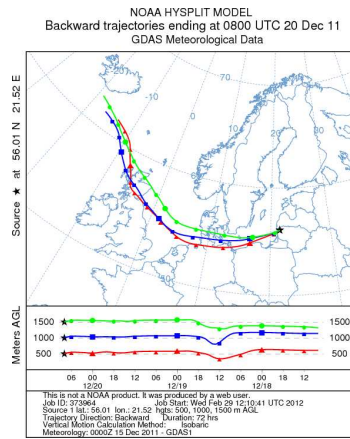


8 pav. Oro masių judėjimo 72 val. atgalinės trajektorijos 2011 m. spalio mėn. 27, 29 ir 30 d. į IM stotis ir Preilą.

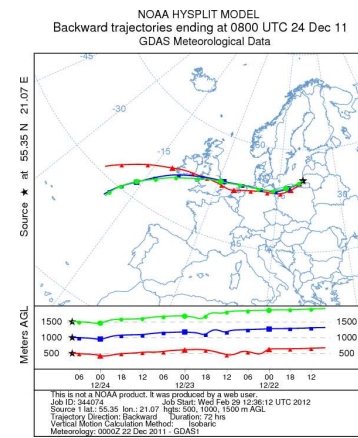
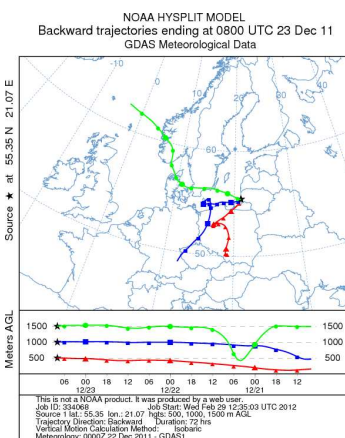
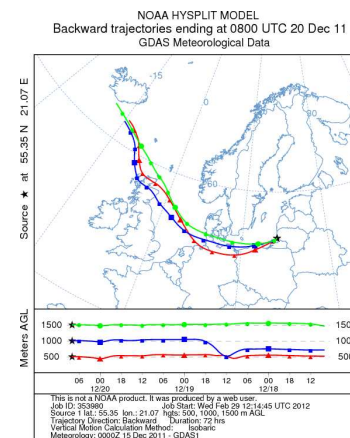
Aukštaitijos IMS (LT01)



Žemaitijos IMS (LT03)



Atmosferos tyrimų st. Preiloje LT15)



9 pav. Oro masių judėjimo 72 val. atgalinės trajektorijos 2011 m. gruodžio mėn. 20, 23 ir 24 d. į IM stotis ir Preilą

Vertinant teršalų mėnesio vidutinių koncentracijų kaitą (2 – 4 lentelės ir 10 pav.) stebima jų sezoninė eiga, išskyrus SumNH₄ junginiams. Žiemos mėnesių (sausis, vasaris ir gruodis) vidutinė koncentracija yra 2 – 4 kartus didesnė nei vasaros mėnesių (birželis – rugpjūtis). Didžiausios SO₂ koncentracijos 1.23 ir 0.72 μgS/m³, atitinkamai LT01 ir LT03, gautos vasario mėn., o LT15 – sausio mėn. – 0.81 μgS/m³. SO₂ koncentracijos buvo ryškiai mažesnės (0.08–0.24 μgS/m³) visose tyrimo vietose nuo gegužės iki rugsėjo mėn. Tai galėjo būti dėl mažesnės SO₂ emisijos per vasaros mėn. ir gan lietingo laikotarpio. Mažiau ryški sezoninė koncentracijų kaita stebima aerozoliniams sulfatams. Nors, kaip ir SO₂, per šaltąjį metų laikotarpį vyravo didesnės koncentracijos, tačiau jų santykis su šiltojo metų laikotarpio koncentracijomis neviršijo 2. Analizuojant NO₂ sezoninę koncentracijų kaitą, matoma jų didėjimo tendencija per sausio – kovo ir spalio – gruodžio mėnesius. Tokią NO₂ mėnesio koncentracijų kaitą gali lemti spartesnė NO₂ fotocheminė oksidacija per pavasario ir vasaros mėnesius. Preiloje didesnes NO₂ koncentracijas nei IM stotyse, galima sieti su emisija NO_x iš laivų Baltijos jūroje ir didesniu autotransporto srautu Neringoje nei IM stočių aplinkoje. Sumos nitratų mėnesio vidutinių koncentracijų metinėje kaitoje matomas koncentracijų mažėjimas nuo gegužės iki rugsėjo mėn. Žiemos mėnesiais vidutinė koncentracija yra beveik 2 kartus didesnė už koncentracijas per vasaros ir rudens mėnesius. SumNH₄ mėnesio vidutinių koncentracijų kaitoje nėra ryškios metinės kaitos tendencijos, tačiau stebimos mažesnės koncentracijos per lietingesnį laikotarpį.

2 lentelė. Teršalų vidutinės mėnesio koncentracijos ore Aukštaitijos IMS

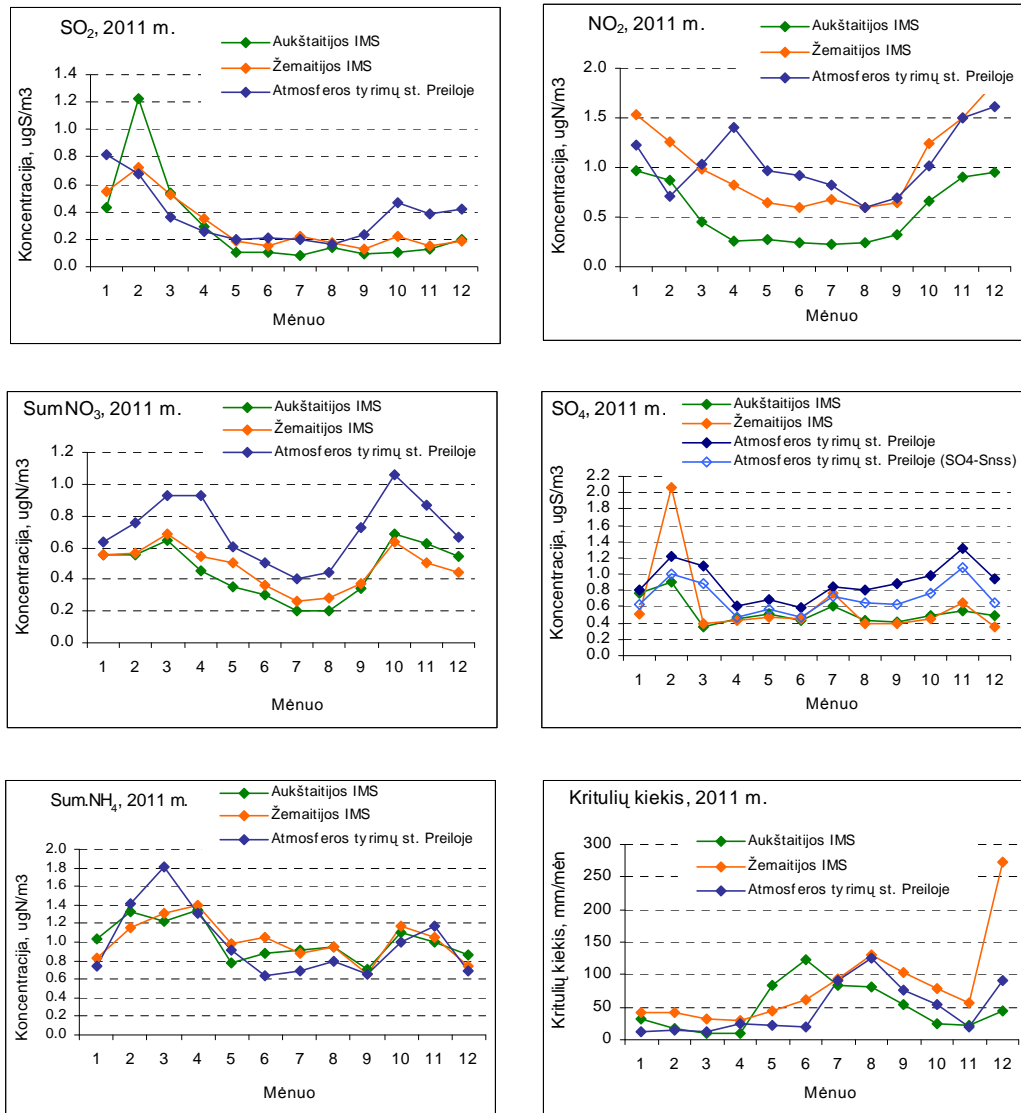
Metai, mėnuo	SO ₂	aer.SO ₄	NO ₂	SumNO ₃	SumNH ₄
	μgS/m ³		μgN/m ³		
2011.01	0.43	0.77	0.96	0.56	1.03
2011.02	1.23	0.91	0.87	0.55	1.32
2011.03	0.54	0.36	0.45	0.65	1.23
2011.04	0.30	0.46	0.26	0.45	1.35
2011.05	0.10	0.50	0.27	0.36	0.77
2011.06	0.11	0.43	0.24	0.30	0.88
2011.07	0.08	0.60	0.23	0.21	0.92
2011.08	0.14	0.43	0.25	0.20	0.96
2011.09	0.10	0.40	0.33	0.34	0.70
2011.10	0.11	0.49	0.66	0.69	1.10
2011.11	0.13	0.55	0.90	0.62	1.00
2011.12	0.19	0.49	0.95	0.54	0.86
Vidutinė	0.29	0.53	0.53	0.45	1.01

3 lentelė. Teršalų vidutinės mėnesio koncentracijos ore Žemaitijos IMS

Metai, mėnuo	SO ₂	aer.SO ₄	NO ₂	SumNO ₃	SumNH ₄
	μgS/m ³		μgN/m ³		
2011.01	0.55	0.52	1.53	0.56	0.82
2011.02	0.72	2.06	1.26	0.56	1.16
2011.03	0.52	0.40	0.99	0.69	1.31
2011.04	0.35	0.43	0.82	0.55	1.40
2011.05	0.19	0.48	0.65	0.50	0.99
2011.06	0.15	0.45	0.59	0.36	1.05
2011.07	0.22	0.76	0.68	0.26	0.89
2011.08	0.17	0.40	0.60	0.28	0.95
2011.09	0.13	0.39	0.64	0.38	0.66
2011.10	0.23	0.46	1.24	0.63	1.18
2011.11	0.15	0.65	1.50	0.50	1.06
2011.12	0.19	0.36	1.86	0.45	0.74
Vidutinė	0.30	0.61	1.03	0.48	1.02

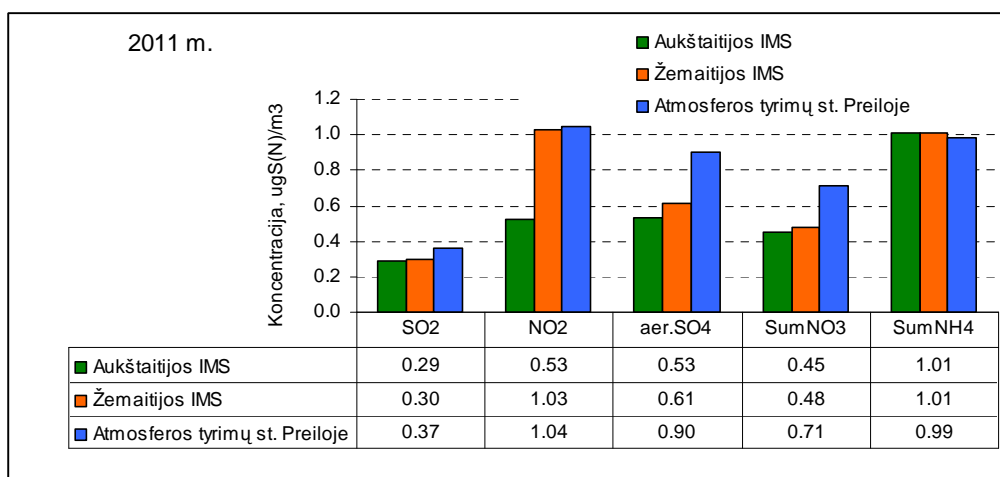
4 lentelė. Teršalų vidutinės mėnesio koncentracijos ore atmosferos tyrimų st. Preiloje

Metai, mėnuo	SO ₂	aer.SO ₄	NO ₂	SumNO ₃	SumNH ₄
	μgS/m ³		μgN/m ³		
2011.01	0.81	0.80	1.23	0.64	0.74
2011.02	0.68	1.23	0.71	0.75	1.41
2011.03	0.36	1.10	1.04	0.92	1.81
2011.04	0.26	0.60	1.41	0.93	1.32
2011.05	0.20	0.69	0.96	0.60	0.91
2011.06	0.21	0.60	0.92	0.50	0.65
2011.07	0.20	0.85	0.83	0.41	0.69
2011.08	0.16	0.81	0.60	0.44	0.79
2011.09	0.24	0.89	0.70	0.72	0.66
2011.10	0.46	0.99	1.02	1.06	0.99
2011.11	0.38	1.32	1.49	0.87	1.17
2011.12	0.42	0.94	1.61	0.67	0.69
Vidutinė	0.37	0.90	1.04	0.71	0.99



10 pav. Dujinių ir aerosolinių teršalų mėnesio vidutinių koncentracijų ore dinamika 2011 m. Aukštaitijos IMS (LT01), Žemaitijos IMS (LT03) ir Atmosferos tyrimų stotyje Preiloje (LT15)

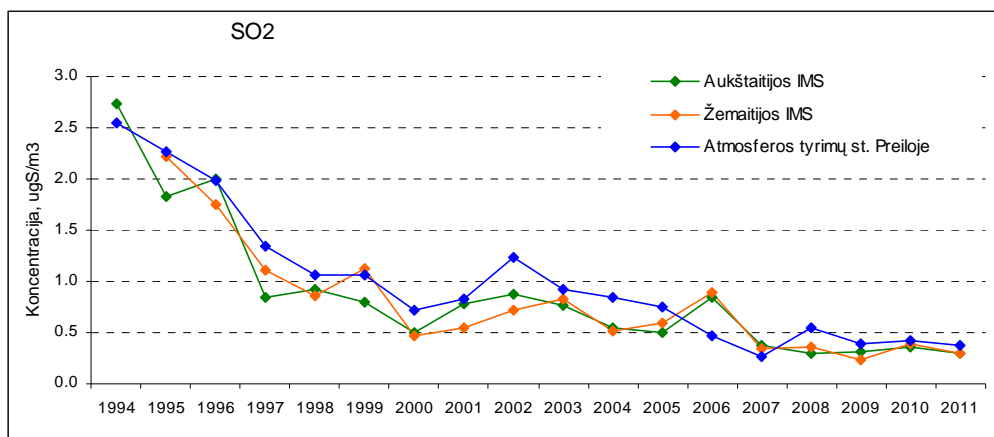
Palyginus atmosferos teršalų metines vidutines 2011 m. koncentracijas trijose vietose (11 pav.) matyti, kad Preiloje, išskyrus NO₂ ir SumNH₄, jų metinės koncentracijos yra didesnės nei Aukštaitijos ir Žemaitijos IMS. Azoto dioksido vidutinė metinė koncentracija Žemaitijos IMS ir Preiloje yra beveik 2 kartus didesnė nei LT01. Sieros dioksido, aerosolio sulfatų ir sumos nitratų metinės koncentracijos Preiloje (LT15) yra didesnės nei Aukštaitijos IMS (LT01), atitinkamai 21, 41, ir 37 procentų. Ženkliai mažesnis skirtumas tarp šių teršalų metinių koncentracijų yra Žemaitijoje ir Aukštaitijoje.



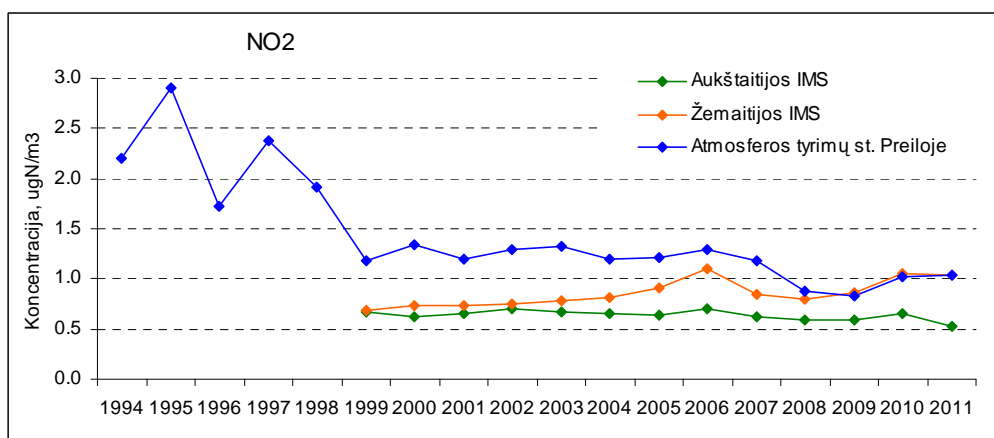
11 pav. Dujinių ir aerosolinių teršalų 2011 metų vidutinės koncentracijos Aukštaitijos IMS (LT01), Žemaitijos IMS (LT03) ir Atmosferos tyrimų stotyje Preiloje (LT15)

Vertinant dujinių ir aerosolinių teršalų koncentracijų atmosferoje ilgalaikę dinamiką, naudotos vidutinės (aritmetinės) metų koncentracijos. Nepertraukiami nuo 1994 m. atmosferos taršos tyrimų duomenys Preiloje (LT15) ir integruoto monitoringo Aukštaitijoje (LT01) ir Žemaitijoje (LT03) stotyse rodo didelę pagrindinių sieros ir azoto junginių koncentracijų atmosferoje laikinę kaitą. Sieros dioksido (SO_2 , dujos), azoto dioksido (NO_2 , dujos), sulfatų (SO_4^{2-} aerosolio dalelėse), sumos nitratų (HNO_3 , dujinė azoto rūgštis ir NO_3^- aerosolio dalelėse) ir sumos amonio (NH_3 , dujinis amoniakas ir NH_4^+ aerosolio dalelėse) metinių koncentracijų ore kaita nuo 1994 m. iki 2011 m. IM stotyse ir Preiloje pateikiama 12 – 16 paveiksluose.

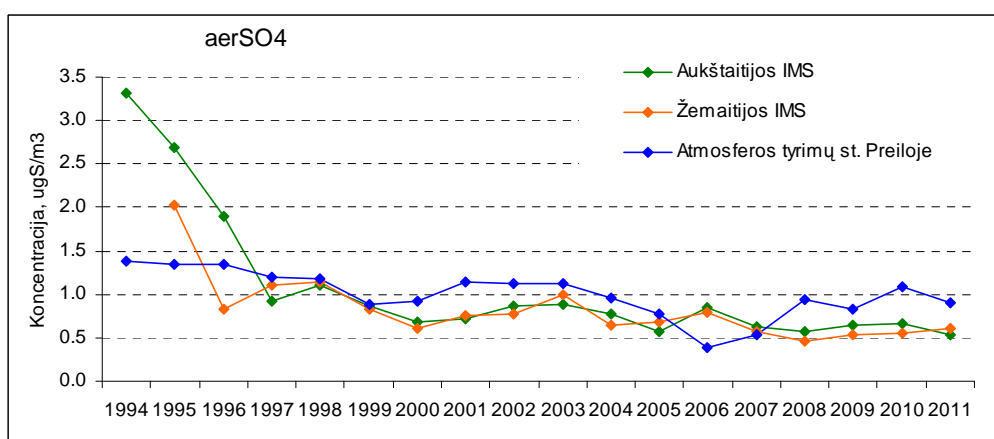
Teršalų koncentracijų atmosferoje ilgalaikės kaitos tendencijų ir pokyčių vertinimui naudotas neparametrinis Mann-Kendalio statistinis metodas [7]. Analizuojant sieros dioksido vidutinių metinių koncentracijų kaitą per 18 metų laikotarpį (12 pav.), stebime jų ryškų mažėjimą visose tyrimo vietose: Preiloje sumažėjo nuo 2.55 (1994 m.) iki $0.37 \mu\text{gS}\cdot\text{m}^{-3}$ (2011 m.), Aukštaitijoje – nuo 2.73 (1994 m.) iki $0.29 \mu\text{gS}\cdot\text{m}^{-3}$ (2011 m.) ir Žemaitijoje – nuo 2.22 (1995 m.) iki $0.30 \mu\text{gS}\cdot\text{m}^{-3}$ (2011 m.). Nuo 1994 m. iki 2011 m. SO_2 metinės koncentracijos sumažėjo 92, 86 ir 94 procentais, atitinkamai LT01, LT03 ir LT15. Visose trijose tyrimo stotyse ypatingai ryškus sieros dioksido metinių koncentracijų mažėjimas buvo nuo 1994 m. iki 2000 m. ir ženkliai lėtesnis per pastarąjį dešimtmetį. To priežastimi gali būti SO_2 emisijos mažinimo tempai [4]: nuo 1990 m. iki 2009 m. –80 % ir –83 % , o nuo 2008 m. iki 2009 m. –21.2 % ir 26,5 % , atitinkamai EU-27 ir Lietuvoje.



12 pav. SO₂ metinių koncentracijų atmosferos ore kaita IM stotyse ir Preiloje



13 pav. NO₂ metinių koncentracijų atmosferos ore kaita IM stotyse ir Preiloje



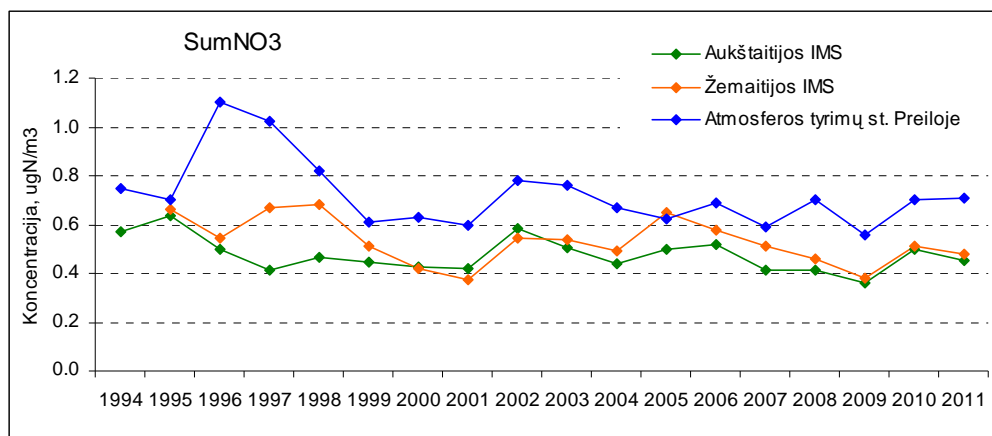
14 pav. aer.SO₄²⁻ metinių koncentracijų atmosferos ore kaita IM stotyse ir Preiloje

Azoto dioksido vidutinės metinės koncentracijos 1999 – 2011 m. (13 pav.) Aukštaitijos IMS kito nuo 0.66 μgN/m³ (1999 m.) iki 0.53 μgN/m³ (2011 m.) Nors ir nėra

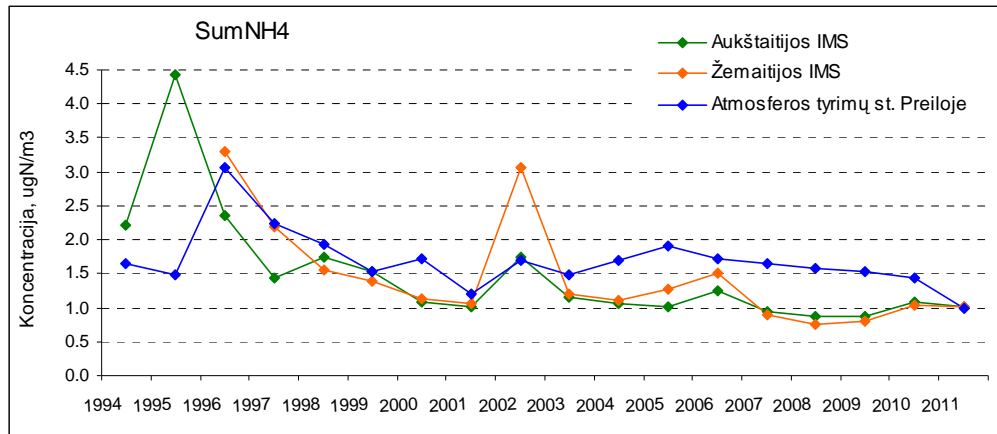
aiškios kryptingos tendencijos NO₂ koncentracijų kaitoje Aukštaitijos IMS, Mann-Kendalio statistinis metodas skaičiuoja jų 14 % mažėjimą per 13 metų. Vidutinių metinių koncentracijų didėjimas nuo 0.69 µgN/m³ (1999 m.) iki 1.03 µgN/m³ (2011 m.) matomas Žemaitijos IMS ir statistinio metodo rezultatai rodo 53 % didėjimą. Preiloje azoto dioksido vidutinių metinių koncentracijų kaitos intervalas yra nuo 2.20 µgN/m³ (1999 m.) iki 1.04 µgN/m³ (2011 m.). Statistinis metodas skaičiuoja jų 63 % mažėjimą per 18 metų. Šioje tyrimų vietoje ryškus azoto dioksido koncentracijų mažėjimas buvo nuo 1994 m. iki 1999 m., o per pastaruosius 13 metų, kaip ir IMS, metinės NO₂ koncentracijos kinta be vienapusės tendencijos. Tokia NO₂ koncentracijų ore kaitos tendencija gali būti dėl pokyčių NO₂ emisijoje: nuo 1990 m. iki 2009 m. –44 % ir –60 % , o nuo 2008 m. iki 2009 m. –8.2 % ir –4.1 % , atitinkamai EU-27 ir Lietuvoje.

Aerolinių sulfatų metinių koncentracijų kaita rodo (14 pav.) jų mažėjimą nuo 3.32 iki 0.53 µgS·m⁻³ (–68 %) Aukštaitijos IMS, nuo 2.03 iki 0.61 µgS·m⁻³ (–55 %) Žemaitijos IMS ir Atmosferos tyrimų st. Preiloje nuo 1.39 iki 0.90 µgS·m⁻³ (–42 %).

15 paveiksle pateikti duomenys rodo sumos nitratų metinių koncentracijų nevienareikšmę kaitos tendenciją Aukštaitijos bei Žemaitijos stotyse ir Preiloje. Per 18 metų laikotarpį vidutinės metų SumNO₃ koncentracijos Aukštaitijoje kito nuo 0.57 iki 0.45 µgN·m⁻³ (–22 %), Žemaitijoje nuo 0.66 iki 0.48 µgN·m⁻³ (–21 %) ir Preiloje kito nuo 1.10 iki 0.71 µgN·m⁻³ (–21 %).



15 pav. SumNO₃ metinių koncentracijų atmosferos ore kaita IM stotyse ir Preiloje



16 pav. SumNH₄ metinių koncentracijų atmosferos ore kaita IM stotyse ir Preiloje

Vidutinė metinė SumNH₄ koncentracija ore Aukštaitijoje kito nuo 2.23 iki 1.01 μgN/m³, Žemaitijoje nuo 2.20 iki 1.01 μgN/m³, Preiloje – nuo 3.07 iki 0.99 μgN/m³ (16 pav.). Visose stotyse stebima SumNH₄ metinių koncentracijų mažėjimo tendencija per 1994 – 2011 m.: –67, –60 ir –29 procentai, atitinkamai LT01, LT03 ir LT15.

IŠVADOS

- Vertinant atmosferos oro taršos tyrimų duomenis Aukštaitijos IMS, Žemaitijos IMS ir Preiloje 2011 m., daromos tokios išvados:
- Visiems tirtiems atmosferos ore sieros ir azoto junginiams būdingas didelis koncentracijų kaitos intervalas.
- Sezoninė koncentracijų kaita labiausiai ryški SO₂, NO₂ ir SumNO₃: jų žiemos mėnesių vidutinės koncentracijos yra 2 – 4 kartus didesnės atmosferos ore nei vasaros.
- Teršalų koncentracijoms atmosferos ore IM stotyse ir Preiloje didžiausią poveikį daro SO₂ ir NO₂ emisijos šaltiniai, kurie yra centrinėje, pietinėje ir pietrytinėje Europoje.
- Teršalų 2011 m. vidutinės metinės koncentracijos Preiloje, išskyrus NO₂ ir sumNH₄, yra didesnės nei Aukštaitijos ir Žemaitijos IMS. Azoto dioksido vidutinė metinė koncentracija Žemaitijos IMS ir Preiloje yra beveik 2 kartus didesnė nei LT01.
- SO₂ ir aer.SO₄ koncentracijų atmosferos ore mažėjimas Lietuvoje labiausiai yra siejamas su ženkliu (–80 %) SO₂ emisijos mažėjimu per 1990–2011 metų laikotarpį daugumoje centrinės Europos valstybių ir Skandinavijoje.

- Visose stotyse stebima sieros ir azoto junginių (SO_2 , aer. SO_4 , NO_2 , Sum NO_3 ir Sum NH_4), išskyrus azoto dioksido Žemaitijos stotyje, metinių koncentracijų mažėjimo tendencija per 1994 – 2011 metų laikotarpį
- Tenkinant Europos monitoringo paruoštos strategijos 2010 – 2019 m. reikalavimus, EMEP stotyse papildomai į programą turi būti įtraukti dujinių amoniako, azoto ir druskos rūgšties ore tyrimai, taip pat Na^+ , K^+ , Ca^{2+} , Mg^{2+} koncentracijų tyrimai aerozolio dalelėse ir aerozolio dalelių (PM10 ir PM2.5) masės koncentracija. Jų stebėjimo dažnis turi būti nedidesnis nei 24 valandos. Tolimų oro teršalų pernešimo į Lietuvą vertinimui, IM stotyse teršalų koncentracijų stebėjimo dažnis turėtų būti nedidesnis nei 24 valandos. Vertinant ir prognozuojant sąlygiškai natūralių ekosistemų būklę bei ilgalaikius pokyčius, būtinas oro baseino užterštumo tyrimų tęstinumas.

LITERATŪRA

1. Mylona S. (1996) Sulphur dioxide emissions in Europe 1880-1991 and their effect on sulphur concentrations and depositions. *Tellus*, 48B, 662-689.
2. Vitousek P., Aber J.D., Howarth R. W., Likens G., Matson P.A., Schindler D.W., Schlesinger W. H. and Tilman D. G. (1997). Human alteration of the global nitrogen cycle: sources and consequences. *Ecol. Applic.*, 7, 737-750.
3. Rodhe H., Langner J., Gallardo L. and Kjellstrom E. (1995) Global scale transport of acidifying pollutants. *Water, Air, and Soil Pollution*, 85, 37-50.
4. EEA Technical report No 9/2011. European Union emission inventory report 1990–2009 under the UNECE Convention on Long-range Transboundary Air Pollution (LRTAP). ISSN 1725-2237
5. EMEP Manual for Sampling and Chemical Analysis, EMEP/CCC-Report 1/95, Norwegian Institute for Air Research; Kjeller.
6. Draxler, R.R. and Rolph, G.D., 2003. HYSPLIT (HYbrid Single-Particle Lagrangian Integrated Trajectory) Model access via NOAA ARL READY Website <http://www.arl.noaa.gov/ready/hysplit4.html>). NOAA Air Resources Laboratory, Silver (Spring, MD).
7. T. Salmi, A. Maatta, P. Anttila, T. Ruoho-Airola. and T. Amnell, Detecting trends of annual values of atmospheric pollutants by the Mann-Kendall test and Sen's slope estimates – the excel template application MAKESENS, Finnish Meteorological Institute, Helsinki, 2002, 31.

2. PAGRINDINIŲ CHEMINIŲ PRIEMAIŠŲ FONINIŲ KONCENTRACIJŲ BEI FIZINIŲ PARAMETRŲ ATMOSFEROS IŠKRITOSE IR POLAJINIUOSE KRITULIUOSE TYRIMAI PAGAL EMEP IR ICP IM PROGRAMAS

SANTRAUKA

Krituliams tenka svarbus vaidmuo pernešant chemines priemaišas iš atmosferos į žemės paviršių ir todėl jie yra potencialūs neigiamų efektų sukėlėjai žemės ir vandens ekosistemose. Sąlygiškai natūraliose ekosistemose destrukcijų mastus lemia patenkantis į jas cheminių priemaišų kiekis ir pačių ekosistemų buferinė geba. Tiriant cheminių priemaišų koncentracijas atmosferos krituliuose, įvertinami cheminių priemaišų srautų dydžiai, kurie priklauso nuo priemaišų koncentracijų ore ir krituliuose, o taip pat ir nuo kritulių kiekio. Krituliams krentant per medžių lają, dėl abipusės sąveikos tarp kritulių ir lajos, kinta jų cheminė sudėtis ir tuo pačiu cheminių priemaišų kiekiai iškritose į miško paklotę.

Atmosferos krituliuose, o taip pat ir po miško laja rinktuose krituliuose, tirtos tokių pagrindinių cheminių priemaišų koncentracijos: sulfatų (SO_4^{2-}), nitratų (NO_3^-), chloridų (Cl^-), amonio (NH_4^+), natrio (Na^+), kalio (K^+), magnio (Mg^{2+}), kalcio (Ca^{2+}), pH ir kritulių savitasis laidumas. Atmosferos kritulių tyrimai 2011 m. vykdyti Aukštaitijos integruoto monitoringo stotyje (LT01), Žemaitijos integruoto monitoringo stotyje (LT03) ir atmosferos užterštumų tyrimo stotyje Preiloje, kurios kodas Europos foninio monitoringo tinkle yra LT15.

Visoms pagrindinėms cheminėms priemaišoms nustatytas didelis koncentracijų krituliuose kaitos intervalas. pH kritulių metinės vertės tokios: LT01 – 5.08, LT03 – 5.21, LT15 – 5.01 ir tai rodo, kad 2011 m. rūgščiausi krituliai buvo Preilos atmosferos tyrimų stotyje. Nedideli skirtumai gauti tarp cheminių komponentų koncentracijų (išskyrus Na^+ ir Cl^-) Aukštaitijos IMS ir Žemaitijos IMS rinktuose krituliuose. Preiloje sulfatų, nitratų, chloridų ir natrio koncentracijos yra kelis kartus didesnės nei Aukštaitijoje ir Žemaitijoje. Ypatingai ryški didėjimo tendencija vakarų kryptimi yra natrio (Na^+) ir chloridų (Cl^-) metinių koncentracijų erdvinėje kaitoje. Žemaitijoje dėl didesnio kritulių kiekio amonio azoto ir neįūrinės kilmės sulfatinės sieros metų šlapiosios iškritos buvo didesnės nei Aukštaitijoje ir Preiloje.

Nustatyta, kad krentant atmosferiniams krituliams per medžių lają, cheminių priemaišų, išskyrus azoto junginius, kiekiai iškritose į polajį yra nuo 1.4 iki 125 kartų

didesni nei atviroje vietoje. Abiejose IMS didelis padidėjimas iškritose kalio (K^+) rodo šio elemento išplovimą krituliais iš lajos. Azoto junginių absorbcija lajoje gali būti priežastimi mažesnių azoto junginių kiekių iškritose į miško paklotę nei atviroje vietoje.

Didesni cheminių priemaišų kiekiai iškritose po medžių laja Žemaitijoje, palyginti su Aukštaitija, yra dėl skirtingo lajos tankio: Aukštaitijos stotyje – vyrauja pušynai, Žemaitijos stotyje – vyrauja eglynai.

IVADAS

Sąlygiškai natūraliose ekosistemose destrukcijų mastus lemia patenkantis į jas cheminių priemaišų kiekis ir pačių ekosistemų buferinė geba. Koncentruodami atmosferoje esančias vandenyje tirpias chemines priemaišas, krituliai gražina jas sausumos ir vandens ekosistemoms. Tiriant cheminių priemaišų koncentracijas atmosferos krituliuose, įvertinami teršalų srautų dydžiai iš atmosferos į ekosistemas, kurie priklauso nuo priemaišų koncentracijų ore ir krituliuose, o taip pat ir nuo kritulių kiekio. Atmosferos kritulių žemas pH vertes daugiausiai lemia oksiduoti sieros ir azoto junginiai.

Atmosferos kritulių tyrimai 2011 m. vykdyti Aukštaitijos integruoto monitoringo stotyje (LT01), Žemaitijos integruoto monitoringo stotyje (LT03) ir atmosferos užterštumų tyrimo stotyje Preiloje, kurios kodas Europos monitoringo tinkle yra LT15. Kritulių cheminės sudėties tyrimo tikslai tokie: gauti informaciją apie teršalų koncentracijas krituliuose, nustatyti erdvinius ir laikinius teršalų koncentracijų pokyčius, teršalų atmosferinius srautus į sąlygiškai natūralias ekosistemas ir miško paklotę. Krituliuose atviroje vietoje ir krituliuose po miško laja, tirtos tokių pagrindinių cheminių priemaišų koncentracijos: sulfatų (SO_4^{2-}), nitratų (NO_3^-), chloridų (Cl^-), amonio (NH_4^+), natrio (Na^+), kalio (K^+), magnio (Mg^{2+}) ir kalcio (Ca^{2+}). Matuotas kritulių savitasis laidumas ir pH. Vandenilio (H^+) jonų koncentracija skaičiuota iš matuotų pH verčių.

DARBO METODIKA

Siekiant sumažinti teršalų sausųjų iškritų iš atmosferos patekimą į kritulius rinktuvą, Integruoto Monitoringo (IM) stotyse ir Preiloje buvo renkami krituliai į rinktuvus su dangčiais, kurie automatiškai atsidaro prasidėjus lietai ar sniegui ir užsidaro, pasibaigus krituliams.

IM stotyse (LT01 ir LT03) rinkti per savaitę iškritę krituliai, o Preiloje (LT15) – per parą. Vykdamat atmosferos iškritų tyrimus dviejose IM stotyse per 2011 m. surinkta po 44 atmosferos kritulių savaitinius bandinius ir Preiloje - 104 atmosferos kritulių paros bandiniai. Polajinių kritulių monitoringas Lietuvoje vykdytas dviejose IM stotyse: Aukštaitijoje (LT01) ir Žemaitijoje (LT03). Atmosferos krituliai rinkti kiekvieną mėnesį į penkis rinktuvus pastatytus vienoje linijoje kas 10 m po miško laja ir į vieną rinktuvą atviroje vietoje. Apjungiant tyrimų duomenis iš penkių po laja esančių rinktuvų mažinama kurio nors vieno medžio lajos įtaka rezultatų tikslumui ir gaunami rezultatai atspindi tiriamojo miško lajos poveikį atmosferos kritulių cheminei sudėčiai ir teršalų srautams į miško paklotę. Tęsiant polajinių kritulių tyrimus per 2011m. stotyje LT01 buvo surinkti 72 kritulių bandiniai, t.y. 60 po laja ir 12 atviroje vietoje. Tiek pat bandinių surinkta ir stotyje LT03.

Atmosferos iškritų ir polajinių kritulių bandiniai, kurie surinkti 2011 m. Aukštaitijos ir Žemaitijos IM stotyse, buvo pristatyti į Aplinkos apsaugos agentūros aplinkos tyrimų departamentą, kuris, atlikęs cheminę kritulių bandinių analizę, tyrimų rezultatus persiūsdavo Fizinių ir technologijos mokslų centro Fizikos institutui.

Krituliai, kurie buvo renkami Preiloje (LT15), analizuoti Fizikos institute. Anijonų (sulfatų, nitratų ir chloridų) koncentracijos krituliuose nustatomos jonų chromatografijos metodu, naudojant jonų mainų chromatografą “DIONEX 2011F” su kolonėlėmis AG4A-SC ir AS4A-SC, konduktometrinių detektorių. Amonio koncentracijų nustatymui indofenoliniu metodu naudota spektrofotometrinė analitinė nenutrūkstamo srauto sistema (CONTIFLO). Laboratorinis skaitmeninis pH-metras OP-211/1 su kombinuotu sidabro elektrodu “CORNING”, jį kalibruojant su “Merck” standartais pH = 4.0 ir pH = 7.0, naudotas pH matavimams. Natrio, kalio ir kalcio koncentracijų tyrimui naudotas liepsnos fotometras PAŽ 2.

Cheminių priemaišų radimo ribos atmosferos krituliuose yra tokios: SO_4^{2-} – 0.02 mgS/l, NO_3^- – 0.013 mgN/l, Cl^- – 0.01 mg/l, NH_4^+ – 0.04 mgN/l, Na^+ – 0.02 mg/l, K^+ – 0.02 mg/l, Ca^{2+} – 0.02 mg/l. Atmosferos kritulių bandiniai rinkti ir pagrindinių cheminių teršalų koncentracijos juose tirtos pagal EMEP bei WMO/GAW rekomendacijas. Įvertintas kiekvienos tiriamos krituliuose cheminės komponentės koncentracijos matavimo patikimumas ir tikslumas, analizuojant sintetinių lietu (EMEP ir WMO tinklo standartai) su žinomomis komponentių koncentracijomis. Analizuojamų komponentių koncentracijų nuokrypis nuo tikrosios jų vertės neviršijo 10 %. Kiekvieno bandinio

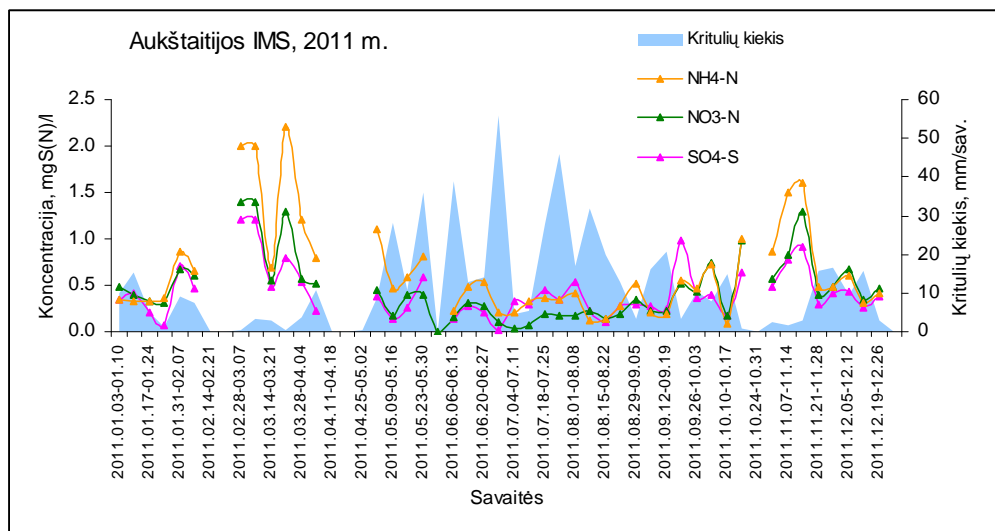
cheminės analizės kokybė įvertinta pagal teigiamų ir neigiamų jonų koncentracijų ($\mu\text{ekv/l}$) balansą.

Nagrinėjant SO_4^{2-} koncentracijas Preiloje buvo įvertinamas šio teršalo įnašas iš Baltijos jūros. Jūrinės kilmės sulfatų kiekis krituliuose skaičiuojamas naudojant atitinkamus koeficientus pagal Na^+ arba Cl^- koncentracijas kritulių bandinyje. Atėmus jūrinės kilmės $\text{SO}_4^{2-}-\text{S}_{\text{sea}}$ kiekį iš matuoto $\text{SO}_4^{2-}-\text{S}_{\text{tot}}$ kiekio kritulių bandinyje, gauname nejūrinės kilmės sulfatų koncentracijas, kurias žymime $\text{SO}_4^{2-}-\text{S}_{\text{nss}}$. Šioje ataskaitoje pateikiamos teršalų savaitės ir mėnesių vidutinės tūrinės koncentracijos, kurios skaičiuotos pagal kiekvienos savaitės (IM stotyse) ir dienos (Preiloje) teršalo koncentraciją krituliuose ir kritulių kiekį, o taip pat ir vidutinės 2011 m. metinės koncentracijos, įvertinant metinį kritulių kiekį.

2.1 PAGRINDINIŲ CHEMINIŲ PRIEMAIŠŲ FONINIŲ KONCENTRACIJŲ BEI FIZINIŲ PARAMETRŲ ATMOSFEROS IŠKRITOSE TYRIMAI

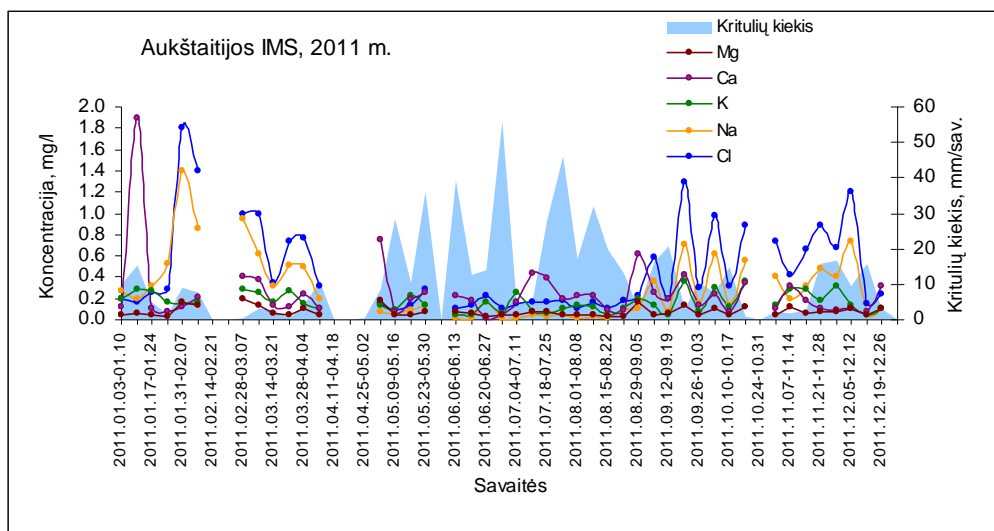
TYRIMŲ REZULTATAI

Pagrindinių cheminių priemaišų koncentracijų savaitės kritulių bandiniuose Aukštaitijos IM stotyje kaita pateikta 1 ir 2 pav. Cheminių komponentų koncentracijos kito tokiuose intervaluose: sulfatai nuo 0.05 iki 1.20 mgS/l, nitratai nuo 0.04 iki 1.40 mgN/l, amonis nuo 0.09 iki 2.20 mgN/l, chloridas nuo 0.09 iki 1.80 mg/l, natriis nuo 0.02 iki 1.40 mg/l, kalis nuo 0.05 iki 0.36 mg/l, kalcis nuo 0.02 iki 1.90 mg/l ir magnis nuo 0.03 iki 0.20 mg/l. Didesnės sulfatų koncentracijos nei 2011 m. vidutinė koncentracija (0.30 mgS/l) matuotos per vasario – kovo mėn., o taip pat ir lapkričio mėn. Sulfatų koncentracijos mažesnės už 2011 metų vidutinę nustatytos balandžio ir birželio mėnesiais.



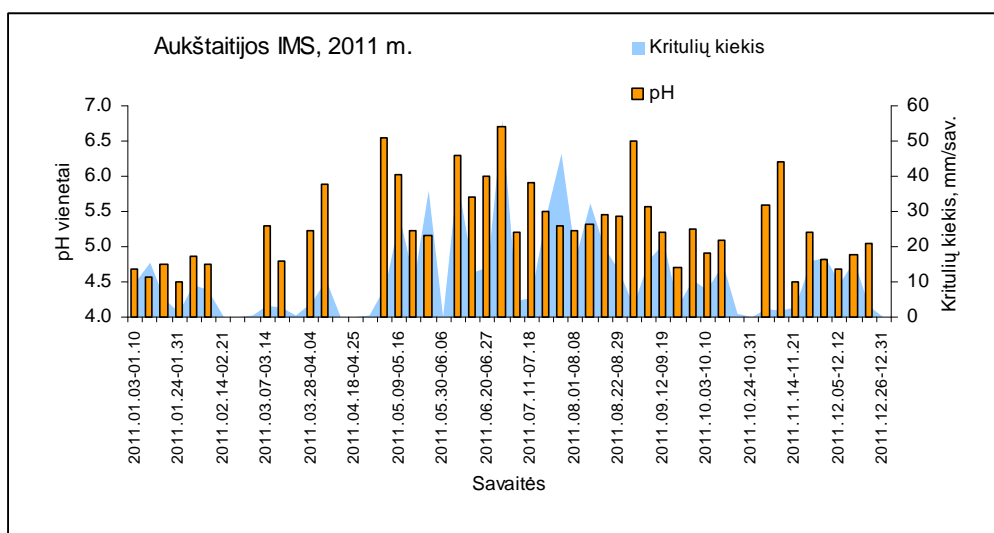
1 pav. SO_4^{2-} , NO_3^- , NH_4^+ koncentracijų ir kritulių kiekio kaita savaitės bandiniuose Aukštaitijos IMS (LT01)

Didesnės nei 2011 m. vidutinė (0.29 mgN/l) nitratų koncentracijos nustatytos per vasario, kovo, balandžio ir lapkričio mėnesius, o mažesnės – lietingais birželio – rugpjūčio mėn. Kelis kartus didesnės nei metų vidutinė (0.42 mgN/l) amonio koncentracijos buvo matuotos per vasario – gegužės mėn. ir lapkričio mėn., per likusįjį laikotarpį jos buvo mažesnės arba labai artimos metų vidutinei koncentracijai.



2 pav. Na^+ , K^+ , Ca^{2+} , Mg^{2+} , Cl^- koncentracijų ir kritulių kiekio kaita savaitės bandiniuose Aukštaitijos IMS (LT01)

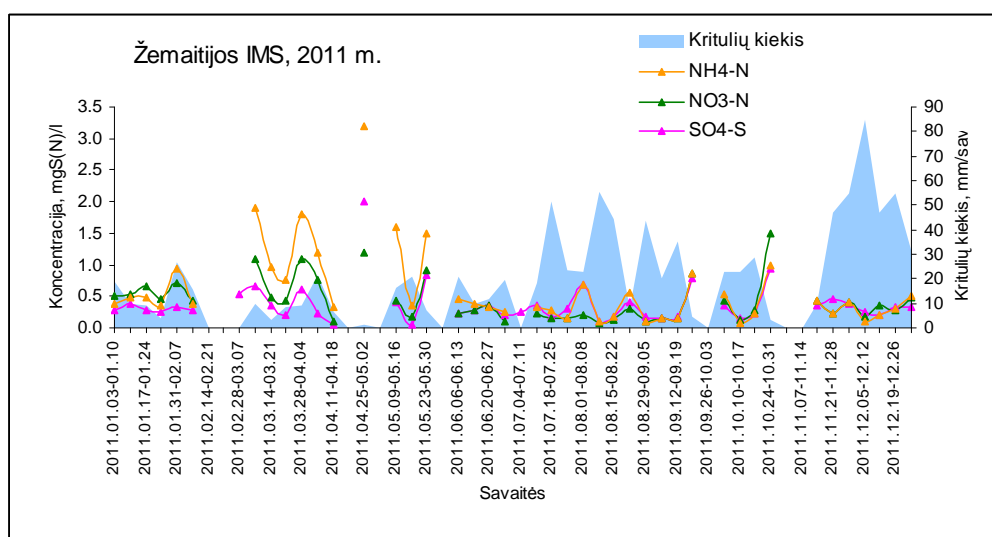
Kitų pagrindinių cheminių priemaišų (Na^+ , K^+ , Ca^{2+} , Mg^{2+} , Cl^-) koncentracijų kaita savaitės bandiniuose analogiška SO_4^{2-} , NO_3^- , NH_4^+ : mažesnės jonų koncentracijos matuotos lietinguoju metų periodu (gegužės – rugpjūčio mėn.)



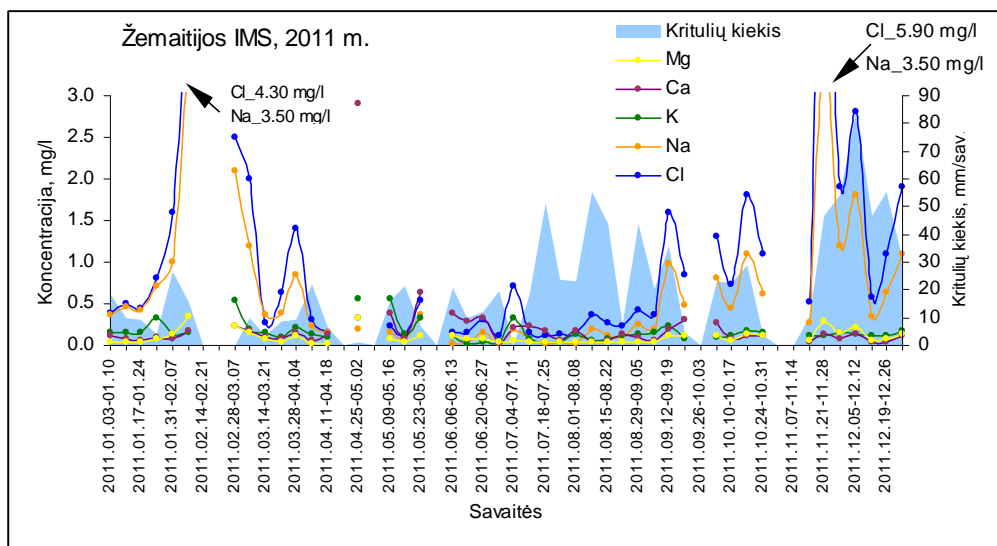
3 pav. pH ir kritulių kiekio kaita savaitės bandiniuose Aukštaitijos IMS (LT01)

Aukštaitijos IM stotyje kritulių pH vertės savaitės bandiniuose kito nuo 4.50 iki 6.70 (3 pav.). Rūgštūs krituliai, kurių pH vertės buvo mažesnės nei 5.0, vyravo sausio – vasario ir gruodžio mėnesiais. Per kitus metų mėnesius krituliai buvo silpnai rūgštūs, kintant kritulių pH nuo 5.04 iki 6.70.

Pagrindinių cheminių priemaišų koncentracijų krituliuose kaita savaitės bandiniuose Žemaitijoje (4 ir 5 pav.) gauta tokia: sulfatams nuo 0.06 iki 2.00 mgS/l, nitratams nuo 0.07 iki 1.50 mgN/l, amoniui nuo 0.09 iki 3.20 mgN/l, chloridui nuo 0.12 iki 5,90 mg/l, natriui nuo 0.02 iki 3.50 mg/l, kaliui nuo 0.03 iki 0.56 mg/l, kalciui nuo 0.02 iki 2.90 mg/l ir magniui nuo 0.03 iki 0.34 mg/l. Didelę įtaką cheminių priemaišų koncentracijoms daro kritulių kiekis. Pateiktų pagrindinių cheminių priemaišų koncentracijų kaitoje (4 ir 5 pav.) matomi didelių koncentracijų epizodai, esant mažam kritulių kiekiui. SO_4^{2-} , NO_3^- ir NH_4^+ koncentracijos buvo kelis kartus didesnės nei 2011 m. vidutinės, atitinkamai 0.26 mgS/l, 0.28 mgN/ ir 0.36 mgN/l, ypačingai balandžio mėn. 25 – gegužės mėn. 2 d. Dėl mažo per šias savaites iškritusių kritulių kiekio (1.0 ir 3.3 mm) K^+ , Ca^{2+} , Mg^{2+} koncentracijos buvo didžiausios 2011 m. Mažesnės už metų vidutines visų komponentų koncentracijos matuotos savaitės kritulių bandiniuose per lietingąjį laikotarpį birželio – rugsėjo mėn.

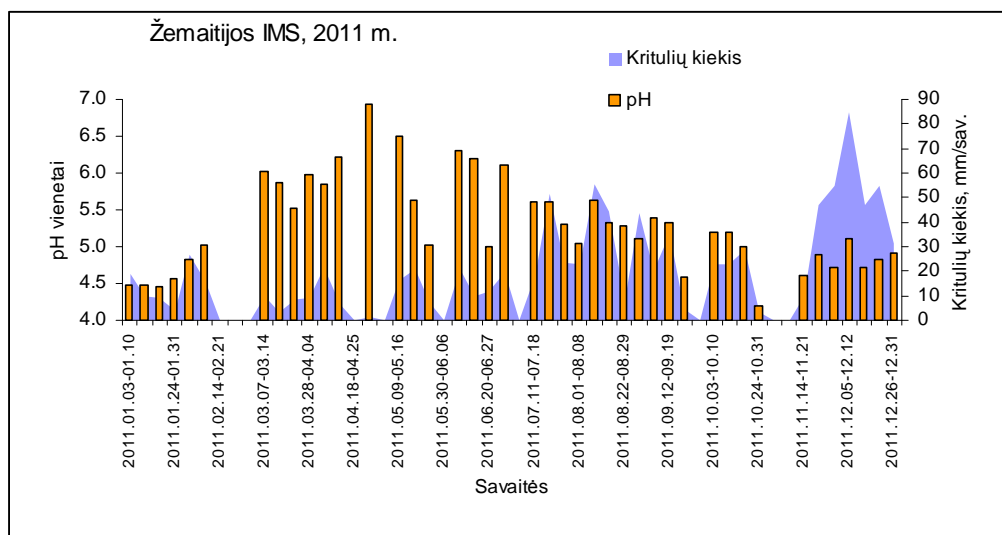


4 pav. SO_4^{2-} , NO_3^- , NH_4^+ koncentracijų ir kritulių kiekio kaita savaitės bandiniuose Žemaitijos IMS (LT03)



5 pav. Na^+ , K^+ , Ca^{2+} , Mg^{2+} , Cl^- koncentracijų ir kritulių kiekio kaita savaitės bandiniuose Žemaitijos IMS (LT03)

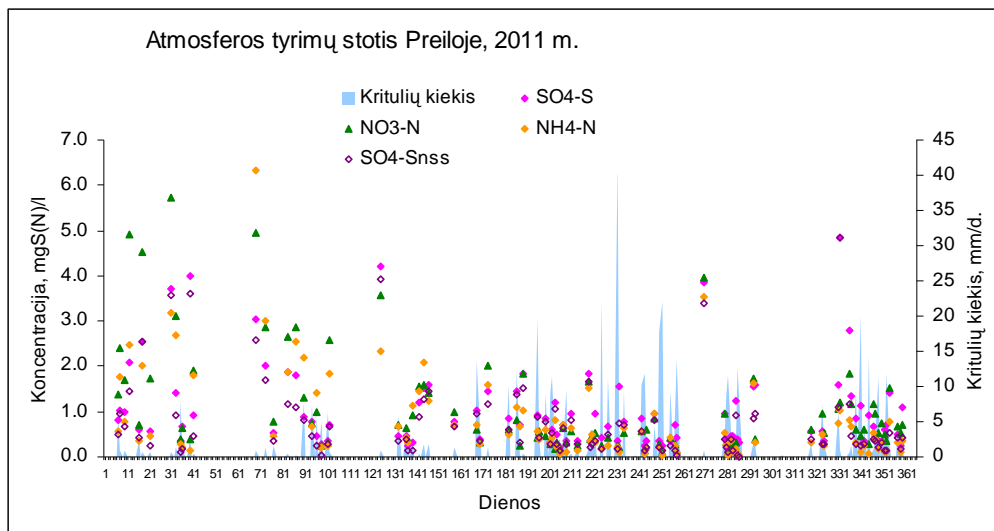
Žemaitijos IMS stotyje kritulių pH vertės savaitės bandiniuose kito nuo 4.20 iki 6.94 (6 pav.). Krituliai, kurių pH vertės buvo mažesnės nei 5.0, vyravo sausio mėn. ir nuo spalio mėn. paskutinės savaitės iki metų pabaigos. Per kitus metų mėnesius iškritusių kritulių pH vertė kito nuo 5.0 iki 6.94.



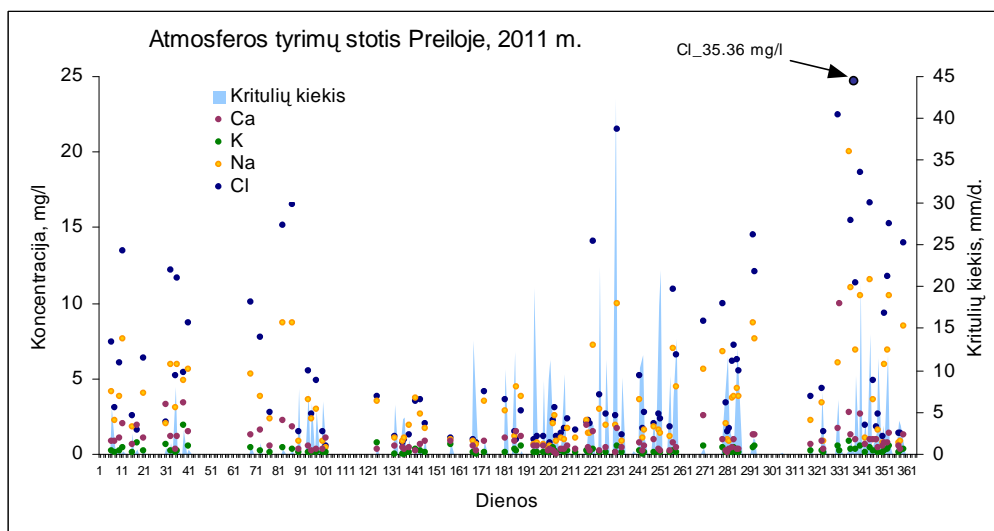
6 pav. pH ir kritulių kiekio kaita savaitės bandiniuose Žemaitijos IMS (LT03)

Preiloje (7 ir 8 pav.) cheminių priemaišų koncentracijos krituliuose kito gan dideliame intervale: sulfatai nuo 0.19 iki 4.22 mgS/l, nitratai nuo 0.02 iki 5.71 mgN/l, amonis nuo 0.03 iki 6.36 mgN/l, chloridas nuo 0.49 iki 35.36 mg/l, natrio nuo 0.31 iki 20.0 mg/l, kalis nuo 0.02 iki 1.87 mg/l ir kalcis nuo 0.05 iki 3.40 mg/l. Ženkliai didesnės nei 2011 m. vidutinės tiriamų komponentų koncentracijos matuotos per sausio – kovo

mėn., esant nedideliam kritulių kiekiui. Per gan lietingus liepos – rugpjūčio mėn. cheminių priemaišų koncentracijos krituliuose Preiloje buvo artimos jų 2011 m. vidutinėms.

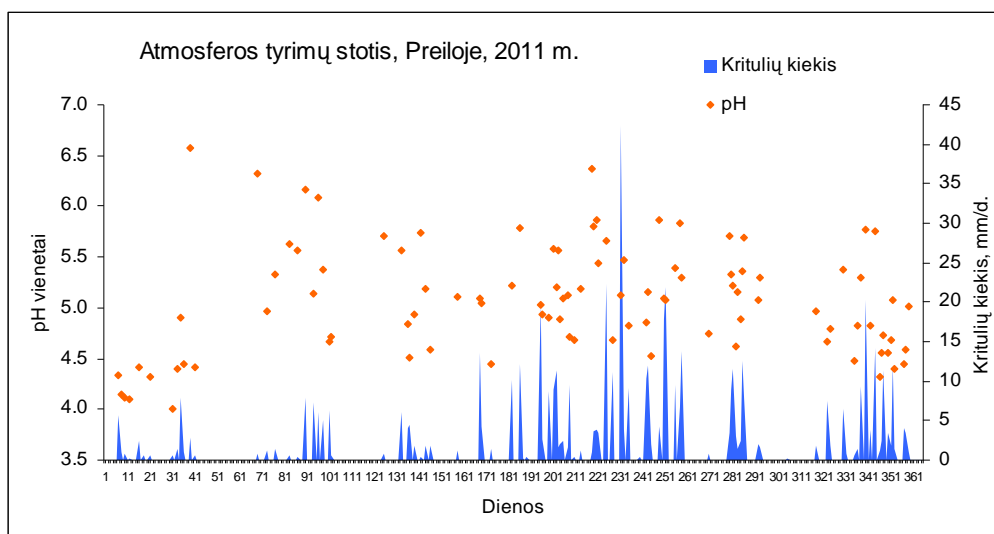


7 pav. SO_4^{2-} , NO_3^- , NH_4^+ koncentracijų ir kritulių kiekio kaita vienos paros bandiniuose atmosferos tyrimų stotyje Preiloje (LT15)

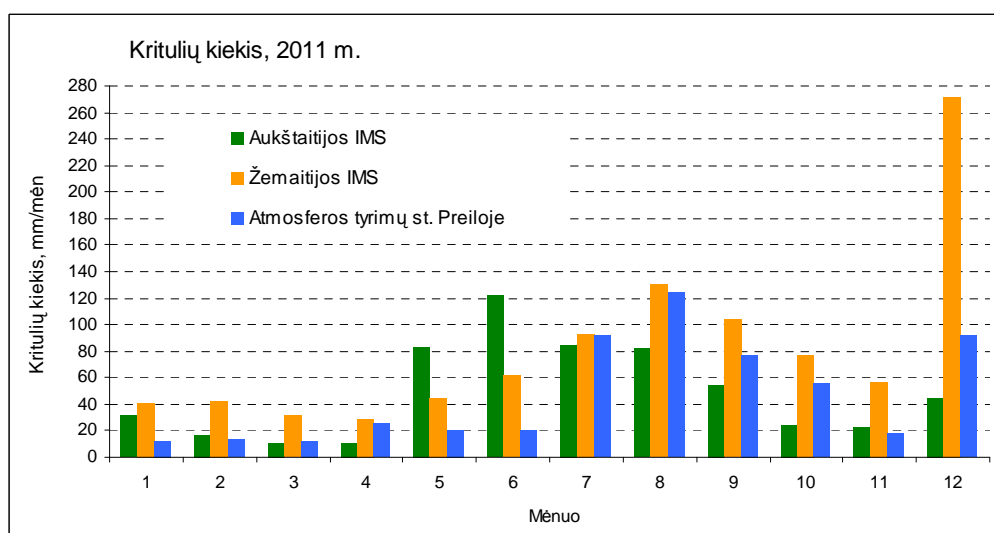


8 pav. Na^+ , K^+ , Ca^{2+} , Cl^- koncentracijų ir kritulių kiekio kaita vienos paros bandiniuose atmosferos tyrimų stotyje Preiloje (LT15).

Preiloje kritulių pH vertės paros bandiniuose kito nuo 4.0 iki 6.58 (9 pav.). Rūgštūs krituliai ($\text{pH} < 5.0$) vyravo sausio – vasario mėn. Per kitus metų mėnesius iškritusių kritulių pH vertės daugeliu lietaus atvejų buvo didesnės nei 5.0



9 pav. pH ir kritulių kiekio kaita vienos paros bandiniuose atmosferos tyrimų stotyje Preiloje (LT15)



10 pav. Kritulių kiekio sezoninė kaita Aukštaitijos IMS (LT01), Žemaitijos IMS (LT03) ir atmosferos tyrimų stotyje Preiloje (LT15)

Cheminių priemaišų koncentracijas krituliuose ir jų kiekius šlapiosiose iškritose daugiausiai veikia jų koncentracijos ore ir kritulių kiekis. 10 pav. pateikiami duomenys rodo gan panašią kritulių pasiskirstymo tendenciją tyrimo vietose. Sausiausias periodas buvo sausio – balandžio mėn. Didesni kritulių kiekiai per mėnesį iškrito Aukštaitijos IMS nuo gegužės iki rugsėjo mėnesio ir tai sudarė 72% metinio kiekio, Žemaitijos IMS – birželio – spalio mėn. ir gruodžio mėn. (81% metinio kiekio). Ypatingai daug kritulių Žemaitijoje buvo gruodžio mėn. – 272 mm/mėn. Preiloje per lietingus liepos – rugsėjo ir

gruodžio mėn. iškrito 68% metinio kiekio, mažesni kritulių kiekiai (< 20 mm/mėn.) buvo sausio – kovo ir lapkričio mėn.

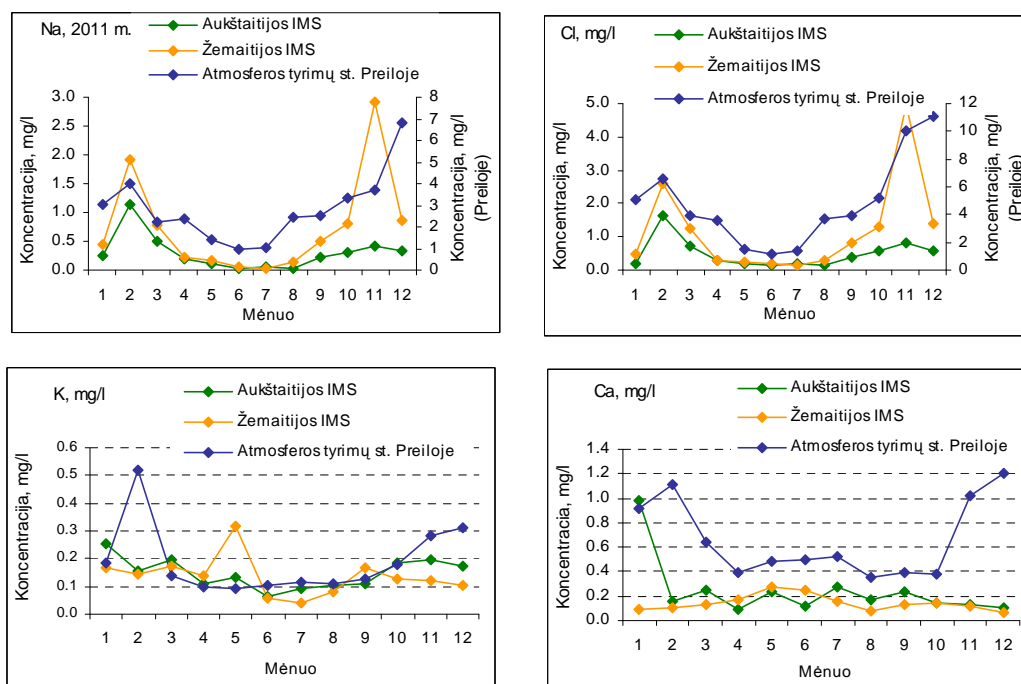
11 ir 12 pav. pateikiamos pagrindinių cheminių priemaišų kiekvieno mėnesio vidutinės svertinės pagal kritulių kiekį koncentracijos. Sulfatų koncentracijos, didesnės nei 2011 m. vidutinė 0.30 mgS/l (LT01) ir 0.26 mgS/l (LT03), buvo vasario – kovo ir lapkričio mėn. Per kitus mėnesius jos mažai skyrėsi nuo metų vidutinių koncentracijų. Preiloje šios komponentės didžiausios koncentracijos gautos vasario (1.25 mgS/l) ir kovo mėn. (1.19 mgS/l), o per kitus mėnesius kito nuo 0.43 iki 0.91 mgS/l, esant metų vidutinei koncentracijai – 0.66 mgS/l. Įvertinus Baltijos jūros įnašą, kuris kito nuo 5 iki 96 %, SO₄-Snss metinė koncentracija yra 0.41 mgS/l.



11 pav. SO₄²⁻, NO₃⁻, NH₄⁺ koncentracijų ir pH sezoninė kaita Aukštaitijos IMS (LT01), Žemaitijos IMS (LT03) ir atmosferos tyrimų stotyje Preiloje (LT15)

Didžiausios per 2011 m. nitratinio ir amonio azoto koncentracijos visose tyrimų vietose gautos kovo mėn.: Aukštaitijos IMS – 0.88 mgN/l (nitratinio) ir 1.38 mgN/l (amonio), Žemaitijos IMS – 0.84 mgN/l (nitratinio) ir 1.44 mgN/l (amonio), Preiloje – 1.78 mgN/l (nitratinio) ir 2.36 mgN/l (amonio). Nuo gegužės mėn., padidėjus kritulių kiekiui, visose kritulių tyrimo vietose nitratinio ir amonio azoto koncentracijos sumažėjo. Krituliai, kurių pH vertės mažesnės nei 5.0, Aukštaitijoje buvo sausio – vasario ir

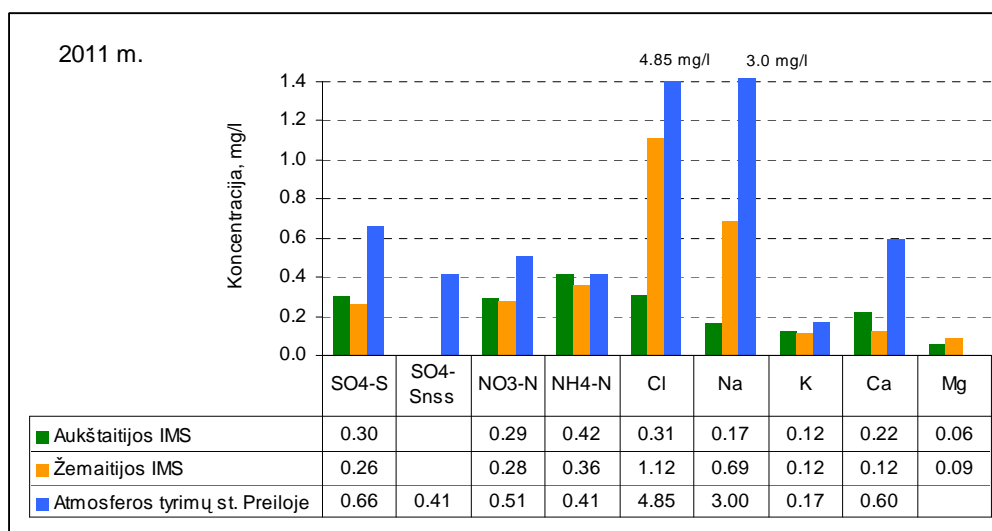
gruodžio mėn., Žemaitijoje – sausio – vasario, rugsėjo ir lapkričio – gruodžio mėn., Preiloje – sausio – vasario, gegužės – birželio ir lapkričio – gruodžio mėnesiais.



12 pav. Na^+ , Cl^- , Ca^{2+} ir K^+ koncentracijų sezoninė kaita Aukštaitijos IMS (LT01), Žemaitijos IMS (LT03) ir atmosferos tyrimų stotyje Preiloje (LT15)

12 pav. pateikti duomenys rodo, kad Na^+ , Cl^- ir Ca^{2+} vidutinės mėnesio koncentracijos Preiloje yra kelis kartus didesnės nei IM stotyse. Tai siejama su Baltijos jūra, kuri ir yra šių komponentų šaltinis. Ypatingai jūros įtaka pasireiškė vasario, lapkričio ir gruodžio mėn.

Duomenys 13 pav. rodo pagrindinių cheminių priemaišų vidutinių metinių, svertinių pagal kritulių kiekį, koncentracijų atmosferos krituliuose erdvinę kaitą. Nedideli skirtumai matomi tarp cheminių komponentų koncentracijų (išskyrus Na^+ ir Cl^-) Aukštaitijos IMS ir Žemaitijos IMS rinktuose krituliuose. Preiloje sulfatų, nitratų, chloridų ir natrio koncentracijos yra kelis kartus didesnės nei Aukštaitijoje ir Žemaitijoje.



13 pav. Pagrindinių cheminių priemaišų vidutinių metinių koncentracijų, svertinių pagal kritulių kiekį, erdvinė kaita

Cheminių priemaišų kiekiai šlapiose iškritose įvertinti pagal priemaišų koncentracijas krituliuose ir kritulių kiekius. Pagrindinių cheminių priemaišų šlapiųjų srautų sezoninė kaita pateikiama 1, 2 ir 3 lentelėse. Duomenys rodo, kad priemaišų kiekius šlapiuose srautuose daugiausiai lėmė kritulių kiekis. Per lietingus mėnesius į žemės paviršių pateko: 64% metinio kiekio SO_4^{2-} , 53% – NO_3^- ir 63% – NH_4^+ Aukštaitijos IMS; 60% – SO_4^{2-} , 50% – NO_3^- ir 42% – NH_4^+ Žemaitijos IMS; 72% – SO_4^{2-} , 65% – NO_3^- ir 60% – NH_4^+ atmosferos tyrimų stotyje Preiloje.

1 lentelė. Pagrindinių cheminių priemaišų šlapiųjų srautų sezoninė kaita Aukštaitijos IMS (LT01)

Metai, mėnuo	Kritulių kiekis, mm	Šlapiasis srautas, $\text{mg m}^{-2} \text{ mėn.}^{-1}$							
		SO ₄ -S	NO ₃ -N	NH ₄ -N	Cl	Na	K	Ca	Mg
2011.01	31.6	10.90	12.83	10.54	6.18	8.04	8.02	31.04	1.67
2011.02	16.9	10.04	10.81	12.94	27.23	19.44	2.67	2.70	2.56
2011.03	10.9	8.26	9.56	14.99	7.91	5.48	2.17	2.74	1.14
2011.04	10.9	2.44	5.51	8.48	3.39	2.12	1.17	1.05	0.41
2011.05	83.4	30.90	27.21	58.15	15.79	8.49	10.94	19.78	6.13
2011.06	121.8	12.97	19.34	33.61	15.20	4.41	7.93	13.91	6.27
2011.07	84.0	31.76	14.13	28.82	14.64	3.73	7.95	22.68	4.68
2011.08	81.8	21.70	14.98	17.05	11.83	3.22	8.54	13.72	3.25
2011.09	53.9	17.69	15.54	15.76	21.71	11.58	5.96	12.92	3.38
2011.10	23.5	6.19	9.11	7.83	13.06	7.25	4.39	3.25	1.56
2011.11	22.7	9.56	12.46	16.54	18.36	9.73	4.44	2.84	1.59
2011.12	44.6	16.03	21.12	19.91	25.54	14.34	7.65	4.61	3.36
Metinis	586.1	178.4	172.6	244.6	180.9	97.8	71.8	131.2	36.0

2 lentelė. Pagrindinių cheminių priemaišų šlapiųjų srautų sezoninė kaita Žemaitijos IMS (LT03)

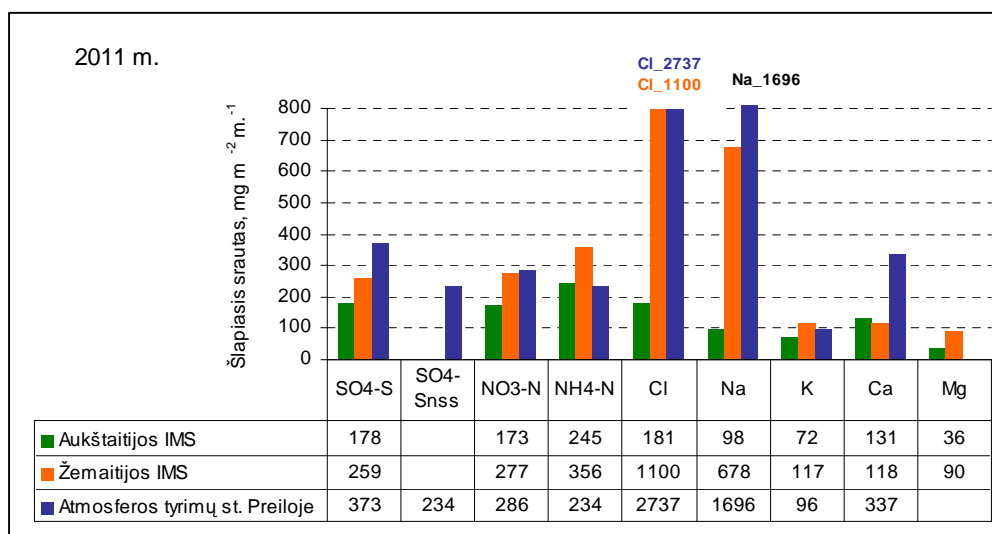
Metai, mėnuo	Kritulių kiekis, mm	Šlapiasis srautas, mg m ⁻² mėn. ⁻¹							
		SO ₄ -S	NO ₃ -N	NH ₄ -N	Cl	Na	K	Ca	Mg
2011.01	41.6	12.16	22.37	17.51	19.47	17.99	7.00	3.67	1.76
2011.02	42.2	13.16	25.76	31.04	109.10	80.70	6.06	4.65	8.99
2011.03	31.1	15.05	26.18	44.80	39.26	24.46	5.38	4.02	3.37
2011.04	29.0	7.59	18.45	31.47	8.08	6.20	4.01	4.95	1.06
2011.05	44.7	13.78	17.78	44.64	10.28	6.85	14.14	12.39	2.73
2011.06	62.1	15.63	13.98	21.92	10.53	3.11	3.66	15.11	4.61
2011.07	93.4	22.78	15.63	24.44	12.53	3.42	4.02	14.70	3.16
2011.08	130.0	31.93	16.67	33.06	36.87	16.96	10.37	9.50	4.60
2011.09	104.2	21.31	17.22	17.22	86.57	52.36	17.66	13.21	6.88
2011.10	77.8	21.73	25.92	24.09	102.17	62.34	9.95	11.09	8.14
2011.11	57.0	25.11	14.66	14.66	281.96	166.88	6.84	6.49	14.14
2011.12	271.9	58.66	62.61	50.69	382.79	236.83	27.46	18.67	30.18
Metinis	985.0	258.9	277.2	355.5	1099.6	678.1	116.5	118.4	89.6

3 lentelė. Pagrindinių cheminių priemaišų šlapiųjų srautų sezoninė kaita atmosferos tyrimų st. Preiloje (LT15)

Metai, mėnuo	Kritulių kiekis, mm	Šlapiasis srautas, mg m ⁻² mėn. ⁻¹							
		SO ₄ -S	SO ₄ -S _{nss}	NO ₃ -N	NH ₄ -N	Cl	Na	K	Ca
2011.01	12.2	10.84	7.79	18.32	9.04	62.16	37.12	2.25	11.12
2011.02	13.7	17.15	12.62	10.11	7.36	90.38	55.16	7.09	15.36
2011.03	12.4	14.68	12.43	22.00	29.17	48.64	27.41	1.70	7.98
2011.04	25.3	12.39	7.45	16.43	17.17	90.12	60.19	2.41	9.89
2011.05	21.1	15.91	13.45	19.17	17.69	31.37	30.05	1.94	10.12
2011.06	20.6	18.66	17.01	13.72	14.14	23.24	20.09	2.18	10.14
2011.07	91.9	71.30	63.53	41.89	47.70	131.4	94.75	10.76	47.93
2011.08	124.6	64.60	39.91	41.74	34.77	462.7	301.1	13.96	44.04
2011.09	76.9	33.18	17.46	23.48	18.60	303.2	191.7	9.72	29.73
2011.10	55.2	27.07	11.92	14.58	10.90	283.8	184.7	9.94	21.23
2011.11	18.6	15.86	10.18	15.83	9.44	185.9	69.31	5.26	18.92
2011.12	92.2	71.50	20.28	48.59	17.56	1024	624.6	28.57	110.9
Metinis	564.6	373.1	234.0	285.9	233.5	2737	1696	95.76	337.4

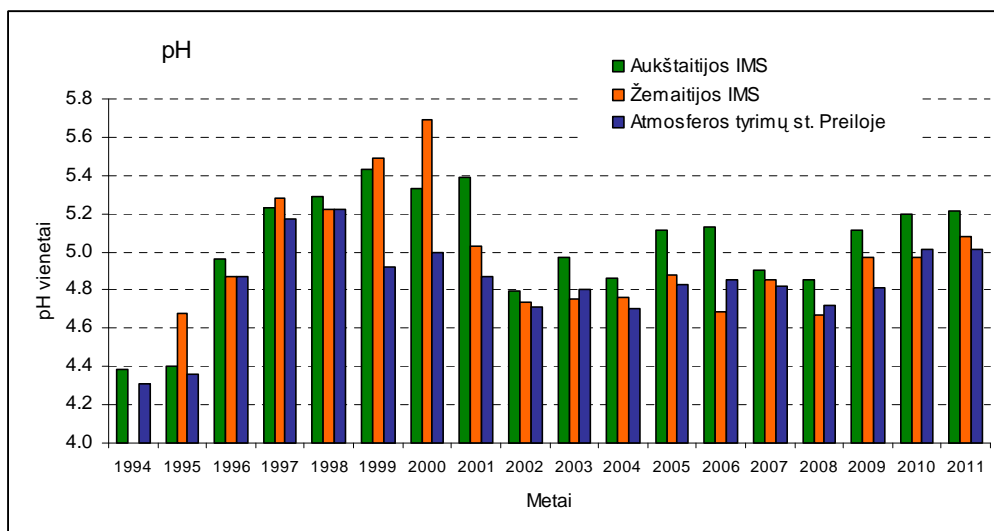
Nagrinėjant pagrindinių cheminių priemaišų šlapiose iškritose 2011 m. erdvinę kaitą (14 pav.) akivaizdu, kad skirtumai tarp stočių yra nedideli, išskyrus Na⁺, Cl⁻ ir Ca²⁺.

Šių cheminių priemaišų šlapieji srautai Preiloje yra didesni nei IM stotyse: Na⁺, Cl⁻ ir Ca²⁺ – daugiausiai dėl įnašo iš Baltijos jūros.

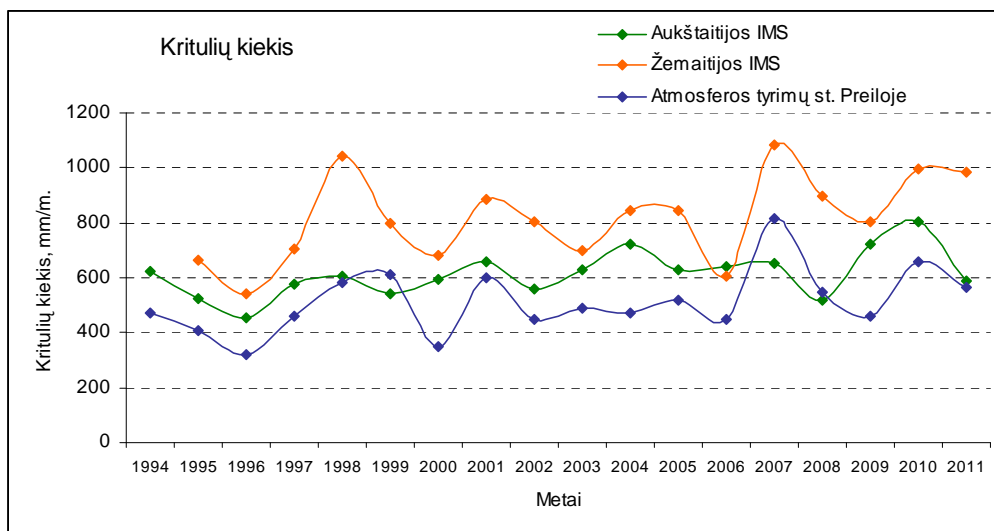


14 pav. Pagrindinių cheminių priemaišų šlapųjų srautų erdvinė kaita

Kritulių pH, kritulių kiekio, sieros ir azoto junginių koncentracijų ir šlapųjų iškritų kiekio kaita nuo 1994 m. iki 2011 m. Aukštaitijoje, Žemaitijoje ir Preiloje pateikiama 15, 16, 17, 18 ir 19 paveiksluose. Iš pateiktų 15 pav. duomenų matyti, kad Aukštaitijoje 1994 – 1999 m. kritulių pH didėjo nuo 4.39 iki 5.43, per sekančius metus iki 2002 m. sumažėjo iki 4.80, 2003 – 2005 m. krituliai vėl buvo mažiau rūgštus ir pH kilo iki 5.11. Žemaitijoje per 1995 – 2000 m. laikotarpį kritulių pH pakilo nuo 4.68 iki 5.69, per sekančius dvejus metus sumažėjo iki 4.74 (2002 m.) ir iki 2005 m. pakilo iki 4.88. Panaši kritulių pH metinių verčių kaita matoma ir Preiloje: didėjimas nuo 4.31 (1994 m.) iki 5.22 (1998 m.), o per sekančius metus iki 2005 m. nėra pastovios kaitos tendencijos. Paskutiniųjų septynerių metų laikotarpyje (2005 – 2011 m.) metinės pH vertės rodo nežymų didėjimą: Aukštaitijoje – nuo 5.11 iki 5.21, Žemaitijoje – nuo 4.88 iki 5.08, Preiloje – nuo 4.83 iki 5.01.



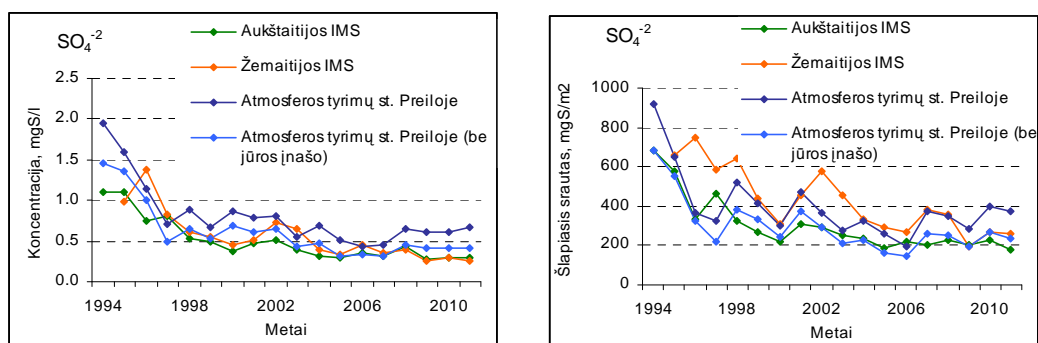
15 pav. Kritulių pH metinė kaita



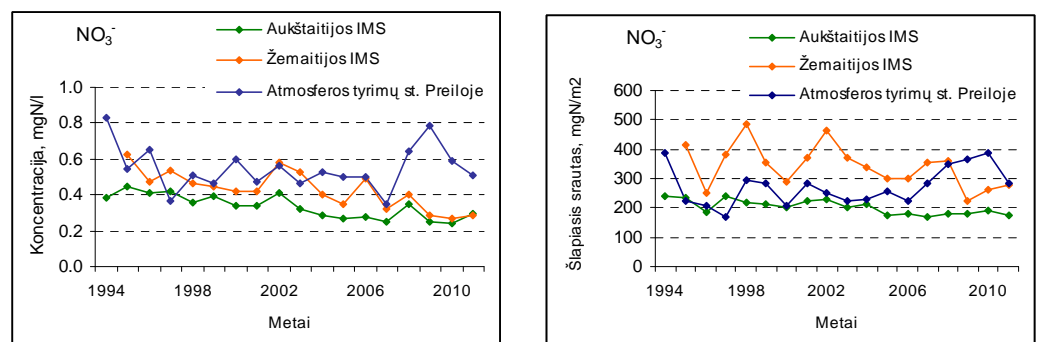
16 pav. Kritulių kiekio metinė kaita

Akivaizdi metinio kritulių kiekio didėjimo tendencija visose tyrimų vietose. Per 1994 – 2011 m. kritulių kiekis Aukštaitijoje padidėjo 28%, Žemaitijoje – 41% ir Preiloje – 43%. Kritulių kiekio didėjimas darė įtaką daugumos cheminių priemaišų šlapiems srautams. Pateikti 17 – 19 paveiksluose pagrindinių cheminių priemaišų koncentracijų ir šlapiųjų srautų metinės kaitos duomenys Aukštaitijoje ir Preiloje per pastaruosius 18 metų, o Žemaitijoje per 17 metų, rodo sulfatų ir amonio koncentracijų ir šlapiųjų srautų (SO_4^{2-} -S ir NH_4^+ -N) aiškia mažėjimo tendenciją. Sulfatų kiekio šlapiuose iškritose mažėjimas Lietuvoje, be abejonės, labiausiai yra siejamas su ženkliu SO_2 emisijos mažėjimu daugumoje C. Europos valstybėse ir Skandinavijoje, o taip pat ir Lietuvoje, ypač per 1994 – 2004 m. laikotarpį. Mažesnę mažėjimo tendenciją azoto junginiams

šlapiose iškritose, matyt, lemia mažesni NO_x ir NH₃ emisijos mažinimo tempai. Taikant linijinės regresijos metodą teršalų metinių koncentracijų ir šlapiųjų srautų kaitos per 18 metų vertinimui gauta, kad sulfatų koncentracijos krituliuose sumažėjo Aukštaitijoje 82% , Žemaitijoje 79% ir Preiloje 73%.



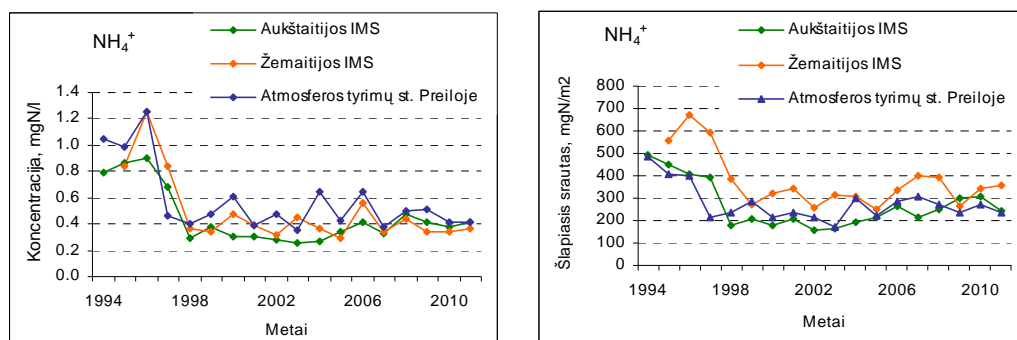
17 pav. Sulfatų koncentracijos (mgS/l) krituliuose ir šlapiųjų srautų (mgS/m²) metinė kaita



18 pav. Nitratų koncentracijos (mgN/l) krituliuose ir šlapiųjų srautų (mgN/m²) metinė kaita

Nitratinio azoto metinių koncentracijų ir šlapiųjų srautų eigoje nėra vienareikšmės kaitos tendencijos. Aukštaitijos IMS ir Žemaitijos IMS nitratų koncentracijos krituliuose sumažėjo atitinkamai 43% ir 49%, Preiloje – tik 5%. Aukštaitijoje ir Žemaitijoje šio teršalo srautas sumažėjo 28%, Preiloje jis padidėjo 35%.

Amonio koncentracija ir jo šlapiasis srautas per 1994 – 2011 m. rodo mažėjimo tendenciją. Aukštaitijos IMS amonio koncentracija krituliuose sumažėjo 60%, srautas – 44%, Žemaitijos IMS – amonio koncentracija ir jo šlapiasis srautas sumažėjo 66 ir 45% ir Preiloje atitinkamai 61% ir 37%.



19 pav. Amonio koncentracijos (mgN/l) krituliuose ir šlapiųjų srautų (mgN/m²) metinė kaita

Vertinant 1994 – 2011 m. pagrindinių teršalų metinius kiekius šlapiose iškritose stebimi nedideli skirtumai tarp Preilos ir Aukštaitijos stočių. Tačiau, beveik 1.5 karto didesnius metinius sulfatų, nitratų ir amonio srautus Žemaitijoje nei Aukštaitijoje, o taip pat ir Preiloje, galima sieti su didesniu kritulių kiekiu Žemaitijoje, palyginti su Aukštaitija ir Preila.

IŠVADOS

Vertinant cheminių priemaišų foninių koncentracijų atmosferos šlapiose iškritose 2011 m. tyrimų duomenis Aukštaitijos integruoto monitoringo stotyje (LT01), Žemaitijos integruoto monitoringo stotyje (LT03) ir atmosferos užterštumų tyrimo stotyje Preiloje (LT15), daromos tokios išvados:

- Tirtoms cheminėms priemaišoms yra būdingas didelis koncentracijų kaitos intervalas kritulių savaitės bandiniuose IMS ir kritulių paros bandiniuose Preiloje.
- Metinė sulfatų (SO_4^{2-} - S_{tot}) koncentracija Preiloje gauta 2 – 2.5 karto didesnė nei Aukštaitijoje ir Žemaitijoje.
- Nežymi erdvinė kaita gauta amonio (NH_4^+) metinei koncentracijai.
- Ypatingai ryški didėjimo tendencija vakarų kryptimi yra natrio (Na^+) ir chloridų (Cl^-) metinių koncentracijų erdvinėje kaitoje.
- Rūgščiausi krituliai 2011 m. buvo Preiloje: pH kritulių metinės vertės tokios: Preiloje – 5.01, Aukštaitijos IMS – 5.21 ir Žemaitijos IMS – 5.08.
- Pagrindinių cheminių priemaišų šlapiųjų iškritų 2011 m. erdvinė kaita rodo, kad skirtumai tarp stočių yra nedideli, išskyrus Na^+ , Cl^- ir Ca^{2+} . Šių cheminių priemaišų šlapieji srautai yra kelis kartus didesni Preiloje nei IM stotyse: Na^+ , Cl^- ir Ca^{2+} – daugiausiai dėl įnašo iš Baltijos jūros.

- Sulfatų ir amonio metinių koncentracijų ir jo šlapiųjų srautų kaitoje per 1994–2011 m. laikotarpį stebima mažėjimo tendencija. Sulfatų koncentracijos krituliuose sumažėjo Aukštaitijoje – 82% , Žemaitijoje – 79% ir Preiloje – 73%, šlapieji sulfatų srautai sumažėjo atitinkamai 75%, 67% ir 65%. Amonio koncentracijos krituliuose sumažėjo Aukštaitijoje – 60%, Žemaitijoje – 66% ir Preiloje – 61%, šlapieji amonio srautai sumažėjo atitinkamai 44%, 45% ir 37%.
- Nitratinio azoto metinių koncentracijų ir šlapiųjų srautų eigoje per 1994–2011 m. laikotarpį nėra vienareikšmės kaitos tendencijos. Aukštaitijos IMS ir Žemaitijos IMS nitratų koncentracijos krituliuose sumažėjo atitinkamai 43% ir 49%, Preiloje – 5%. Aukštaitijoje ir Žemaitijoje šio teršalo srautas sumažėjo 28%, Preiloje – padidėjo 35%.
- Pagrindinių cheminių priemaišų foninių koncentracijų bei fizinių parametru atmosferos iškritose tyrimų apimtys (tiriami parametrai ir stebėjimo dažnis) IM stotyse (Aukštaitijoje ir Žemaitijoje) ir EMEP stotyje (Preiloje) atitinka keliamus EMEP ir ICP IM programų reikalavimus. Tolimų oro teršalų pernešimo į Lietuvą vertinimui, EMEP monitoringo stotyje (Preila) vykdoma kritulių tyrimo programa tenkina Europos monitoringo paruoštos strategijos 2010 – 2019 m. reikalavimus: cheminių priemaišų foninių koncentracijų bei fizinių parametru krituliuose stebėjimo dažnis turi būti ne didesnis nei 24 val. Be to, pageidaujamas tyrimo duomenų ilgalaikis tęstinumas, t.y. Preiloje gaunami tyrimo duomenys kaupiami EMEP duomenų banke nuo 1980 m. Vertinant ir prognozuojant sąlygiškai natūralių ekosistemų būklę bei ilgalaikius pokyčius jose, yra būtinas pagrindinių cheminių priemaišų foninių koncentracijų bei fizinių parametru atmosferos iškritose tyrimų tęstinumas.

2.2 PAGRINDINIŲ CHEMINIŲ PRIEMAIŠŲ BEI FIZINIŲ PARAMETRŲ POLAJINIUOSE KRITULIUOSE TYRIMAI PAGAL ICP IM PROGRAMĄ.

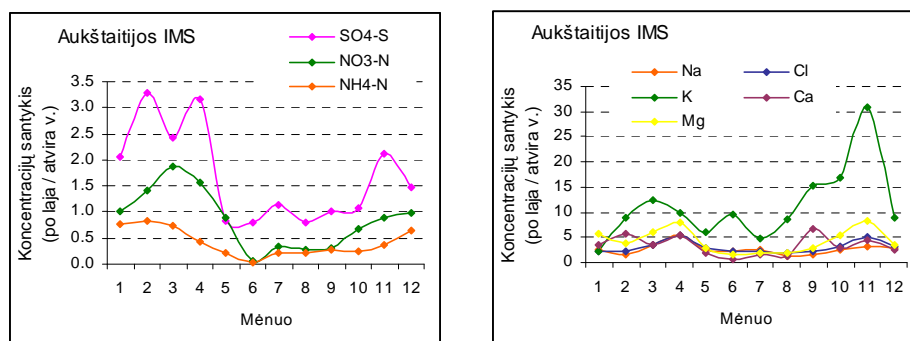
TYRIMŲ REZULTATAI

Vykstanti biologinė sąveika tarp krituliuose bei atmosferoje esančių teršalų ir lajos, keičia kritulių cheminę sudėtį jiems krentant per medžių lają, o taip pat ir teršalų srautus į miško paklotę. Cheminiai elementai (azoto junginiai, kalis, natriis, magnis), kurie dalyvauja medžių lajos biologiniuose procesuose, gali būti ir paimami iš kritulių, ir išplaunami jais iš lajos. Tuo pačiu metu vyksta cheminių priemaišų nuplovimas, kurios sausai nusėdo iš atmosferos ant lajos. Todėl duomenys apie azoto, sieros ir šarminių katijonų atmosferinius srautus yra būtini tiriant biogeocheminius ciklus miško ekosistemose.

Pagrindinių cheminių priemaišų koncentracijos krituliuose ir srautai po medžių laja ir atviroje vietoje, matuoti 2011 m. Aukštaitijos IM stotyje (LT01), pateikti 4 ir 5 lentelėse. Kritulių pH rodo, kad rūgščiausi krituliai ($\text{pH} < 5.0$) po laja buvo per sausio – balandžio ir lapkričio – gruodžio mėnesius, o per likusius metų mėnesius vyravo krituliai, kurių pH kito nuo 5.33 iki 5.94. Atviroje vietoje kritulių $\text{pH} < 5.0$ matuota per sausio – vasario ir gruodžio mėnesius, o per likusius - nuo 5.21 iki 6.37. Įvertinus kritulių kiekį, metinė pH vertė po laja ir yra 5.07, atviroje vietoje – 5.37. Nagrinėjant sulfatų koncentracijų ir iškritų (4 ir 5 lentelės) sezoninę kaitą matyti, kad didžiausia koncentracija krituliuose po laja buvo kovo mėn. (1.56 mgS/l), o per likusius mėnesius kito nuo 0.17 mgS/l (birželio mėn.) iki 0.98 mgS/l (lapkričio mėn.). Didesnius sulfatų srautus sausio, gegužės, liepos, gruodžio mėn. po laja ir atviroje vietoje lėmė gausesni krituliai. 4 ir 5 lentelėse pateikti duomenys rodo, kad nitratų ir amonio koncentracija birželio – rugsėjo mėn. polajiniuose krituliuose ženkliai sumažėjo ir kito nuo 0.01 iki 0.10 mgN/l ir tai lėmė mažesni nei kitais mėn. iškritusio į polajį azoto kiekį. Didesnes nitratų koncentracijas polajiniuose krituliuose sausio – balandžio mėn., tikėtina, lėmė nitratų nuplovimas su krituliais nuo lajos.

Pagrindinių cheminių priemaišų koncentracijų krituliuose sezoninę kaitą iliustruoja duomenys, kurie pateikti 20 paveiksle. Sulfatų koncentracijų santykio (po laja/atvira vieta) kaita per žiemos mėn. nuo 1.5 iki 3.0, o per likusius – nuo 1.0 iki 2.0, gali būti siejama sieros junginių (SO_2 ir aerosolinių SO_4^{2-}) nuplovimu nuo lajos per žiemos mėn., nes jų sausos iškritos iš atmosferos šiuo laikotarpiu yra didesnės, palyginti

su vasaros mėn. Tyrimai rodo ženkliai mažėjančias nitrato koncentracijas polajiniuose krituliuose nuo gegužės iki rugsėjo mėn. Nitrato koncentracijų santykis (po laja/atvira vieta) kinta nuo didžiausio 1.88 (kovo mėn.) iki 0.06 (birželio mėn.) ir amonio – nuo 0.8 (vasario mėn.) iki 0.04 (birželio mėn.). Tokie azoto junginių koncentracijų pokyčiai polajiniuose krituliuose gali būti siejami su azoto kaip maistinio elemento absorbcija lajoje.



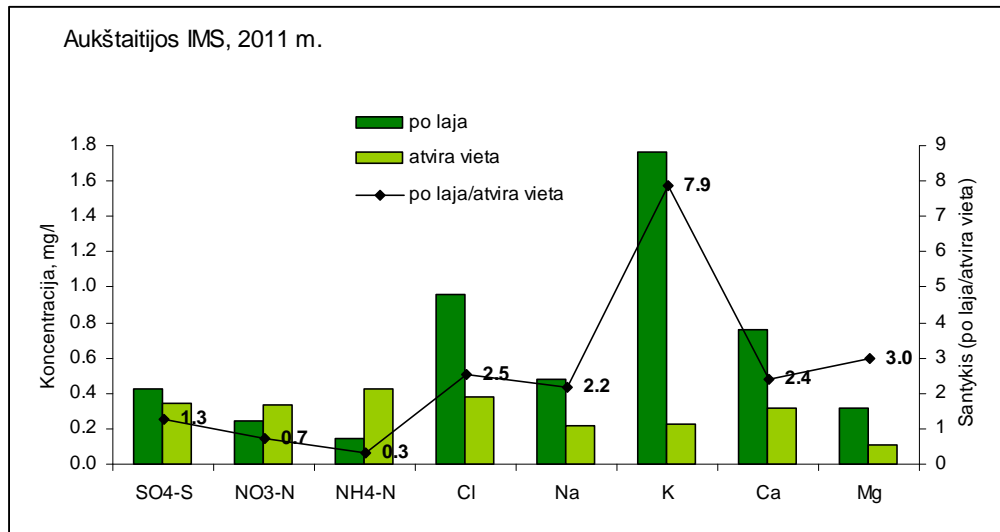
20 pav. Pagrindinių cheminių priemaišų koncentracijų santykio (po laja/atvira vieta) sezoninė kaita Aukštaitijos IMS (LT01)

Priešingai azoto junginiams, tyrimai rodo kelis kart didesnes Na^+ , Cl^- , Mg^{2+} ir keliolika kartų didesnes K^+ koncentracijos krituliuose po laja nei atviroje vietoje. K^+ koncentracijų santykis (po laja/atvira vieta) kito nuo 2.3 iki 31.0, Cl^- nuo 1.8 iki 5.4 ir Mg^{2+} – nuo 1.6 iki 8.4. Toks žymus šių komponentų koncentracijų padidėjimas polajiniuose krituliuose gali būti siejamas tiek su nuplovimu nuo lajos, tiek su išplovimu iš lajos, ypač kalio ir magnio atveju.

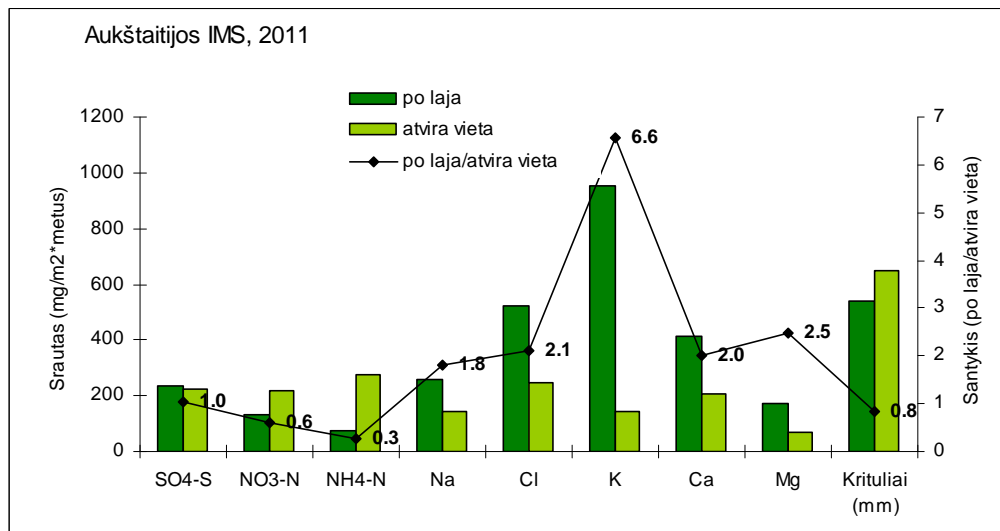
Apibendrinti pagrindinių cheminių priemaišų koncentracijų ir iškritų tyrimų krituliuose po miško laja ir miške atviroje vietoje Aukštaitijoje (LT01) duomenys pateikti 21 ir 22 pav. Polajiniai krituliai labiausiai praturtinami K^+ , mažiau Mg^{2+} , Cl^- , Ca^{2+} , Na^+ ir SO_4^{2-} . Mažesnės yra nitratinio ir amoniakinio azoto koncentracijos polajiniuose krituliuose nei atviroje vietoje rinktuose krituliuose.

Kritulių kiekio santykis (po laja/atvira vieta) kito nuo 0.5 iki 1.1. 2011 m. vidutinė metinė šio santykio reikšmė yra 0.80. Todėl galima sakyti, kad lajoje susilaikė apie 20 % kritulių kiekio, kuris iškrito atviroje vietoje. Aukštaitijos IMS po laja iškrito 541.7 mm ir atviroje vietoje 649.7 mm. Aukštaitijoje į miško paklotę sulfatinės sieros iškrito tiek pat kiek ir atviroje vietoje, tačiau beveik 7 kartus daugiau kalio, 1.8 karto – natrio, 2.1 karto – chloridų, 2 kartus – kalcio, 2.5 karto daugiau magnio, nors polajinių kritulių kiekis buvo

mažesnis nei atviroje vietoje. Nustatyta, kad azoto iškrito 2.3 karto mažiau į miško paklotę nei atviroje vietoje.



21 pav. Pagrindinių cheminių priemaišų vidutinės koncentracijos, svertinės pagal kritulių kiekį, po laja ir atviroje vietoje Aukštaitijos IMS (LT01)



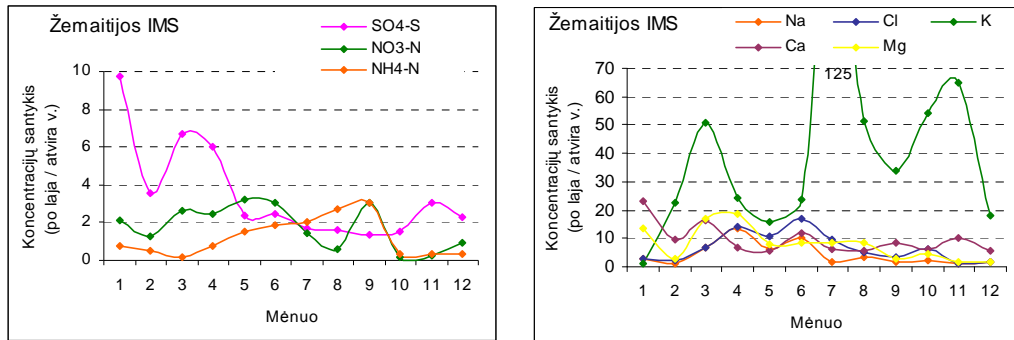
22 pav. Pagrindinių cheminių priemaišų srautai po laja ir atviroje vietoje Aukštaitijos IMS (LT01)

4 lentelė. pH ir pagrindinių cheminių priemaišų vidutinės (svertinės pagal kritulių kiekį) koncentracijos (mg/l) krituliuose po laja ir atviroje vietoje Aukštaitijos IMS (LT01)

<i>Po medžių laja</i>									
Metai, mėnuo	pH	SO4-S	NO3-N	NH4-N	Cl	Na	K	Ca	Mg
2011.01	4.66	0.60	0.39	0.23	0.43	0.52	0.77	0.35	0.23
2011.02	4.59	0.82	0.58	0.38	2.52	1.12	0.99	0.65	0.35
2011.03	4.60	1.56	1.54	0.89	2.57	1.52	2.71	1.45	0.85
2011.04	4.69	0.63	0.66	0.30	1.57	1.33	1.68	1.05	0.42
2011.05	5.33	0.37	0.33	0.14	0.75	0.34	2.24	0.72	0.38
2011.06	5.94	0.17	0.01	0.01	0.44	0.18	1.99	0.23	0.19
2011.07	5.43	0.45	0.06	0.06	0.41	0.11	1.31	0.51	0.22
2011.08	5.33	0.24	0.06	0.06	0.31	0.07	0.93	0.41	0.18
2011.09	5.80	0.34	0.07	0.05	0.97	0.39	2.14	3.26	0.44
2011.10	5.59	0.36	0.33	0.10	2.66	1.28	4.59	1.15	0.78
2011.11	4.69	0.98	0.53	0.26	3.75	1.67	4.64	1.19	0.93
2011.12	4.75	0.63	0.51	0.29	2.03	1.11	1.50	0.58	0.31
vidutinė	5.07	0.43	0.25	0.14	0.96	0.48	1.76	0.76	0.32
<i>Atvira vieta</i>									
Metai, mėnuo	pH	SO4-S	NO3-N	NH4-N	Cl	Na	K	Ca	Mg
2011.01	4.76	0.29	0.38	0.31	0.20	0.21	0.33	0.10	0.04
2011.02	4.82	0.25	0.41	0.46	1.10	0.68	0.11	0.11	0.10
2011.03	5.21	0.64	0.82	1.20	0.71	0.44	0.22	0.41	0.14
2011.04	6.37	0.20	0.42	0.71	0.29	0.25	0.17	0.19	0.05
2011.05	6.06	0.44	0.37	0.68	0.25	0.14	0.38	0.41	0.13
2011.06	6.30	0.22	0.19	0.25	0.19	0.08	0.21	0.34	0.12
2011.07	5.60	0.39	0.16	0.27	0.19	0.04	0.28	0.34	0.11
2011.08	6.46	0.29	0.20	0.28	0.17	0.06	0.11	0.33	0.09
2011.09	6.14	0.34	0.24	0.20	0.45	0.26	0.14	0.50	0.15
2011.10	5.50	0.33	0.49	0.38	0.82	0.50	0.27	0.42	0.14
2011.11	6.20	0.46	0.59	0.71	0.74	0.53	0.15	0.26	0.11
2011.12	4.98	0.43	0.52	0.46	0.65	0.37	0.17	0.24	0.09
vidutinė	5.37	0.34	0.33	0.42	0.38	0.22	0.22	0.31	0.11

5 lentelė. Kritulių kiekio ir pagrindinių cheminių priemaišų srautai (mg/m²) po laja ir atviroje vietoje Aukštaitijos IMS (LT01)

<i>Po medžių laja</i>									
Metai, mėnuo	Krituliai, mm/mėn	SO ₄ -S	NO ₃ -N	NH ₄ -N	Cl	Na	K	Ca	Mg
2011.01	52.68	31.35	20.30	12.36	22.85	27.26	40.56	18.22	11.91
2011.02	23.47	19.29	13.62	9.03	59.11	26.37	23.25	15.17	8.20
2011.03	12.36	19.30	19.10	11.02	31.81	18.77	33.52	17.98	10.49
2011.04	15.03	9.53	9.87	4.49	23.58	20.00	25.29	15.74	6.30
2011.05	67.22	24.78	22.31	9.36	50.69	22.81	150.71	48.59	25.71
2011.06	110.33	19.12	1.22	1.15	48.70	19.46	220.08	25.88	20.96
2011.07	55.15	24.75	3.09	3.34	22.85	6.20	72.42	28.22	12.15
2011.08	87.72	20.62	4.93	5.47	27.56	6.36	81.39	35.87	15.43
2011.09	44.29	15.16	3.31	2.35	43.12	17.25	94.73	144.49	19.36
2011.10	14.49	5.19	4.80	1.40	38.53	18.50	66.50	16.66	11.25
2011.11	18.16	17.74	9.68	4.74	68.00	30.35	84.20	21.55	16.82
2011.12	40.84	25.76	21.02	11.87	83.01	45.15	61.26	23.50	12.66
Metinis	541.7	232.6	133.2	76.6	519.8	258.5	953.9	411.9	171.2
<i>Atvira vieta</i>									
Metai, mėnuo	Krituliai, mm/mėn	SO ₄ -S	NO ₃ -N	NH ₄ -N	Cl	Na	K	Ca	Mg
2011.01	53.98	15.65	20.51	16.73	10.80	11.34	17.81	5.18	2.11
2011.02	36.85	9.21	15.11	16.95	40.54	25.06	4.05	4.05	3.50
2011.03	23.48	15.03	19.25	28.17	16.67	10.33	5.17	9.63	3.29
2011.04	24.55	4.91	10.31	17.43	7.12	6.14	4.17	4.66	1.30
2011.05	89.67	39.45	33.18	60.97	22.42	12.55	34.07	36.76	11.66
2011.06	109.61	24.12	20.83	27.40	20.83	8.77	23.02	37.27	13.15
2011.07	76.32	29.77	12.21	20.61	14.50	3.36	21.37	25.95	8.40
2011.08	77.01	22.33	15.40	21.56	13.09	4.24	8.47	25.41	6.85
2011.09	49.30	16.76	11.83	9.86	22.18	12.82	6.90	24.65	7.39
2011.10	21.87	7.22	10.71	8.31	17.93	10.93	5.90	9.18	3.06
2011.11	28.20	12.97	16.64	20.02	20.87	14.95	4.23	7.33	3.10
2011.12	58.89	25.32	30.63	27.09	38.28	21.79	10.01	14.13	5.36
Metinis	649.7	222.7	216.6	275.1	245.2	142.3	145.2	204.2	69.2



23 pav. Pagrindinių cheminių priemaišų koncentracijų santykio (po laja/atvira vieta) sezoninė kaita Žemaitijos IMS (LT03)

Pagrindinių cheminių priemaišų krituliuose po laja ir atviroje vietoje koncentracijų sezoninė kaita Žemaitijos IMS (LT03) pateikta 23 pav. Nagrinėjant sulfatų koncentracijos metinę kaitą matyti, kad sulfatų koncentracija buvo 10, 7 ir 6 kartus didesnė krituliuose po laja nei atviroje vietoje sausio, kovo ir balandžio mėn. Per likusius mėnesius šis santykis kito nuo 1.4 iki 3. Tai rodo, kad polajiniai krituliai praturtinami sulfatais dėl sausai nusėdusių ant lajos sieros junginių (SO_2 ir aerolinio SO_4^{2-}) nuplovimo. Nitratų koncentracijų krituliuose kaitoje matyti, kad, išskyrus rugpjūčio, spalio – gruodžio mėn., NO_3^- koncentracija krituliuose po miško laja buvo 1.1 – 6 kartus mažesnė nei krituliuose atviroje vietoje, o per kitus mėnesius NO_3^- koncentracija krituliuose po miško laja buvo 1.3 – 3 kartus didesnė nei atviroje vietoje. Ši nitratų koncentracijų metinė kaita gali būti siejama su nitratų nuplovimu nuo lajos arba išplovimu iš jos (kai koncentracija krituliuose po laja matuojama didesnė nei atviroje vietoje) ir su nitratinio azoto absorbcija laja (kai koncentracija krituliuose po laja matuojama mažesnė nei atviroje vietoje). Amonio koncentracijų kaita rodo, kad išskyrus gegužės – rugsėjo mėn., koncentracija krituliuose po laja buvo 1.2 – 5 kartus mažesnė nei krituliuose atviroje vietoje. Tai rodo, kad laja absorbavo amonio azotą iš atmosferos kritulių. Stebimos kelis kart didesnės K^+ , Na^+ , Cl^- ir Mg^{2+} koncentracijos krituliuose po laja nei atviroje vietoje: K^+ koncentracijų santykis po laja/atvira vieta kito nuo 1.1 iki 125, Cl^- – nuo 1.4 iki 17.2 ir Mg^{2+} – nuo 1.8 iki 18.8. Toks žymus šių komponentų koncentracijų padidėjimas polajiniuose krituliuose gali būti siejamas su šių elementų išplovimu iš lajos, o taip pat ir nuplovimu nuo lajos.

6 lentelė. pH ir pagrindinių cheminių priemaišų vidutinės (svertinės pagal kritulių kieki) koncentracijos (mg/l) krituliuose po laja ir atviroje vietoje Žemaitijos IMS (LT03)

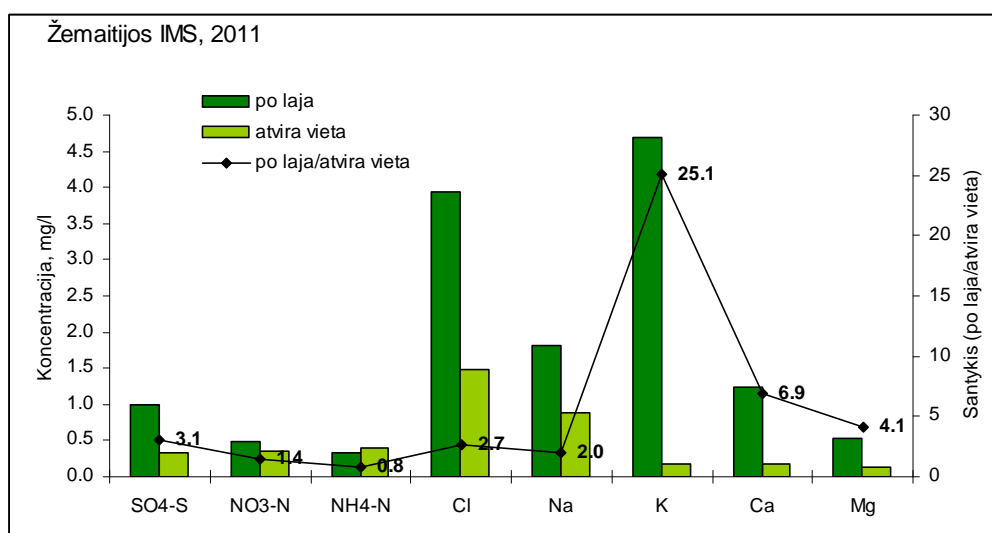
<i>Po medžių laja</i>									
Metai, mėnuo	pH	SO4-S	NO3-N	NH4-N	Cl	Na	K	Ca	Mg
2011.01	4.93	2.54	1.02	0.30	1.36	1.44	0.31	1.71	0.69
2011.02	5.04	1.17	0.76	0.36	5.16	2.53	3.39	1.41	0.67
2011.03	4.68	4.64	2.92	0.37	11.27	6.47	11.17	4.52	3.07
2011.04	5.12	1.74	1.67	0.95	4.30	2.89	5.12	2.63	1.09
2011.05	6.38	1.04	1.70	1.96	4.09	1.74	11.50	3.63	1.31
2011.06	6.25	0.73	0.75	0.93	4.63	1.22	10.82	2.00	0.78
2011.07	5.99	0.56	0.33	0.54	1.77	0.60	6.11	1.36	0.49
2011.08	6.05	0.43	0.09	0.38	1.46	0.48	3.87	0.87	0.33
2011.09	5.62	0.32	0.42	0.42	3.19	1.06	6.79	1.52	0.29
2011.10	5.78	0.46	0.08	0.13	8.43	1.91	9.25	1.30	0.50
2011.11	5.41	1.75	0.12	0.12	9.35	3.49	9.76	1.40	0.70
2011.12	5.25	0.66	0.28	0.07	3.51	2.01	2.35	0.52	0.28
vidutinė	5.30	0.99	0.49	0.33	3.94	1.82	4.68	1.23	0.52
<i>Atvira vieta</i>									
Metai, mėnuo	pH	SO4-S	NO3-N	NH4-N	Cl	Na	K	Ca	Mg
2011.01	4.61	0.26	0.49	0.40	0.53	0.47	0.28	0.07	0.05
2011.02	4.94	0.33	0.60	0.73	2.60	1.80	0.15	0.15	0.22
2011.03	5.80	0.69	1.10	1.80	1.60	0.98	0.22	0.28	0.18
2011.04	6.06	0.29	0.67	1.20	0.31	0.21	0.21	0.38	0.06
2011.05	6.36	0.44	0.53	1.30	0.39	0.27	0.73	0.64	0.17
2011.06	6.30	0.30	0.25	0.50	0.27	0.12	0.46	0.17	0.09
2011.07	5.60	0.33	0.23	0.27	0.18	0.31	0.05	0.22	0.06
2011.08	4.99	0.26	0.15	0.14	0.30	0.15	0.08	0.16	0.04
2011.09	5.06	0.23	0.14	0.14	0.92	0.58	0.20	0.18	0.11
2011.10	4.90	0.31	0.50	0.44	1.40	0.88	0.17	0.21	0.11
2011.11	4.70	0.58	0.42	0.33	6.70	3.90	0.15	0.14	0.38
2011.12	4.87	0.29	0.30	0.24	2.00	1.10	0.13	0.10	0.15
vidutinė	4.98	0.32	0.35	0.41	1.48	0.89	0.19	0.18	0.13

7 lentelė. Kritulių kiekio ir pagrindinių cheminių priemaišų srautai (mg/m²) po laja ir atviroje vietoje Žemaitijos IMS (LT03)

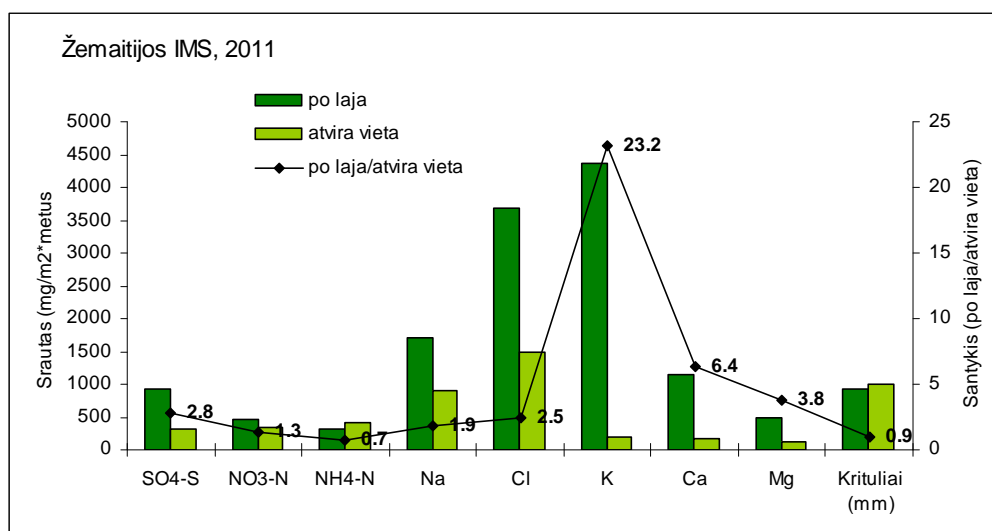
<i>Po medžių laja</i>									
Metai, mėnuo	Krituliai, mm/mėn	SO4-S	NO3-N	NH4-N	Cl	Na	K	Ca	Mg
2011.01	88.2	223.9	89.7	26.2	120.2	127.3	27.0	150.6	61.0
2011.02	58.2	68.3	44.0	20.7	300.1	147.5	197.5	82.2	39.0
2011.03	15.5	71.7	45.1	5.7	174.2	100.0	172.6	69.9	47.5
2011.04	24.7	43.0	41.1	23.5	106.1	71.4	126.3	64.8	27.0
2011.05	29.6	30.9	50.5	57.9	121.1	51.5	340.3	107.6	38.8
2011.06	33.4	24.3	25.2	30.9	154.5	40.8	360.8	66.6	26.0
2011.07	55.7	31.1	18.5	30.2	98.4	33.6	340.3	75.5	27.5
2011.08	109.3	46.6	9.3	41.5	159.1	52.4	422.9	95.6	35.9
2011.09	69.6	22.0	29.4	29.4	221.8	73.5	472.7	105.4	20.3
2011.10	51.7	24.0	4.0	6.8	435.6	98.7	478.1	67.1	25.9
2011.11	67.3	117.6	8.2	8.2	629.6	234.9	657.1	94.4	46.8
2011.12	331.4	219.6	91.2	23.9	1165.0	666.5	780.3	173.9	92.5
Metinis	934.5	922.9	456.3	305.0	3685.6	1698.0	4375.9	1153.7	488.1
<i>Atvira vieta</i>									
Metai, mėnuo	Krituliai, mm/mėn	SO4-S	NO3-N	NH4-N	Cl	Na	K	Ca	Mg
2011.01	52.9	13.8	25.9	21.2	28.0	24.9	14.8	3.9	2.6
2011.02	49.4	16.3	29.6	36.1	128.4	88.9	7.4	7.4	10.9
2011.03	28.3	19.5	31.1	50.9	45.3	27.7	6.2	7.9	5.1
2011.04	30.3	8.8	20.3	36.4	9.4	6.4	6.4	11.5	1.8
2011.05	44.6	19.6	23.6	58.0	17.4	12.0	32.6	28.5	7.6
2011.06	59.6	17.9	14.9	29.8	16.1	7.2	27.4	10.1	5.5
2011.07	90.8	30.0	20.9	24.5	16.3	28.1	4.4	20.0	5.2
2011.08	130.3	33.9	19.5	18.2	39.1	19.5	9.8	20.8	5.2
2011.09	102.4	23.6	14.3	14.3	94.2	59.4	20.5	18.4	11.3
2011.10	78.0	24.2	39.0	34.3	109.2	68.6	13.3	16.4	8.6
2011.11	64.5	37.4	27.1	21.3	432.2	251.6	9.7	9.0	24.5
2011.12	278.3	80.7	83.5	66.8	556.6	306.1	36.2	26.4	41.7
Metinis	1009.4	325.6	349.9	411.8	1492.2	900.5	188.6	180.5	130.0

6 ir 7 lentelėse pateikiami duomenys apie cheminių priemaišų koncentracijų krituliuose, rinktuose po laja ir atviroje vietoje, ir srautų kaitą 2011 m. Žemaitijos IMS (LT03). Rūgščiausi krituliai ($\text{pH} < 5.0$) po laja buvo per sausio ir kovo mėn., o atviroje vietoje – per sausio – vasario, rugpjūčio ir lapkričio – gruodžio mėn. Per likusius metų mėnesius pH vertės krituliuose po laja kito nuo 5.04 iki 6.38, o atviroje vietoje – nuo 5.06 iki 6.36. Įvertinus kritulių kiekį, metinės pH vertės: po laja – 5.30 ir atviroje vietoje – 4.98. Analizuojant sulfatų koncentracijų ir iškritų metinę kaitą matyti, kad didžiausia $\text{SO}_4\text{-S}$ koncentracija krituliuose po laja buvo 4.64 mgS/l (kovo mėn.). Per likusius mėnesius kito nuo 0.32 mgS/l (rugsėjo mėn.) iki 2.54 mgS/l (sausio mėn.). Didžiausias sieros kiekis 223.9 mgS/m² į miško paklotę po laja pateko sausio mėn., o atviroje vietoje, dėl gausių kritulių gruodžio mėn. – 80.7 mgS/m².

Pagrindinių cheminių priemaišų, išskyrus NH_4^+ , metinės koncentracijos (24 pav.) po laja rinktuose krituliuose buvo kelis kartus didesnės nei krituliuose atviroje vietoje. NH_4^+ koncentracija polajiniuose krituliuose tik nedaug mažesnė nei krituliuose atviroje vietoje. NO_3^- koncentracija krituliuose po laja gauta 1.4 karto didesnė nei krituliuose atviroje vietoje, SO_4^{2-} koncentracija krituliuose po laja 3.1 kartus viršijo koncentraciją krituliuose atviroje vietoje. Kelis kartus didesnės Na^+ , Cl^- , Ca^{2+} ir Mg^{2+} koncentracijos krituliuose po laja nei atviroje vietoje. K^+ koncentracijų santykis po laja/atvira vieta yra didžiausias – 25.1.



24 pav. Pagrindinių cheminių priemaišų vidutinės koncentracijos, svertinės pagal kritulių kiekį, po laja ir atviroje vietoje Žemaitijos IMS (LT03)



25 pav. Pagrindinių cheminių priemaišų srautai po laja ir atviroje vietoje Žemaitijos IMS (LT03)

Duomenys, pateikti 25 pav., rodo, kad Žemaitijos IMS 2011 m. polajinių kritulių metinis kiekis 10% mažesnis nei atviroje vietoje: po laja iškrito 934.5 mm, o atviroje vietoje – 1009.4 mm. Nustatyta, kad į miško paklotę Žemaitijoje (LT03) iškrito 2.8 karto daugiau sulfatinės sieros, 1.9 karto – natrio, 2.5 karto – chloridų, 6.4 karto – kalcio, 3.8 karto – magnio ir 23.2 karto daugiau kalio nei atviroje vietoje. Dėl amonio azoto absorbcijos laja, metinis amonio srautas į miško paklotę gautas 30 % mažesnis nei atviroje vietoje. Nitratinio azoto srautas į miško paklotę buvo 1.3 karto didesnis nei atviroje vietoje. Visumoje, 2011 m. į miško paklotę pateko 761.2 mgN/m², t.y., tiek pat kaip ir su krituliais atviroje vietoje (761.7 mgN/m²).

8 lentelė. pH ir pagrindinių cheminių priemaišų 2011 m. vidutinės koncentracijos, svartinės pagal kritulių kiekį, po laja ir atviroje vietoje IM stotyse

Komponentė	<i>Po laja</i>		<i>Atvira vieta</i>	
	Aukštaitijos IMS	Žemaitijos IMS	Aukštaitijos IMS	Žemaitijos IMS
pH	5.07	5.30	5.37	4.98
SO ₄ ²⁻ , mgS/l	0.43	0.99	0.34	0.32
NO ₃ ⁻ , mgN/l	0.25	0.49	0.33	0.35
NH ₄ ⁺ , mgN/l	0.14	0.33	0.42	0.41
Cl ⁻ , mg/l	0.96	3.94	0.38	1.48
Na ⁺ , mg/l	0.48	1.82	0.22	0.89
K ⁺ , mg/l	1.76	4.68	0.22	0.19
Ca ²⁺ , mg/l	0.76	1.23	0.31	0.18
Mg ²⁺ , mg/l	0.32	0.52	0.11	0.13

Iš apibendrintų 8 lentelėje duomenų matyti, kad Žemaitijoje visų pagrindinių cheminių priemaišų koncentracijos polajiniuose krituliuose yra didesnės nei Aukštaitijoje, o atviroje vietoje rinktuose krituliuose koncentracijos yra gan panašios, išskyrus NH_4^+ , Cl^- ir Na^+ .

9 lentelė. Kritulių kiekis ir pagrindinių cheminių priemaišų metiniai srautai su krituliais po laja ir atviroje vietoje IM stotyse, 2011 m.

Komponentė	<i>Po laja</i>		<i>Atvira vieta</i>	
	Aukštaitijos IMS	Žemaitijos IMS	Aukštaitijos IMS	Žemaitijos IMS
Krituliai, mm	541.7	934.5	649.7	1009.4
H^+ , meq/m ²	4627.3	4654.3	2741.9	10462.7
SO_4^{2-} , mgS/m ²	232.6	922.9	222.7	325.6
NO_3^- , mgN/m ²	133.2	456.3	216.6	349.9
NH_4^+ , mgN/m ²	76.6	305.0	275.1	411.8
Cl^- , mg/m ²	519.8	3685.6	245.2	1492.2
Na^+ , mg/m ²	258.5	1698.0	142.3	900.5
K^+ , mg/m ²	953.9	4375.9	145.2	188.6
Ca^{2+} , mg/m ²	411.9	1153.7	204.2	180.5
Mg^{2+} , mg/m ²	171.2	488.1	69.2	130.0

Nagrinėjant pagrindinių cheminių priemaišų srautus abiejose stotyse (9 lentelė) matyti, kad priemaišų kiekiai 2011 m. iškritose į miško paklotę yra netolygūs kritulių kiekiui. Pateikti duomenys rodo, kad, esant 40% didesniai kritulių metiniam kiekiui Žemaitijos IMS nei Aukštaitijos IMS, į polajį Žemaitijoje pateko 4 kartus daugiau sieros ir amonio azoto, 3.4 karto daugiau nitratinio azoto, 7.1 – chloridų, 6.6 – natrio, 4.6 – kalio, 2.8 – 2.9 karto daugiau kalcio ir magnio. Šie skirtumai tarp stočių gali būti dėl lajos skirtingos struktūros: Aukštaitijoje vyrauja pušynai, o Žemaitijoje – eglynai.

IŠVADOS

Vertinant 2011 m. pagrindinių cheminių priemaišų koncentracijų polajiniuose krituliuose IM stotyse tyrimo duomenis, daromos tokios išvados:

- Atmosferiniams krituliams krentant per medžių lają, cheminių priemaišų, išskyrus azoto junginius, koncentracijos ir jų kiekiai iškritose į polajį yra didesni nei atviroje vietoje.
- Sulfatų koncentracijos padidėjimas polajiniuose krituliuose gali būti siejamas su sieros junginių (sulfatų ir sieros dvideginio) nuplovimu nuo lajos.

- Azoto junginių koncentracijų pokyčiai polajiniuose krituliuose gali būti siejami su jų išplovimu iš lajos, nuplovimu nuo lajos, o taip pat ir dėl azoto junginių absorbcijos laja.
- Didžiausias koncentracijų ir srautų padidėjimas abiejose IM stotyse rastas kaliui. Tai rodo šio elemento išplovimą iš lajos.
- Žemaitijos IMS visų pagrindinių cheminių priemaišų koncentracijos polajiniuose krituliuose yra didesnės nei Aukštaitijos IMS, o atviroje vietoje rinktuose krituliuose koncentracijos yra gan panašios, išskyrus, NH_4^+ , Cl^- ir Na^+ .
- Pagrindinių cheminių priemaišų srautai į miško paklotę abiejose IM stotyse 2011 m. yra netolygūs kritulių kiekiui; esant 40% didesnam kritulių metiniam kiekiui Žemaitijos IMS nei Aukštaitijos IMS, į polajį Žemaitijoje pateko 4 kartus daugiau sieros ir amonio azoto, 3.4 karto daugiau nitratinio azoto, 7.1 – chloridų, 6.6 – natrio, 4.6 – kalio, 2.8 – 2.9 karto daugiau kalcio ir magnio. Šie skirtumai tarp stočių gali būti dėl lajos skirtingos struktūros: Aukštaitijoje vyrauja pušynai, o Žemaitijoje – eglėnai.

3. PAŽEMINIO OZONO TYRIMAI PAGAL EMEP PROGRAMĄ

SANTRAUKA

Ataskaitoje pateikta ozono koncentracijos atmosferos pažemio sluoksnyje kaitos ir kitimo tendencijos EMEP stotyje Preiloje 2011 metais analizė.

Vidutinė metinė ozono koncentracija 2011 metais EMEP stotyje Preiloje buvo $58 \mu\text{g}/\text{m}^3$, didžiausia ozono koncentracija ($140 \mu\text{g}/\text{m}^3$) buvo išmatuota balandžio 30 dieną, kurios kilmė yra sietina su užteršto oro masių pernaša iš Lenkijos bei galimu intensyvesniu vietiniu fotocheminiu susidarymu dėl palankių meteorologinių sąlygų.

Apskaičiuotos AOT40 vertės augmenijos apsaugai Preilos stotyje neviršijo 2008/50/EB direktyvos VII priede pateiktos siektinos 5 metų vidutinės vertės, ilgalaikis tikslas - $6000 \mu\text{g}/\text{m}^3 \times \text{h}$ per 2007-2011 metus nebuvo pasiektas.

Per 2011 metus gyventojų informavimo ($180 \mu\text{g}/\text{m}^3$) slenkstis nebuvo viršytas; pavojaus ($240 \mu\text{g}/\text{m}^3$) slenkstis nebuvo pasiektas. Siektina žmonių sveikatos apsaugai vertė, t.y., kad didžiausias paros 8 valandų vidurkis $120 \mu\text{g}/\text{m}^3$ nebūtų viršijamas daugiau nei 25 paras per kalendorinius metus, imant trejų metų vidurkį, stotyje nebuvo viršytas.

Per pastaruosius 5 metus nenustatytas didžiausios (pikinės) ozono koncentracijos reikšmingas padidėjimas arba sumažėjimas, ji išliko tame pačiame lygyje, t.y. neviršijo $180 \mu\text{g}/\text{m}^3$. Tai gali būti sietina su mažai pakitusiomis ozono pirmtakų emisijomis kaimyninėse šalyse.

Vertinant ozono koncentracijos pokyčius Preiloje ir kitose Europos regionuose per 2007-2011 metus staigių pikinių koncentracijų padidėjimų neturėtų būti per ateinančius artimiausius metus, nes visose šalyse yra stengiamasi sumažinti ozono pirmtakų emisijas, kurios ir yra labiausiai siejamos su didelių ozono koncentracijų susidarymu.

IVADAS

Ozonas yra stiprus fotocheminis oksidatorius, kuris gali sukelti rimtus žmogaus sveikatos sutrikimus ir pažeisti žemės ūkio kultūras bei įvairias medžiagas. Tokios ozono koncentracijos yra stebimos visoje Europoje. Troposferoje yra tik apie 10 % viso atmosferos ozono kiekio, tačiau jis vaidina didžiulį vaidmenį ne tik augmenijos, bet ir gyvūnijos bei žmonių gyvenime. Neigiamus efektus ozonas sukelia dėl savo ypatingo cheminio aktyvumo. Šiandien ozono koncentracija oro masėse virš jūros, kurios pasiekia Europą iš vakarų, yra 60-70 $\mu\text{g}/\text{m}^3$. Fotocheminiai vyksmai virš vakarų ir centrinės Europos padidina šį lygį 30-40 % vasarą ir sumažina apie 10 % žiemos metu. Europoje labai didelės - virš 200 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ - ozono koncentracijos pastebimos fotocheminių epizodų metu. Per paskutiniuosius 20 praėjusio šimtmečio metus ozono koncentracija didėjo Šiaurės pusrutulio vidutinių platumų troposferoje 1-3 % per metus. Tačiau po 2000 metų situacija daugelyje Europos šalių pasikeitė, vidutinė metinė ozono koncentracija nustojo didėjusi arba net pradėjo mažėti [1]. Pastebimai sumažėjo didžiausios ozono koncentracijos dydis, tačiau padidėjo mažesnių koncentracijų lygis, t.y., sumažėjo ozono sezoninė amplitudė. Tai yra siejama su pagrindinių išmestų į atmosferą ozono pirmtakų kiekio sumažėjimu daugelyje Vakarų Europos šalių.

Ozonas troposferoje yra taip pat labai svarbus daugelyje atmosferos vyksmų: oksidacijoje, aplinkos rūgštėjime, "šiltnamio" efekte, antrinių kietųjų dalelių susidaryme ir panašiai. Ozonas yra natūraliai egzistuojanti atmosferos priemaiša ir turi du pagrindinius šaltinius. Pirmasis yra natūralus - stratosfera, kurio indėlis į ozono kiekį troposferoje metai iš metų mažai kinta ir yra glaudžiai susijęs su atmosferos dinamika. Ozono srautas iš stratosferos į troposferą yra apie 10^{10} - 10^{11} $\text{cm}^{-2}\text{s}^{-1}$. Antrasis antropogeninis fotocheminis šaltinis yra pačioje troposferoje, kuris labai kinta priklausomai nuo ozono pirmtakų (pagrindiniai yra lakūs organiniai junginiai ir azoto oksidai) koncentracijos lygio, saulės ultravioletinės spinduliuotės intensyvumo, sinoptinės situacijos, oro masių pernašos bei vietinių meteorologinių sąlygų. Todėl bendra ozono koncentracija atmosferos pažemio sluoksnyje metai iš metų labai kinta. Fotocheminis ozono susidarymas troposferoje tampa didele problema, kadangi jis gali padidinti ozono koncentraciją keletą kartų. Tokiu būdu ozono lygis gali pasiekti jau pavojingą ribą. Didelė ozono koncentracija atmosferoje ardo daugelį medžiagų bei yra žalinga augmenijai,

gyvūnų ir žmogaus sveikatai, tačiau maža ozono koncentracija ore pasižymi dezinfekuojančiomis savybėmis.

Atmosferos ozono monitoringas yra neatsiejama dalis daugumos tarptautinių programų, susijusių su bendru atmosferos monitoringu, pvz., EMEP, Pasaulinės Meteorologų Organizacijos (WMO) programa GAW ir kt. Jeigu monitoringe daugumos atmosferos teršalų fiksuojama paros vidutinė koncentracija, tai ozono koncentracija matuojama nenutrūkstamai, vėliau ją vidurkinant pagal reikalavimus, pvz., 30 minučių ar vienos valandos vidurkis ir panašiai.

Šiais metais ozono koncentracijos aplinkos ore normas Lietuvoje reglamentavo Europos parlamento ir Tarybos direktyva 2008/50/EB dėl aplinkos oro kokybės ir švaresnio oro Europoje direktyva [2], bei Lietuvos Respublikos aplinkos ministro ir Lietuvos Respublikos sveikatos apsaugos ministro 2010 m. liepos 7 d. įsakymo Nr. D1-585/V-611 [3] ir Lietuvos Respublikos aplinkos ministro 2010 04 06 įsakymas Nr D1-279 [4].

2008/50/EB direktyvos tikslas:

a) nustatyti Bendrijoje ilgalaikius tikslus, siektinas vertes, pavojaus ir informavimo slenksčius, susijusius su ozono koncentracija aplinkos ore, kurie skirti išvengti, užkirsti kelią arba sumažinti žalingą poveikį žmonių sveikatai ir aplinkai kaip visumai;

b) užtikrinti, kad aplinkos ore esančio ozono koncentracijai ir atitinkamai ozono pirmtakams (azoto oksidams ir lakiesiems organiniams junginiams) vertinti valstybėse narėse būtų taikomi bendri metodai ir kriterijai;

c) užtikrinti, kad būtų gaunama pakankamai informacijos apie ozono lygius aplinkoje ir kad ji būtų prieinama visuomenei;

d) užtikrinti, kad aplinkos oro kokybė ozono atžvilgiu būtų išlaikoma, jeigu ji yra gera, o kitais atvejais – ji būtų gerinama;

e) skatinti didesnę bendradarbiavimą tarp valstybių narių ozono lygių mažinimo srityje, panaudoti tarpvalstybinių priemonių galimybes ir susitarimus dėl tokių priemonių.

Direktyvoje nurodytos siektinos ozono koncentracijos ir AOT40 vertės aplinkos ore 2010 metams (1 lentelė) bei ilgalaikiai tikslai (2 lentelė). Ilgalaikiai tikslai turi būti keičiami, atskaitos tašku imant 2020 m. bei atsižvelgiant į pažangą, padarytą siekiant sumažinti nacionalinius išmetamųjų teršalų kiekius. AOT 40 (išreikštas $(\mu\text{g}/\text{m}^3) \times \text{valandų}$) yra skirtumo tarp valandinių koncentracijų, didesnių už $80 \mu\text{g}/\text{m}^3$ (= 40 dalių

vienam milijardui) ir $80 \mu\text{g}/\text{m}^3$ suma per nustatytą laikotarpį, naudojant vienos valandos vertes, matuotas nuo 8:00 iki 20:00 val. Vidurio Europos laiku kiekvieną dieną.

1 lentelė. Siektinos ozono vertės

Tikslas	Parametrai	2010 m. siektina vertė
Žmonių sveikatos apsauga	Didžiausias paros 8 valandų vidurkis	$120 \mu\text{g}/\text{m}^3$ neturi būti viršijama daugiau nei 25 paras per kalendorinius metus, imant trejų metų vidurkį.
Augmenijos apsauga	AOT40, apskaičiuotas pagal 1 valandos vertes nuo gegužės iki liepos mėn.	$18000 \mu\text{g}/\text{m}^3 \times \text{h}$, imant penkerių metų vidurkį

2 lentelė. Ozono ilgalaikiai tikslai

Tikslas	Parametrai	Ilgalaikius tikslus atitinkanti vertė
Žmonių sveikatos apsauga	Didžiausias paros 8 valandų vidurkis per kalendorinius metus	$120 \mu\text{g}/\text{m}^3$
Augmenijos apsauga	AOT40, apskaičiuotas pagal 1 valandos vertes nuo gegužės iki liepos mėn.	$6000 \mu\text{g}/\text{m}^3 \times \text{h}$

Pagal direktyvos reikalavimus privaloma užtikrinti, kad naujausia informacija apie ozono koncentraciją aplinkos ore būtų reguliariai pateikiama visuomenei. Šioje informacijoje nurodomos visos koncentracijos, viršijančios užterštumo lygius, nurodytus ilgalaikiuose sveikatos apsaugos tiksluose, ir pavojaus slenksčius per atitinkamą vidurkinimo laiką (3 lentelė).

3 lentelė. Gyventojų informavimo ir pavojaus slenksčiai

	Parametrai	Vertė
Informavimo slenkstis	1 valandos vidurkis	180 $\mu\text{g}/\text{m}^3$
Pavojaus slenkstis	1 valandos vidurkis*	240 $\mu\text{g}/\text{m}^3$

*slenksčius viršijančios vertės turi būti matuojamos arba numatomos iš eilės tris valandas

Pažemio ozono kritinis lygis žmonių sveikatai nusakomas indikatoriumi AOT 60, kurio vertė yra didesnė nei 120 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ (= 60 dalių vienam milijardui) ir 120 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ pažemio ozono 1 valandos koncentracijų, matuotų metus skirtumų suma. Pagal tarpinius aplinkosaugos tikslus pažemio ozono apkrova, didesnė negu žmonių sveikatai nustatytas kritinis lygis (AOT 60 = 0), 2010 metais palyginti su 1990, turėjo būti sumažinta dviem trečdaliais. Be to, pažemio ozono apkrova bet kuriame 150 km x 150 km plote neturi viršyti absoliučios 5800 $\mu\text{g}/\text{m}^3 \times \text{h}$ (2,9 ppm x h) ribos. Pažemio ozono apkrova, didesnė negu pasėliams ir natūraliai augančiais augmenijai nustatytas (2 lentelė) kritinis lygis AOT 40 = 6000 $\mu\text{g}/\text{m}^3 \times \text{h}$ (3 ppm x h), 2010 metais palyginti su 1990, turėjo būti sumažintas taip pat dviem trečdaliais. Be to, pažemio ozono apkrova bet kuriame 150 km x 150 km plote neturi viršyti absoliučios 20000 $\mu\text{g}/\text{m}^3 \times \text{h}$ (10 ppm x h) ribos.

Ozono koncentracijos atmosferos pažemio sluoksnyje monitoringas leidžia nustatyti ozono lygio pokyčius per ilgą laikotarpį, ozono kitimo tendenciją bei šaltinius, nustatyti kritinius jo lygius bei įvertinti galimą poveikį ekosistemoms.

Pagrindinis darbo tikslas – ozono koncentracijos duomenų, gautų Preilos foninio monitoringo stotyje, įvertinimas, jų apdorojimas ir analizė, didžiausių ozono koncentracijų atsikartojimo dažnio ir šaltinio įvertinimas. Ozono parametrų pokyčių per 2010-2011 metų laikotarpį analizė ir palyginimas su 1993-2010 metų duomenimis. Indikatorių AOT40 ir AOT60 verčių apskaičiavimas ir įvertinimas.

METODIKA

Ozono koncentracija atmosferos pažemio sluoksnyje Lietuvoje pagal EMEP (Oro taršos tolimųjų pernašų Europoje monitoringo ir įvertinimo kooperatyvinė programa) programos reikalavimus [5] matuojama Preilos foninėje stotyje LT15 Neringos nacionaliniame parke. Ozono koncentracija matuojama nenutrūkstamai ultravioletinių spindulių fotometriniu metodu aprašytu LST EN 14625:2005 „Oro kokybė. Standartinis ozono koncentracijos matavimo metodas, taikant ultravioletinę fotometriją“. Matavimams naudojami komerciniai UV absorbcijos ozono analizatoriai.

UV absorbcijos ozono analizatorių veikimas paremtas ozono sugebėjimu absorbuoti 254 nm bangos ultravioletinius spindulius. Spinduliuotės šaltinis prietaise yra gyvsidabrio garų lempa, o detektorius - vakuuminis fotodiodas. Aplinkos ozono koncentracijos matavimas vyksta per du ciklus kas 20 sek. Pirmuoju - oras su ozonu praeina absorbcinę celę ir išmatuojamas šviesos intensyvumas I . Antru etapu - oras, jau išvalytas nuo ozono, patenka į celę ir vėl išmatuojamas šviesos intensyvumas I_0 . Pagal Bero - Lamberto dėsnį išmatuota ozono koncentracija apskaičiuojama

$$[O_3] = \left(-\frac{1}{al} \ln \frac{I}{I_0}\right) \left(\frac{T}{273}\right) \left(\frac{760}{P}\right) \left(\frac{10^6}{L}\right), \quad (1)$$

čia

$[O_3]$ - ozono koncentracija, ppm (1 ppm = 2000 $\mu\text{g}/\text{m}^3$),

a = absorbcijos koeficientas,

l = optinio kelio ilgis, cm

T = pavyzdžio temperatūra, $^{\circ}\text{K}$

P = pavyzdžio slėgis, tor

L = ozono nuostoliai prietaise.

Prietaisų matavimo ribos 0 - 40000 $\mu\text{g}/\text{m}^3$, jutos riba -1 $\mu\text{g}/\text{m}^3$, matavimo trukmė - 20 s. Prietaisai turi analoginį išėjimą.

AOT40 reikšmės apskaičiuojamos pagal formulę:

$$AOT40 = \sum_i^N (C_i - T) \times \delta_i \quad (2)$$

kur $\delta_i = 0$, jeigu ozono koncentracija žemiau ribinės reikšmės T ($80\mu\text{g}/\text{m}^3$) ir $\delta_i=1$, kai viršija T , N yra visų galimų matavimų per nustatyta periodą skaičius. AOT40 vertė

augmenijos apsaugai skaičiuota iš ozono koncentracijos duomenų per gegužę-liepą, o miškų apsaugai per balandį-rugsėį.

Kadangi gauti ozono koncentracijos duomenys nėra pilni, t.y., sudaro mažiau 100 procentų, buvo pritaikyta apskaičiavimas pagal formulę (3), kai duomenų skaičius buvo tarp 90 ir 100 procentų.

$$AOT40 = (AOT40)_0 \times \frac{h}{h_0}, \quad (3)$$

kur $(AOT40)_0$ yra apskaičiuota vertė, h_0 yra realiai matuotų valandų skaičius ir h visų galimų valandų skaičius.

Ozono koncentracijos duomenų analizei naudojama papildoma informacija pateikta Rhenish Institute for Environmental Research at the University of Cologne, European Environment Information and Observation Network, EMEP (European Monitoring and Evaluation Programme) bei National Oceanic and Atmospheric administration (NOAA) Air Resources laboratory (ARL) Real-time Environmental Applications and Display sYstem (READY) internetiniuose puslapiuose.

Ozono analizatorius kas trys mėnesiai buvo kalibruoti pagal Aplinkos apsaugos agentūroje naudojamais Lietuvos aplinkos oro monitoringo tarpinius ozono standartus.

REZULTATAI IR JŲ APTARIMAS

Lietuvoje šiuo metu yra viena monitoringo stotis, kuri veikia pagal EMEP programos reikalavimus – tai Preilos foninio monitoringo stotis. Ozono koncentracija stotyje buvo matuota nenutrūkstamai. Vienok, dėl įvairių priežasčių, pavyzdžiui, elektros energijos sutrikimai, aparatūros gedimai ir kt., dalies duomenų nėra. 4 lentelėje pateikiamas gautų patikimų ozono valandinių duomenų kiekio 2011 metais monitoringo stotyje įvertinimas.

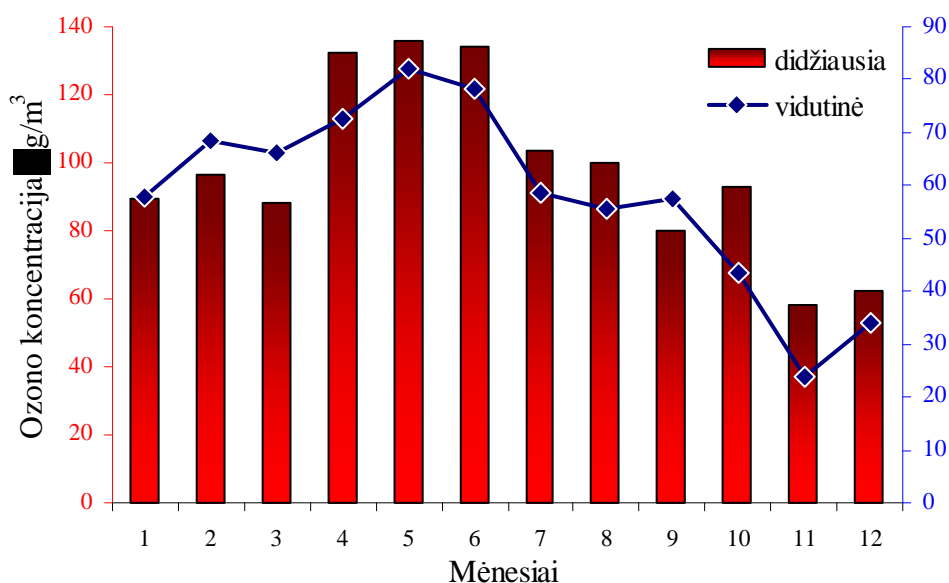
Vienas iš pagrindinių monitoringo reikalavimų yra duomenų patikimumas bei jų visuma. Ozono koncentracijos matavimai turi būti nenutrūkstami, minimalus ozono duomenų kiekis privalo būti nemažesnis kaip 75 % visų galimų žiemą ir 90 % vasarą. Šie reikalavimai 2010 metais buvo išpildyti. Šiais kaip ir ankstesniais metais pagrindinė duomenų nebuvimo priežastis buvo elektros tinklo trikdžiai pajūrio krašte dėl labai stiprių vėjų ir kitų ekstremalių situacijų.

4 lentelė. Ozono koncentracijos patikimų duomenų kiekis (valandų skaičius ir procentai)

Preilos stotyje 2011 metais

Mėnuo	Val. sk.	%
Sausis	742	99,7
Vasaris	672	100
Kovas	740	99,5
Balandis	655	91,0
Gegužė	721	96,9
Birželis	691	96,0
Liepa	738	99,2
Rugpjūtis	697	93,7
Rugsėjis	720	100
Spalis	715	96,1
Lapkritis	720	100
Gruodis	721	96,9

Vidutinių ir didžiausių ozono koncentracijų sezoninė eiga 2011 metais monitoringo stotyje pateikta 2 paveiksle. Vidutinės ozono koncentracijos sezoninė eiga stotyje pasižymi piku balandžio - birželio mėnesiais. Didžiausios ozono valandinės koncentracijos užregistruotos gegužės mėnesį, o vasaros laikotarpiu liepos - rugpjūčio mėnesiais didžiausios valandinės koncentracijos buvo labai panašios ir vos viršijo 100 $\mu\text{g}/\text{m}^3$.

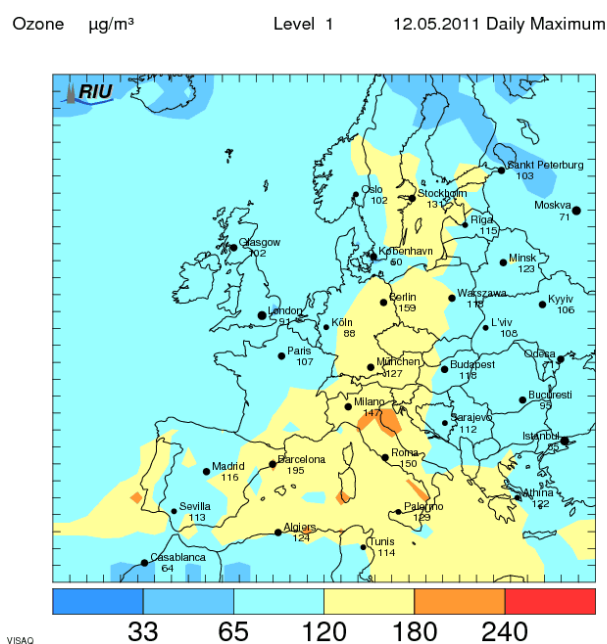


2 pav. Vidutinių ir didžiausių mėnesio ozono koncentracijų sezoninės eigos

Preilos stotyje 2011 metais

2011 metais didelių ozono koncentracijų, t.y. viršijančių gyventojų informavimo slenkstį $180 \mu\text{g}/\text{m}^3$, monitoringo stotyje nebuvo užregistruota. Preliminarūs duomenys rodo, kad analogiška situacija, t.y., ozono koncentracijos nesiekė $180 \mu\text{g}/\text{m}^3$, buvo stebėta ir kaimyninėse šalyse – Latvijoje, Lenkijoje, Švedijoje, Suomijoje, Estijoje ir kt. Šie metai visoje Europoje buvo žemų ozono koncentracijos metai. Ozono koncentracijos didesnės $180 \mu\text{g}/\text{m}^3$ paprastai ir yra stebimos Europos pietiniuose regionuose. Lietuvoje ir kitose šiaurės šalyse tokios koncentracijos neregistruojamos jau daugelį metų .

Didžiausia ozono koncentracija ($135,7 \mu\text{g}/\text{m}^3$) 2011 metais Preilos stotyje buvo išmatuota gegužės 12 dieną. Pagal EURAD modelio prognozę tą dieną ozono koncentracija turėjo būti panašiam lygyje (3 pav.). Apskritai, ozono koncentracijų prognozė tuo metu rodė didelėje Europos tokį ozono lygį, o Lietuvoje tik prie jūros, kur yra Preilos monitoringo stotis.

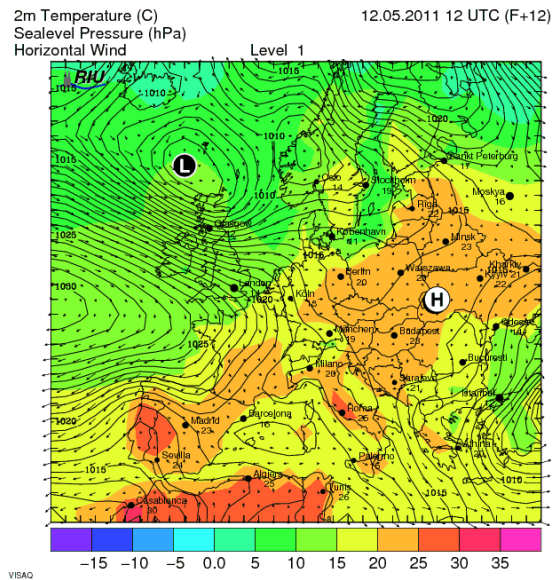


3 pav. Didžiausių valandinių ozono koncentracijų prognozė 2011 m. gegužės 12 d.

Šaltinis: http://www.eurad.uni-koeln.de/index_e.html

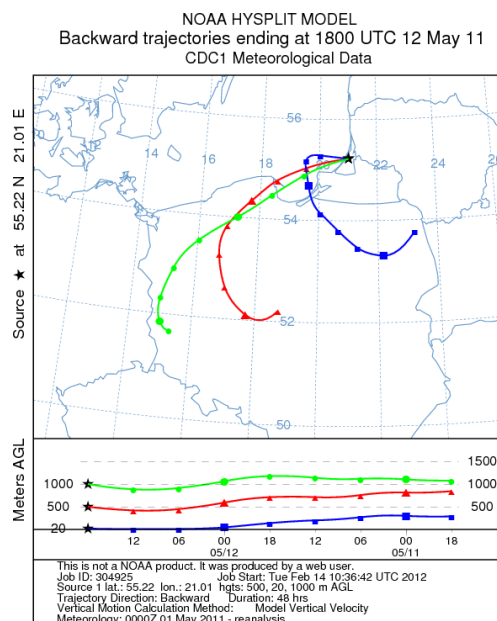
Tai lėmė meteorologinės sąlygos ir sinoptinė situacija. Tuo metu Lietuvoje buvo aukšta oro temperatūra (12 gegužės pasiekė $+24^{\circ}\text{C}$, o naktį buvo apie $+11^{\circ}\text{C}$), t.y., išmatuota buvo labai artima pateikiamai oro temperatūros reikšmei pagal EURAD modelį (4 pav.).

Sinoptinė situacija ir meteorologinės sąlygos buvo palankios ne tik užteršto oro pernašai. Atgalinės oro masių pernašos trajektorijos rodo (5 pav.), kad Lietuvą pasiekė oro masės iš pietvakarių, praeidamos užterštus Lenkijos regionus, kur tuo metu buvo panašios ozono koncentracijos.



4 pav. Sinoptinės situacijos ir meteorologinių parametru prognozė
2011 metų gegužės 12 d.

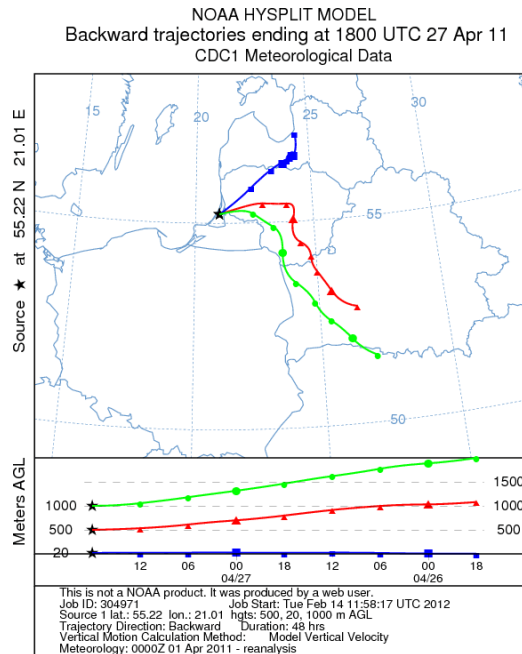
Šaltinis: http://www.eurad.uni-koeln.de/index_e.html.



5 pav. Oro masių pernašos atgalinės trajektorijos, 2011 metų gegužės 12 d.

Šaltinis: http://ready.arl.noaa.gov/HYSPLIT_traj.php

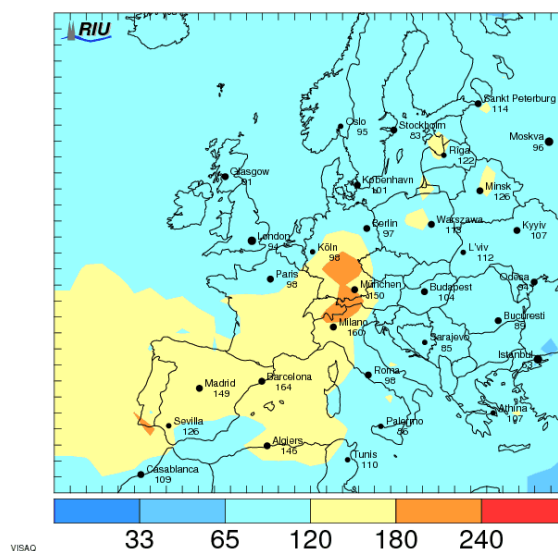
Panašios didžiausios valandinės koncentracijos buvo išmatuotos balandžio 27 ir birželio 01 dieną, ozono koncentracija buvo pasiekusi 132,6 ir 134,1 $\mu\text{g}/\text{m}^3$, atitinkamai. Balandžio 27 dieną Preilos stotį pasiekė oro masės praėjusios Lietuvos teritoriją (6 pav.) Pagal Lietuvos valstybinio oro monitoringo matavimų duomenis tai buvo epizodas ir su padidintomis kietųjų dalelių KD10 ir KD2,5 koncentracijomis [6].



6 pav. Oro masių pernašos atgalinės trajektorijos, 2011 metų balandžio 27 d.

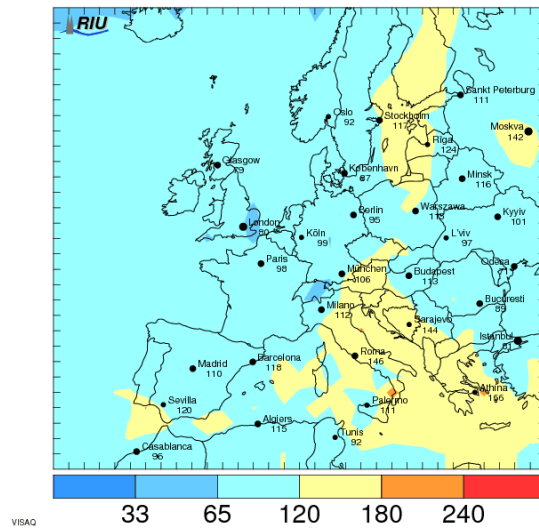
Šaltinis: http://ready.arl.noaa.gov/HYSPLIT_traj.php

Ozone $\mu\text{g}/\text{m}^3$ Level 1 27.04.2011 Daily Maximum



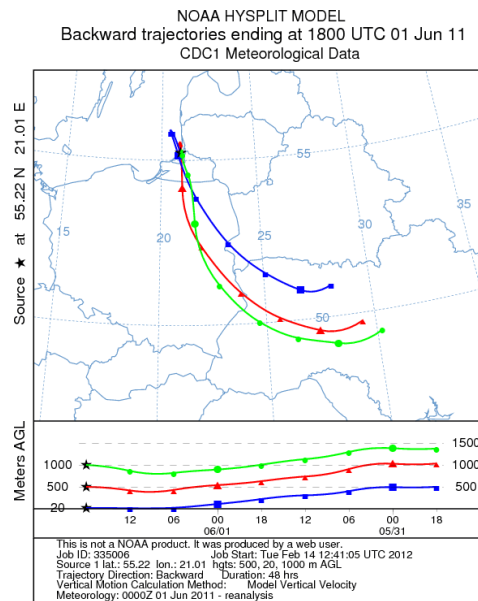
7 pav. Didžiausių ozono koncentracijų prognozė, 2011 metų balandžio 27 d.

Šaltinis: http://www.eurad.uni-koeln.de/index_e.html



8 pav. Didžiausių ozono koncentracijų prognozė 2011 metų birželio 01 d.

Šaltinis: http://www.eurad.uni-koeln.de/index_e.html?/index_home_e.html



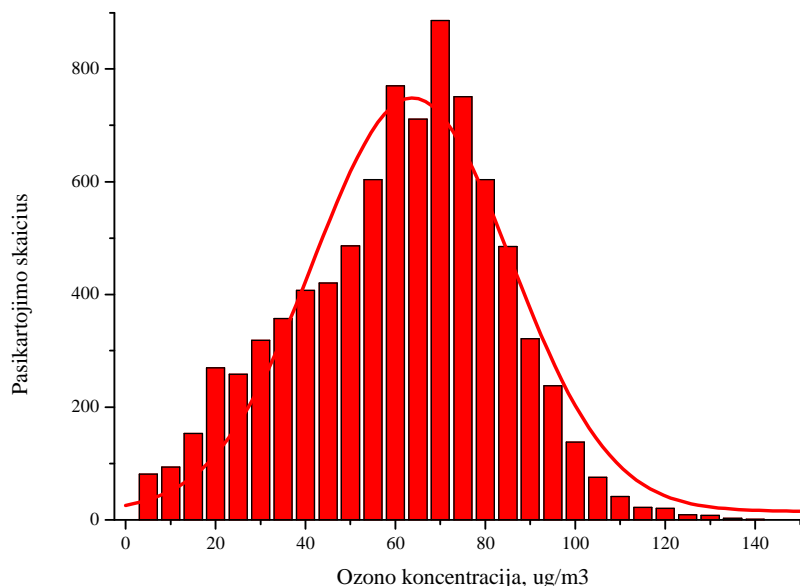
9 pav. Oro masių pernašos atgalinės trajektorijos, 2011 metų birželio 01 d.

Šaltinis: <http://ready.arl.noaa.gov/hysplitout>

Padidintų ozono koncentracijų epizodas buvo stebėtas ir birželio 01 dieną, tačiau koncentracijos nesiekė žmonėms pavojingo lygio (8 pav.). Pasinaudojus oro masių pernašos atgalinių trajektorijų analize (9 pav.), matosi, kad šis padidintas ozono lygis (130

$\mu\text{g}/\text{m}^3$) buvo sąlygotas užteršto oro pernaša iš šiaurės Lenkijos, kurioje buvo labai panašus ozono lygis.

Buvo išanalizuotas visų ozono valandinių duomenų dažninis pasiskirstymas stotyje, kuris gali būti aprašytas Gauso pasiskirstymu (10 pav.).



10 pav. Ozono valandinių koncentracijų dažnio pasiskirstymas Preilos stotyje 2010 metais

Ozono valandinių koncentracijų dažnio pasiskirstymas stotyse parodė, kad dažniausiai registruojamos reikšmės stotyje intervale kaip pernai, t.y. $65\text{--}75 \mu\text{g}/\text{m}^3$. Ozono koncentracijų virš $120 \mu\text{g}/\text{m}^3$ atsikartojimas stotyje buvo labai mažas.

5 ir 6 lentelėse pateikiama ozono koncentracijos statistika Preilos stotyje už 2011 metus. Apskaičiuotos AOT40 vertės augmenijos apsaugai (5 lentelė) stotyje neviršijo 2008/50/EB direktyvos VII priede pateiktos siektinos vertės, t.y., $18000 \mu\text{g}/\text{m}^3 \times \text{h}$, tuo pačiu ir 5-ių metų vidurkis neviršijo šio lygio. Ilgalaikis tikslas - $6000 \mu\text{g}/\text{m}^3 \times \text{h}$ per 2010 metus nebuvo pasiektas (5 lentelė).

Vertinant ozono poveikį žmogaus sveikatai yra naudojami du indikatoriai: pagal 2002/3/EB (2008/50/EB) direktyvą (2 lentelė) bei Pasaulio sveikatos organizacijos siūlomas bei direktyvoje 2001/81/EB priimtas AOT60. Remiantis pažemio ozono koncentracijos duomenimis nustatyta, kad pavojingas poveikis žmogaus sveikatai per 2011 metus nebuvo stebėtas.

5 lentelė. Pažemio ozono koncentracijos statistiniai parametrai Preilos monitoringo stotyje 2011 metais

Parametras	Vertė	Vienetai	Laikotarpis	Direktyva	Pastabos
<i>1</i>	<i>2</i>	<i>3</i>	<i>4</i>	<i>5</i>	<i>6</i>
Metinis vidurkis	58	µg/m ³		2008/50/EB	
Patikimų duomenų skaičius:					
kalendoriniai metai	8532 (97,4 %)	valandų skaičius	sausis -gruodis	2008/50/EB	ne daugiau kaip 8760
vasaros metas	4222 (96,1 %)	valandų skaičius	balandis-rugsėjis	2008/50/EB	ne daugiau kaip 4392
žiemos metas	4310 (98,7 %)	valandų skaičius	sausis-kovas ir spalis-gruodis	2008/50/EB	ne daugiau kaip 4368
Didžiausia mėnesio reikšmė:					
balandis	132,6	µg/m ³			
gegužė	135,7	µg/m ³			
birželis	134,1	µg/m ³			
liepa	103,3	µg/m ³			
rugpjūtis	100	µg/m ³			
rugsėjis	79,9	µg/m ³			
Žmonių sveikatos apsauga					
Maksimalus 8 valandų vidurkis >120 µg/m ³	2*	dienų skaičius	kalendoriniai metai	2008/50/EB	* plačiau 6 lentelėje
Informavimo slenkstinės	0	valandų skaičius			

vertės - valandos vidurkis >180 µg/m ³ - viršijimas				2008/50/EB	
1	2	3	4	5	6
Pavojaus slenkstinės vertės - valandos vidurkis >240 µg/m ³ - viršijimas	0	valandų skaičius		2008/50/EB	
AOT60	115	µg/m ³ x h	sausis-gruodis	2001/81/EB	ne daugiau kaip 5800
AOT40 miškų apsaugai	9443 (9783)	µg/m ³ x h	balandis-rugsėjis	2008/50/EB	Skiaustuose pateiktos reikšmės perskaičiuotos pagal 3 formulę
Patikimų duomenų skaičius	2125	valandų skaičius	balandis-rugsėjis, 8-20 val.		ne daugiau kaip 2196
AOT40 augmenijos apsaugai	7772 (7972)	µg/m ³ x h	gegužė-liepa	2001/81/EB 2008/50/EB	Skiaustuose pateiktos reikšmės perskaičiuotos pagal 3 formulę
Patikimų duomenų skaičius	1085	valandų skaičius	gegužė-liepa, 8-20 val.		ne daugiau kaip 1104

6 lentelė. Atskiri ozono slenkstinių verčių viršijimo atvejai:

Sveikatos apsaugos ozono ilgalaikio tikslo
(maksimalus 8 valandų vidurkis $> 120\mu\text{g}/\text{m}^3$) viršijimas

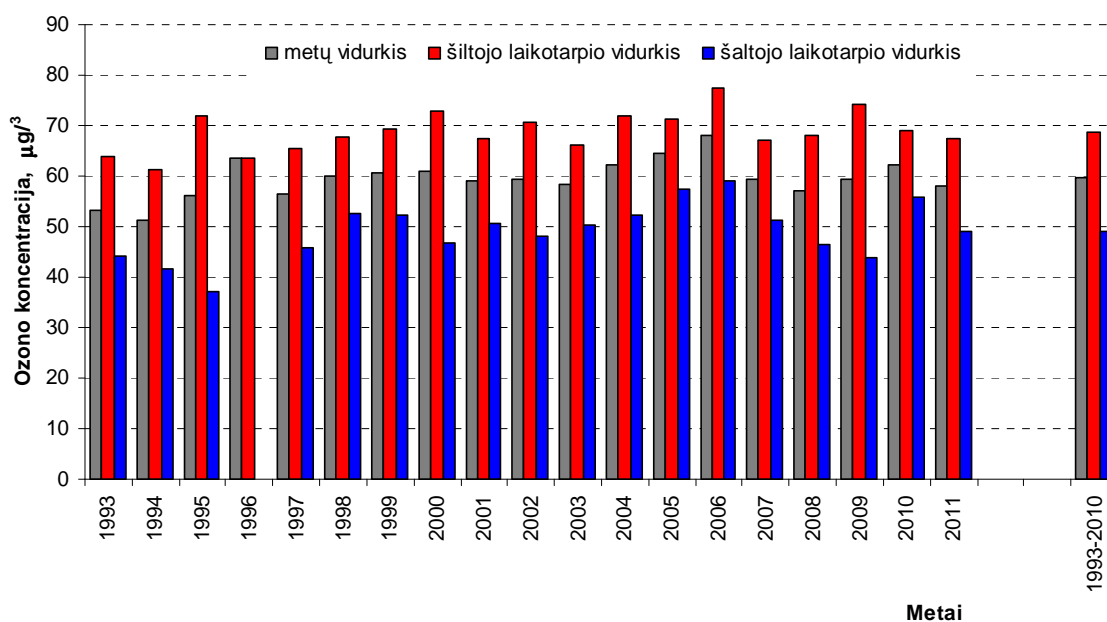
Stotis	Mėnuo ir diena	Didžiausia paros 8 val. vidutinė ozono koncentracija, $\mu\text{g}/\text{m}^3$
Preila	Gegužės 12	127
	Birželio 01	121

Gyventojų informavimo slenkstis ($180\mu\text{g}/\text{m}^3$) nebuvo viršytas. Siektina žmonių sveikatos apsaugai vertė, t.y., kad didžiausias paros 8 valandų vidurkis $120\mu\text{g}/\text{m}^3$ nebūtų viršijamas daugiau nei 25 paros per kalendorinius metus, imant trejų metų vidurkį, taip pat nebuvo viršytas. Tačiau ilgalaikiai tikslai dar nėra pasiekti, t.y., užregistruoti atvejai, kai paros didžiausias 8 valandų vidurkis viršijo $120\mu\text{g}/\text{m}^3$. Visi atvejai, kai stotyje buvo viršytas šis lygis pateikti 6 lentelėje. AOT60 reikšmės 2011 metais neviršijo leistinos absoliučios $5800\mu\text{g}/\text{m}^3 \times \text{h}$ ribos, tačiau viršijo žmonių sveikatai nustatytą kritinį lygį $\text{AOT } 60 = 0$.

Ozono koncentracijos pokyčių per 1993-2011 metų laikotarpį apžvalga ir prognozė

Vidutinė metinė ozono koncentracija per 1993-2011 metų laikotarpį buvo intervale $(59,5 \pm 3,9)\mu\text{g}/\text{m}^3$. Didžiausia koncentracija ($77,4\mu\text{g}/\text{m}^3$) šiltojo laikotarpio (balandis-rugsėjis) buvo nustatyta 2006 metais, o mažiausia ($37,2\mu\text{g}/\text{m}^3$) 1995 metais (12 pav.).

Palyginus 2011 metų ozono koncentracijos reikšmes su 2010 metų yra stebimas sumažėjimas visais laikotarpiais, tačiau visos reikšmės yra labai artimos 1993-2010 metų vidurkiui. Apskaičiuotos AOT40 vertės augmenijos apsaugai Preilos stotyje neviršijo 2008/50/EB direktyvos VII priede pateiktos siektinos 5 metų vidutinės vertės, t.y., $18000\mu\text{g}/\text{m}^3 \times \text{h}$. Penkerių metų (2007-2011) vidurkis buvo $8537\mu\text{g}/\text{m}^3 \times \text{h}$. Ilgalaikis tikslas - $6000\mu\text{g}/\text{m}^3 \times \text{h}$ nebuvo pasiektas.



12 pav. Ozono koncentracijos vidutinių reikšmių kaita per 1993–2011 metus Preilos stotyje atskirais laikotarpiais: šiltuoju (balandis-rugsėjis), šaltuoju (spalis-kovas) ir kalendoriniais metais

Siektina žmonių sveikatos apsaugai vertė, t.y., kad didžiausias paros 8 valandų vidurkis $120 \mu\text{g}/\text{m}^3$ nebūtų viršijamas daugiau nei 25 paras per kalendorinius metus, imant trejų metų vidurkį, per 2009-2011 metų laikotarpį nebuvo viršyta. Tačiau ilgalaikiai tikslai dar nėra pasiekti, t.y., užregistruoti atvejai, kai paros didžiausias 8 valandų vidurkis viršijo $120 \mu\text{g}/\text{m}^3$. Dažniausiai šie atvejai buvo stebėti, kai užterštos oro masės pasiekdavo Lietuvą iš pietinių-vakarinių Europos regionų. Todėl, vertinant pernašų iš kitų šalių indėlį į bendrą Lietuvos oro baseino užterštumo lygį yra būtina nuolatinei matuoti ozono koncentraciją vakarinėje Lietuvos dalyje esančioje stotyje, neužterštoje vietovėje ir kurioje yra vykdoma plati kitų teršalų monitoringo programa.

Kadangi duomenų analizė rodo, kad didelės ozono koncentracijos dažniausiai yra susijusios su užteršto oro pernaša iš kitų regionų, tai tolimesnis ozono ir su jo koncentracija susijusių kitų parametų (AOT40, AOT60 ir panašiai) lygiai ir ateityje priklausys pagrįdė nuo išmestų į atmosferą ozono pirmtakų kiekio kitose regionuose, nes Lietuvos indėlis į fotocheminį ozono susidarymą yra nedidelis. Pastaruosius penkerius metus ozono koncentracijos lygis vasaros mėnesiais mažai keitėsi ir kitose Europos foninėse stotyse [7], tačiau, kadangi ozono lygis labai priklauso ir nuo

meteorologinių sąlygų pokyčių atskirais metais, tai ozono stebėseną foninėse stotyse yra labai svarbi.

IŠVADOS

Vidutinė metinė ozono koncentracija 2011 metais EMEP stotyje Preiloje buvo $58 \mu\text{g}/\text{m}^3$, t.y., mažesnė nei 2010 metais.

Didžiausia ozono koncentracija ($140 \mu\text{g}/\text{m}^3$) 2011 metais Preilos stotyje buvo išmatuota balandžio 30 dieną, kurios kilmė yra sietina su užteršto oro masių pernaša iš Lenkijos bei galimu intensyvesniu vietiniu fotocheminiu susidarymu dėl palankių jam meteorologinių sąlygų.

Ozono valandinių duomenų dažninis pasiskirstymas gali būti aprašomas Gauso pasiskirstymu. Dažniausiai stebimų ozono valandinių koncentracijų intervalas, palyginus su praėjusiais 2010 metais, mažai pakito.

Apskaičiuotos AOT40 vertės miškų apsaugai stotyje neviršijo ($9443 \mu\text{g}/\text{m}^3 \times \text{h}$ ir $9783 \mu\text{g}/\text{m}^3 \times \text{h}$ perskaičiuotasis) 2002/3/EB direktyvos III priede pateikto leistino lygio, t.y., $20000 \mu\text{g}/\text{m}^3 \times \text{h}$, ir buvo mažesnės nei 2010 metais.

Apskaičiuotos AOT40 vertės augmenijos apsaugai Preilos stotyje neviršijo 2008/50/EB direktyvos VII priede pateiktos siektinos 5 metų vidutinės vertės, t.y., $18000 \mu\text{g}/\text{m}^3 \times \text{h}$. Penkerių metų vidurkis buvo $8537 \mu\text{g}/\text{m}^3 \times \text{h}$ per 2007-2011. Ilgalaikis tikslas - $6000 \mu\text{g}/\text{m}^3 \times \text{h}$ per 2007-2011 metus nebuvo pasiektas.

Per 2011 metus gyventojų informavimo ($180 \mu\text{g}/\text{m}^3$) slenkstis nebuvo viršytas; pavojaus ($240 \mu\text{g}/\text{m}^3$) slenkstis nebuvo pasiektas. Siektina žmonių sveikatos apsaugai vertė, t.y., kad didžiausias paros 8 valandų vidurkis $120 \mu\text{g}/\text{m}^3$ nebūtų viršijamas daugiau nei 25 paras per kalendorinius metus, imant trejų metų vidurkį, stotyje nebuvo viršytas. Tačiau ilgalaikiai tikslai dar nėra pasiekti, t.y., užregistruotas atvejis, kai paros didžiausias 8 valandų vidurkis viršijo $120 \mu\text{g}/\text{m}^3$. AOT60 reikšmės 2010 metais neviršijo leistinos absoliučios $5800 \mu\text{g}/\text{m}^3 \times \text{h}$ ribos, tačiau viršijo žmonių sveikatai nustatytą kritinį lygį $\text{AOT } 60 = 0$.

Per pastaruosius 5 metus nenustatytas didžiausios (pikinės) ozono koncentracijos reikšmingas padidėjimas arba sumažėjimas, ji išliko tame pačiame lygyje, t.y. neviršijo $180 \mu\text{g}/\text{m}^3$. Tai gali būti sietina su mažai pakitusiomis ozono pirmtakų emisijomis kaimyninėse šalyse.

Vertinant ozono koncentracijos pokyčius Preiloje ir kitose Europos regionuose per 2007-2011 metus staigių pikinių koncentracijų padidėjimų neturėtų būti per ateinančius artimiausius metus, nes visose šalyse yra stengiamasi sumažinti ozono pirmtakų emisijas, kurios ir yra labiausiai siejamos su didelių ozono koncentracijų susidarymu.

Padidėjus vietinei teršalų emisijai (šaltiniai - gaisrai, transportas ir panašiai) ir esant palankioms meteorologinėms sąlygoms, sietinomis su prognozuojamu klimato šiltėjimu, gali atsirasti dažnesni vietiniai padidintų ozono koncentracijų epizodai.

LITERATŪRA

1. Solberg, S., Derwent, R. G., Hov, O., Langner, J. and Lindskog, A.: 2005, European Abatement of Surface Ozone in a Global Perspective, *Ambio*, 34, 47-53
2. Europos Parlamento Tarybos direktyva 2008/50/EB dėl aplinkos oro kokybės ir švaresnio oro Europoje, <http://eur-lex.europa.eu/LexUriServ/LexUriServ.do?uri=OJ:L:2008:152:0001:0044:LT:PDF>
3. Lietuvos Respublikos Aplinkos ir Sveikatos apsaugos ministrų įsakymas Nr. D1-585/V-611 "Dėl aplinkos oro užterštumo sieros dioksidu, azoto dioksidu, azoto oksidais, benzeno, anglies monoksidu, švinu, kietosiomis dalelėmis ir ozonu normų patvirtinimo". Valstybės žinios, 2010-07-13, Nr. 82-4364.
4. Aplinkos ministro įsakymas Nr. D1-279 "Dėl aplinkos oro kokybės vertinimo". Valstybės žinios, 2010, Nr.42-2042.
5. EMEP Manual for Sampling and Analysis. <http://tarantula.nilu.no/projects/ccc/manual/index.html>
6. Oro monitoringo duomenys. Aplinkos Apsaugos Agentūra. <http://stoteles.gamta.lt>
7. EEA. Overview of monthly deliveries in the summer 2011. <http://www.eea.europa.eu/maps/ozone/compare/summer-reporting-under-directive-2002-3-ec>.