

TVIRTINU:

Valstybinio mokslinių tyrimų instituto
Fizinių ir technologijos mokslų centro direktorius
prof., dr. Vidmantas Remeikis

2011 m. 03 mėn. d.

UŽSAKOMOJO DARBO

**DUJINIŲ IR AEROZOLINIŲ PRIEMAIŠŲ ORE TYRIMAI
PAGAL EMEP IR ICP IM PROGRAMAS**

ATASKAITA

2010 m. birželio 15 d. Sutartis: Nr. 4F 10–73

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

Vadovas dr. D. Šopauskienė
Vykdytojai: dr. D. Jasinevičienė
inž. S. Žukienė

Vilnius 2011

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.

2010 m. integruoto monitoringo (IM) stotyse (Aukštaitijoje ir Žemaitijoje) ir Preiloje 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 : didesnės jų koncentracijos atmosferos ore matuotos per šaltąjį metų laikotarpį, (sausio, vasario, lapkričio ir gruodžio mėn.), mažesnės – per šiltąjį (balandžio – rugsėjo mėn.). Nustatyta, kad vidutines 2010 m. teršalų koncentracijos Preiloje yra didesnės nei Aukštaitijos IMS, taip pat ir Žemaitijos IMS. NO_2 metinė koncentracija Preiloje yra 1.6 karto didesnė nei LT01 ir tik nežymiai mažesnė (< 4 %) nei LT03. Vidutiniškai 35 % sulfatų koncentraciją Preiloje lemia jų įnašas iš Baltijos jūros. Visose stotyse stebima sieros ir azoto junginių metinių koncentracijų mažėjimo tendencija per 2006–2010 m. 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 užterštumo tyrimo stotyje Preiloje (kodas Europos monitoringo tinkle - LT15), buvo tęsiami 2010 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 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 dviejų pakopų NILU sistemos filtrų laikiklius, sulfatai (aerSO_4) koncentruojami ant pirmoje pakopoje esančio “Whatman 40” filtro, kuris yra atviras atmosferai, o sieros dioksido koncentravimui naudojamas antroje filtro laikiklio pakopoje šarmu impregnuotas “Whatman 40” filtras. Sumos nitratų (sumNO_3) ir sumos amonio (sumNH_4) junginių koncentravimui iš atmosferos “Whatman 40” filtrai, prieš juos eksponuojant laboratorijoje impregnuoti amonio junginių koncentravimui rūgštinti ir šarmu – nitratams, dedami į vienos pakopos NILU sistemos filtrų laikiklius. 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 aerozolinių teršalų bandiniai iš stočių LT01 ir LT03 gražinami į Aplinkos apsaugos agentūros aplinkos tyrimų departamentą ir, atlikus cheminę oro bandinių analizę, tyrimų rezultatai persiunčiami Fizikos institutui. Oro bandiniai iš Preilos analizuojami Fizikos institute, ekstrahuojant 24 valandas 20-30 ml dejonizuotu vandeniu, kurio varža $>15 \text{ M}\Omega/\text{cm}$. Anijonų (sulfatų, nitratų) koncentracijos tiriamos vandeniniuose tirpaluose jonų chromatografijos metodu, naudojant jonų mainų chromatografą “DIONEX 2010I” su kolonėlėmis AG4A-SC ir AS4A-SC, iš tokių atmosferos oro bandinių: SO_2 , aerSO_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 aerosolinių 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 0.05 iki 2.11 μgS/m³ (LT 01), nuo 0.02 iki 1.90 μgS/m³ (LT 03) ir Preiloje nuo 0.05 iki 2.84 μgS/m³ (savaitės vidutinės), nuo 0.02 iki 5.18 μgS/m³ (paros); NO₂ nuo 0.18 iki 2.83 μgN/m³ (LT 01), nuo 0.24 iki 3.20 μgN/m³ (LT 03) ir Preiloje nuo 0.44 iki 2.81 μgN/m³ (savaitės vidutinės), nuo 0.17 iki 8.36 μgN/m³ (paros); sulfatai nuo 0.10 iki 1.85 μgS/m³ (LT 01), nuo 0.06 iki 1.69 μgS/m³ (LT 03) ir Preiloje nuo 0.43 iki 2.0 μgS/m³ (savaitės vidutinės), nuo 0.32 iki 3.59 μgS/m³ (paros); sumNO₃ nuo 0.06 iki 1.36 μgN/m³ (LT 01), nuo 0.10 iki 1.51 μgN/m³ (LT 03) ir Preiloje nuo 0.25 iki 1.49 μgN/m³ (savaitės vidutinės), nuo 0.08 iki 3.54 μgN/m³ (paros); sumNH₄ nuo 0.24 iki 2.19 μgN/m³ (LT 01), nuo 0.21 iki 2.74 μgN/m³ (LT 03) ir Preiloje nuo 0.43 iki 2.84 μgN/m³ (savaitės vidutinės), nuo 0.07 iki 8.66 μgN/m³ (paros). Ypatingai visose stotyse dideli variacijos koeficientai gauti SO₂ koncentracijoms: 104 –118 %. Mažesni jie yra NO₂ koncentracijoms: nuo 49 % Preiloje iki 93 % Aukštaitijos IMS; sumNO₃ ir sumNH₄ nuo 41 % iki 62 %

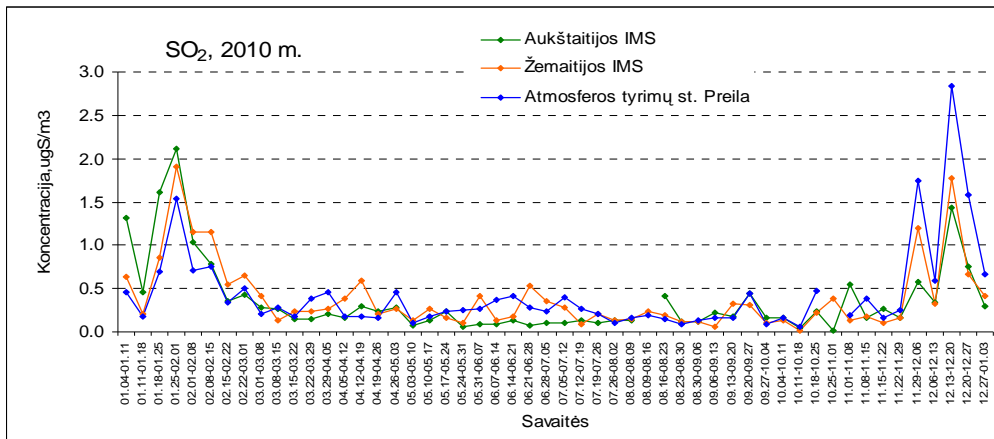
Dujinių ir aerosolinių teršalų koncentracijų dinamiką IMS ir Preiloje per 2010 m. iliustruoja 1 – 7 paveikslai. Tyrimų duomenys rodo (1, 2 ir 3 pav.), kad žymiai mažesnės nei 2010 m. vidutinės SO₂ ir NO₂ koncentracijos buvo nuo kovo iki lapkričio mėn.: SO₂ – 0.17, 0.22 ir 0.28 μgS/m³, atitinkamai LT01, LT03 ir LT15. Tai galėjo būti dėl gan lietingo periodo. Aukštaitijoje daugiausiai kritulių (>100 mm/mėn.) iškrito per birželio – rugpjūčio mėn. ir tai sudarė 50% metinio kiekio. Žemaitijos IM stotyje gausiausiai lijo (>100 mm/mėn.) per liepos – rugsėjo ir gruodžio mėn. ir kritulių kiekis sudarė 58% metinio kiekio, o Preiloje per lietingus rugpjūčio – rugsėjo ir lapkričio mėn. iškrito 56% metinio kiekio. Mažesni kritulių

kiekiai buvo sausio, vasario, balandžio, spalio ir gruodžio mėn. Be to, mažesnes šio laikotarpio SO₂ koncentracijas galima aiškinti emisijos sezoniškumu, bei didesne oksidacijos į sulfatus (SO₄²⁻) sparta.

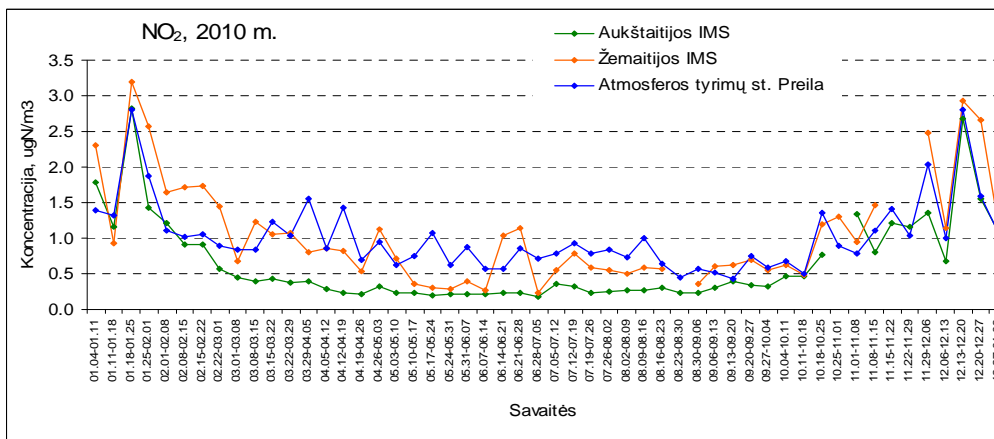
1 lentelė. Dujinių ir aerosolinių teršalų koncentracijų 2010 m. ore statistinės vertės Aukštaitijos IMS (LT01) ir Žemaitijos IMS (LT03), atmosferos tyrimų stotyje Preiloje (LT15) ; **a** - skliaustuose aerSO₄²⁻ be jūros įtakos

Komponentė, matavimo vienetas	Vertė	Vieta			
		LT01	LT03	Preila	
		savaitės		savaitės	paros
SO₂ μgS/m ³	min	0.05	0.02	0.05	0.02
	max	2.11	1.90	2.84	5.18
	vidutinė 2010 m.	0.36	0.39	0.42	0.42
	standart. nuokrypis	0.43	0.40	0.50	0.68
	variacijos. koef., %	118	104	118	161
NO₂ μgN/m ³	min	0.18	0.24	0.44	0.17
	max	2.83	3.20	2.81	8.36
	vidutinė 2010 m.	0.66	1.06	1.02	1.02
	standart. nuokrypis	0.61	0.73	0.50	0.77
	variacijos. koef., %	93	69	49	75
aerSO₄²⁻ μgS/m ³	min	0.10	0.06	0.43 (0.13) ^a	0.32 (0.05)
	max	1.85	1.69	2.0 (1.83)	3.59 (3.42)
	vidutinė 2010 m.	0.67	0.56	1.08 (0.71)	1.08 (0.71)
	standart. nuokrypis	0.39	0.34	0.32 (0.35)	0.52 (0.54)
	variacijos. koef., %	57	62	29 (49)	48 (76)
sumNO₃ μgN/m ³	min	0.06	0.10	0.25	0.08
	max	1.36	1.51	1.49	3.54
	vidutinė 2010 m.	0.50	0.51	0.70	0.70
	standart. nuokrypis	0.31	0.31	0.31	0.49
	variacijos. koef., %	62	61	44	71
sumNH₄ μgN/m ³	min	0.24	0.21	0.43	0.07
	max	2.19	2.74	2.84	8.66
	vidutinė 2010 m.	1.08	1.03	1.43	1.43
	standart. nuokrypis	0.44	0.54	0.66	1.05
	variacijos. koef., %	41	53	46	73

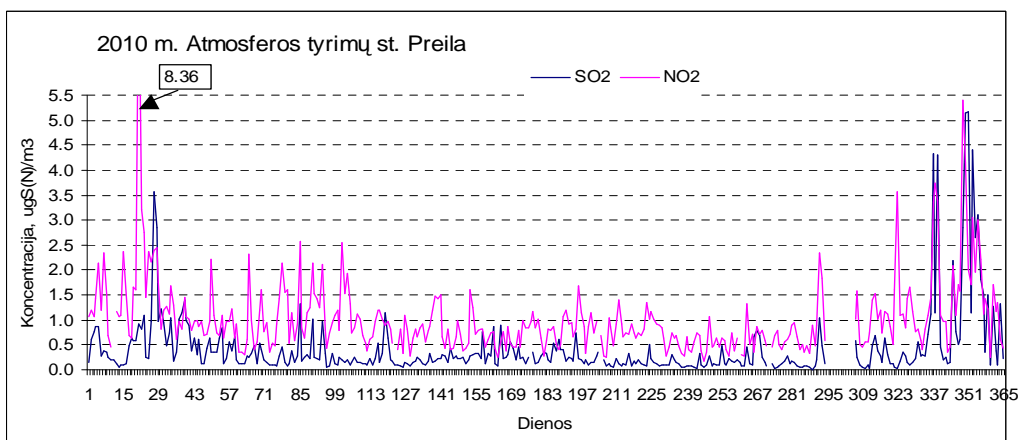
NO₂ koncentracijos nuo kovo iki lapkričio mėn. buvo: NO₂ – 0.31, 0.63 ir 0.79 μgN/m³, atitinkamai LT01, LT03 ir LT15. Preiloje NO₂ paros koncentracija (3 pav.) žiemos mėn. (ypač sausio ir gruodžio mėn.) buvo kelis kartus didesnė nei 2010 m. vidutinė ir apie 5 – 8 kartus didesnė nei vasaros mėn.



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

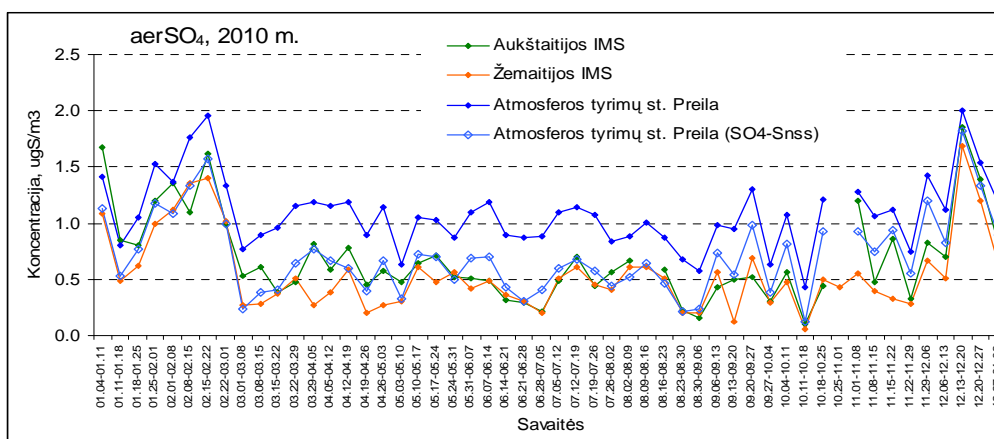


2 pav. Azoto dioksido savaitės vidutinių koncentracijų dinamika Aukštaitijos IMS (LT01), Žemaitijos IMS (LT03) ir atmosferos tyrimų stotyje Preiloje (LT15)

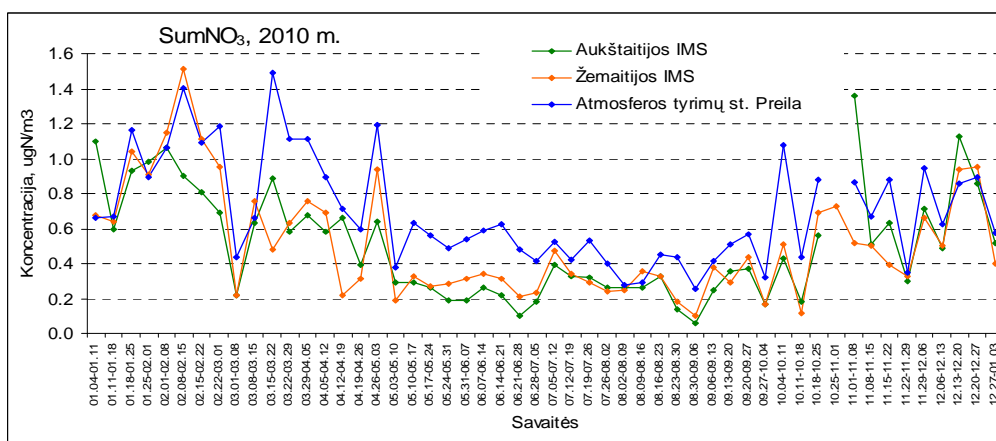


3 pav. Sieros dioksido ir azoto dioksido vienos paros koncentracijų dinamika atmosferos tyrimų stotyje Preiloje (LT15)

Nuo kovo iki lapkričio mėn. (4 pav.) vyraavo savaitinės sulfatų koncentracijų vertės nuo 0.15 iki 0.70 $\mu\text{gS}/\text{m}^3$ ir jų kaitoje stebimas nedidelis skirtumas tarp stočių. Pirmomis kovo mėn. savaitėmis sulfatų iš Baltijos jūros įnašas siekė 300 %. Žiemos mėnesiais aerSO_4 koncentracijos stotyse kito nuo 0.5 iki 2.0 $\mu\text{gS}/\text{m}^3$.

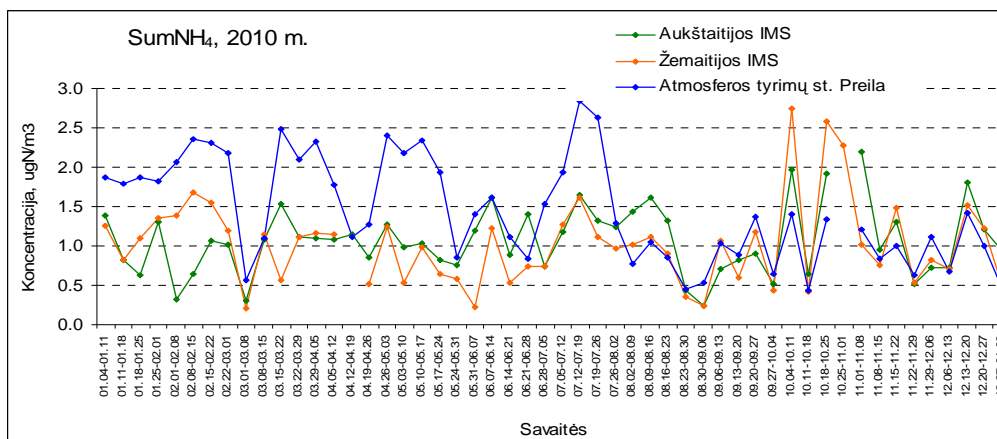


4 pav. Sulfatų aerozolio dalelėse savaitės vidutinių koncentracijų dinamika Aukštaitijos IMS (LT01), Žemaitijos IMS (LT03) ir Atmosferos tyrimų stotyje Preiloje (LT15)



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

Abiejose IM stovyse ir Preiloje sumNO_3 koncentracijos mažesnės nei 2010 m. vidutinė metinė dažniausiai kartojosi nuo gegužės iki lapkričio mėn. (5 pav.), o žiemos mėnesiais jos matuotos 2 – 3 kartus didesnės nei 2010 m. vidutinė. Tyrimo vietose sumNO_3 koncentracijų kaitos pobūdis panašus.



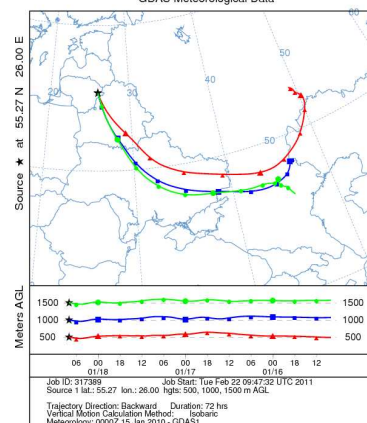
6 pav. Sumos amonio junginių savaitės vidutinių koncentracijų dinamika Aukštaitijos IMS (LT01), Žemaitijos IMS (LT03) ir Atmosferos tyrimų stotyje Preiloje (LT15)

Nestebimas sezoniškumas sumNH₄ koncentracijų kaitoje (6 pav.): tiek mažesnės, tiek didesnės nei 2010 m. vidutinės koncentracijos matuotos visais mėnesiais. Didelių, o taip pat ir mažesnių sumNH₄ koncentracijų epizodai laike sutampa su aer.SO₄ koncentracijų epizodais. Tai rodo aerozolinėse dalelėse esantį amonio sulfatą.

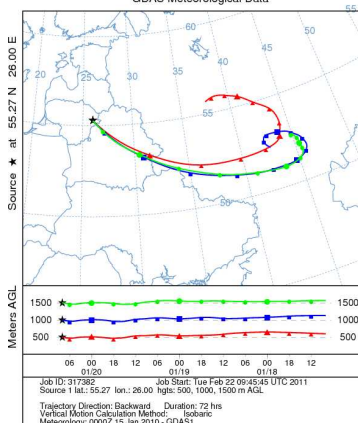
SO₂, NO₂, sumNO₃ ir sumNH₄ koncentracijų kaitoje stebimi kelis kartus didesnių nei 2010 m. vidutinės koncentracijos epizodai. Oro masių pernašos į Lietuvą [6] iš pietrytinių Europos rajonų sausio 18–21 dienomis (7 pav.), esant dienoms be kritulių, lėmė dideles teršalų koncentracijas IM stotyse ir Preiloje. Šios savaitės koncentracijos buvo: SO₂ – 1.61, 0.85 ir 0.70 μgS/m³, NO₂ – 2.83, 3.20 ir LT15 – 2.81 μgN/m³, sumNO₃ – 0.51, 0.52 ir 1.02 μgN/m³, sumNH₄ – 1.34, 1.54 ir LT15 – 2.59 μgN/m³, atitinkamai LT01, LT03 ir LT15. Teršalų didelių koncentracijų epizodą gruodžio mėn. pirmąją savaitę lėmė oro masės, kurios į Lietuvą gruodžio 5 d. judėjo nuo vakarinių Europos rajonų, o kitomis dienomis – iš šiaurinių ir šiaurės vakarinių Europos rajonų, kuriuose yra silpnesni sieros ir azoto junginių emisijos šaltiniai nei vakarinėje Europos dalyje (8 pav.). Didelės NO₂ koncentracijos (2.68, 2.93 ir 2.80 μgN/m³ atitinkamai LT01, LT03 ir LT15) buvo matuotos gruodžio mėn. 14-21 d., kai 17 d. oro masės į Lietuvą buvo nešamos iš centrinės Europos dalies (9 pav.), kurioje yra didžiausi NO_x emisijos šaltiniai. Šią savaitę gautas sumNO₃ ir sumNH₄ didesnių koncentracijų epizodas.

Aukštaitijos IMS (LT01)

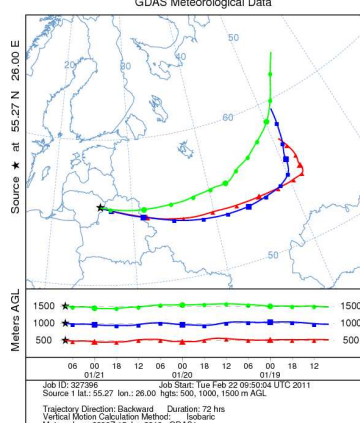
NOAA HYSPLIT MODEL
Backward trajectories ending at 0800 UTC 18 Jan 10
GDAS Meteorological Data



NOAA HYSPLIT MODEL
Backward trajectories ending at 0800 UTC 20 Jan 10
GDAS Meteorological Data

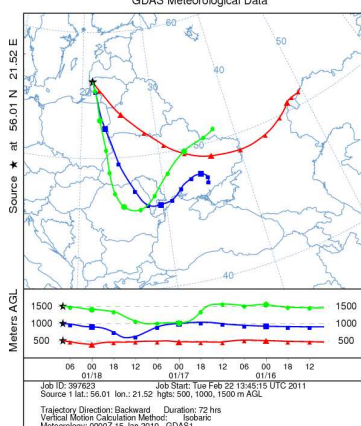


NOAA HYSPLIT MODEL
Backward trajectories ending at 0800 UTC 21 Jan 10
GDAS Meteorological Data

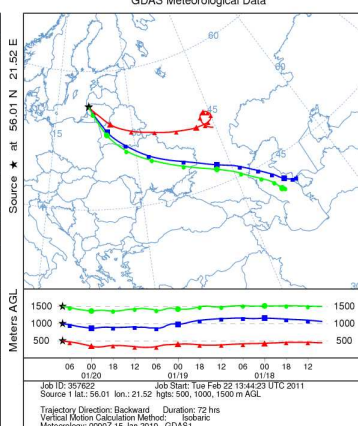


Žemaitijos IMS (LT03)

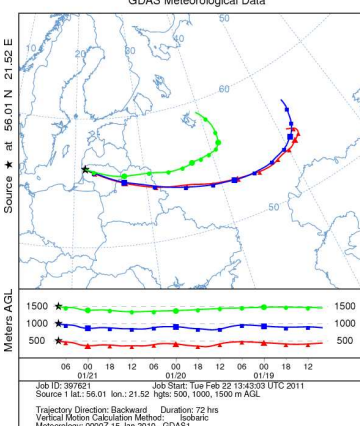
NOAA HYSPLIT MODEL
Backward trajectories ending at 0800 UTC 18 Jan 10
GDAS Meteorological Data



NOAA HYSPLIT MODEL
Backward trajectories ending at 0800 UTC 20 Jan 10
GDAS Meteorological Data

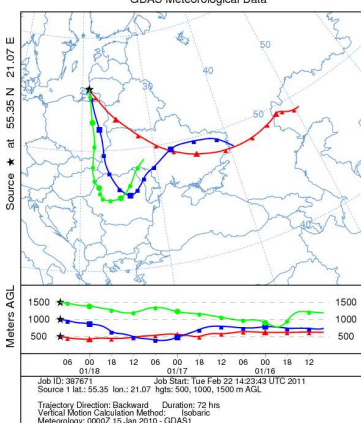


NOAA HYSPLIT MODEL
Backward trajectories ending at 0800 UTC 21 Jan 10
GDAS Meteorological Data

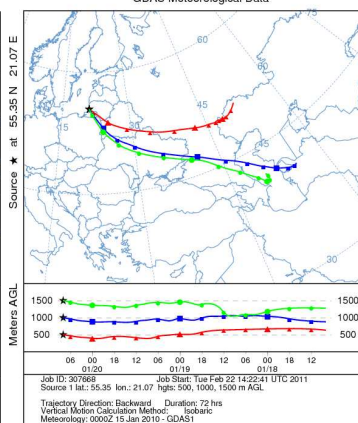


Atmosferos tyrimų st. Preila (LT15)

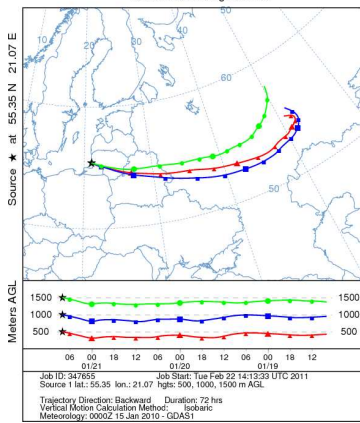
NOAA HYSPLIT MODEL
Backward trajectories ending at 0800 UTC 18 Jan 10
GDAS Meteorological Data



NOAA HYSPLIT MODEL
Backward trajectories ending at 0800 UTC 20 Jan 10
GDAS Meteorological Data

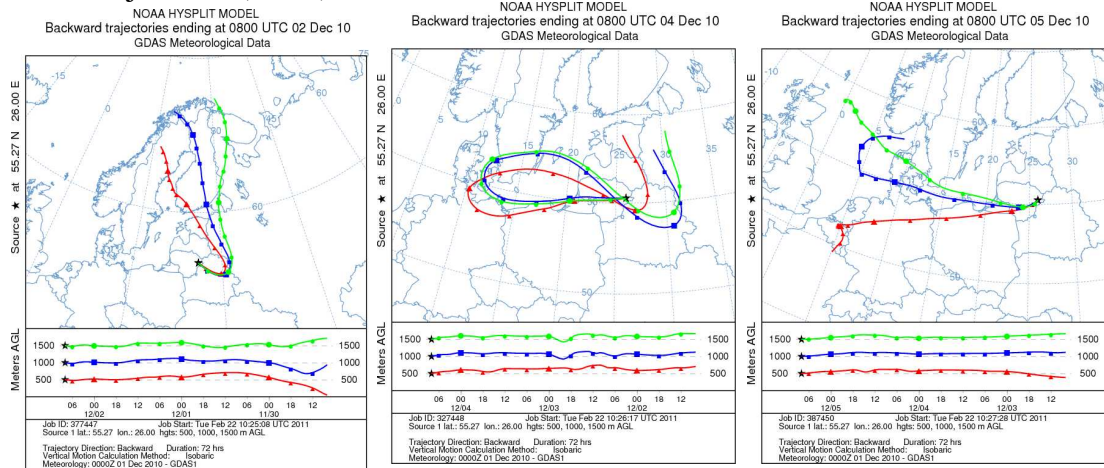


NOAA HYSPLIT MODEL
Backward trajectories ending at 0800 UTC 21 Jan 10
GDAS Meteorological Data

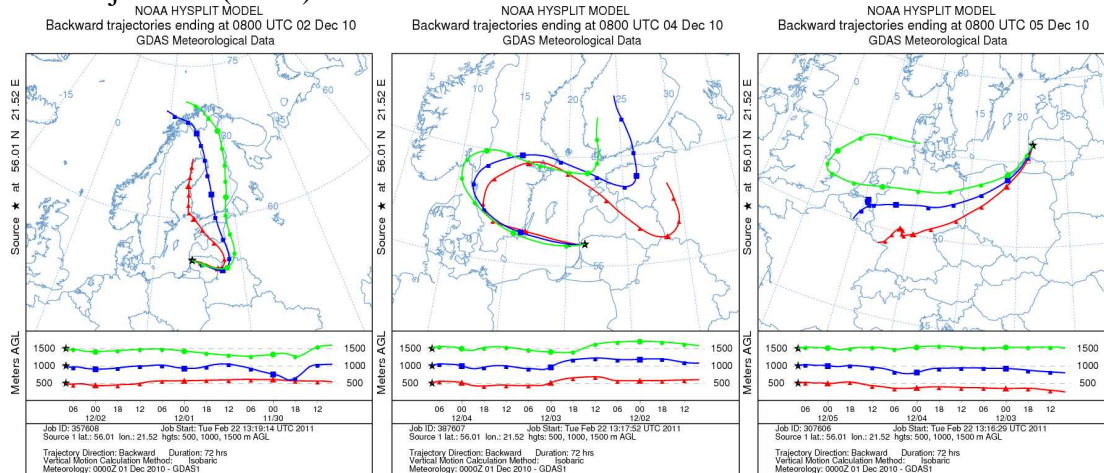


7 pav. Oro masių judėjimo 72 val. atgalinės trajektorijos 2010 m. sausio mėn. 18, 20 ir 21 d. į IM stotis ir Preilą

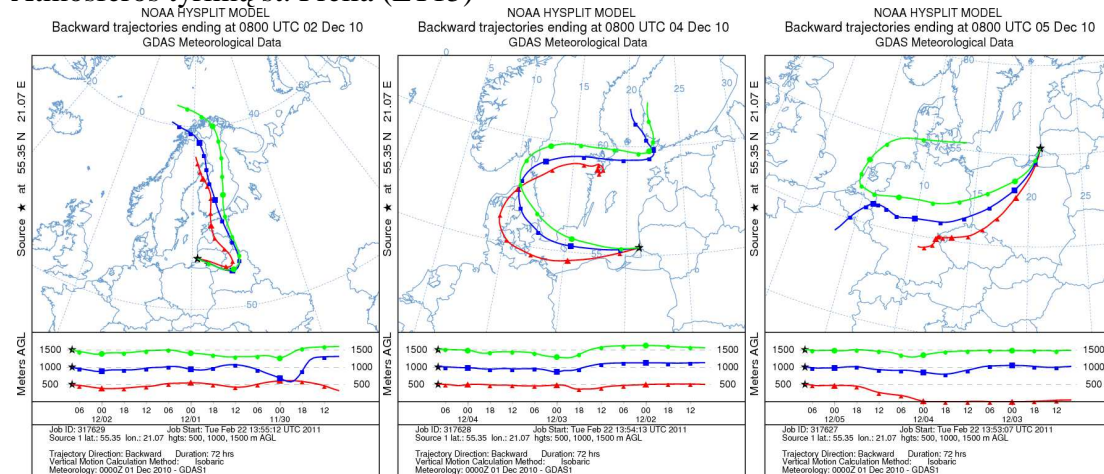
Aukštaitijos IMS (LT01)



Žemaitijos IMS (LT03)

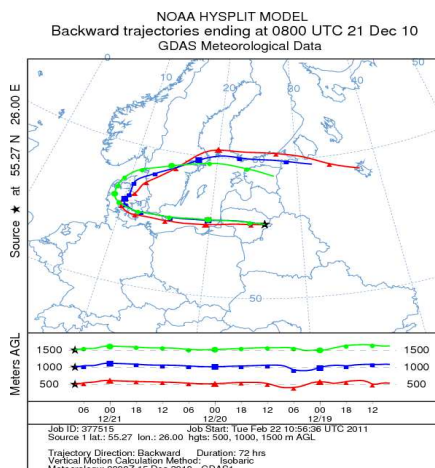
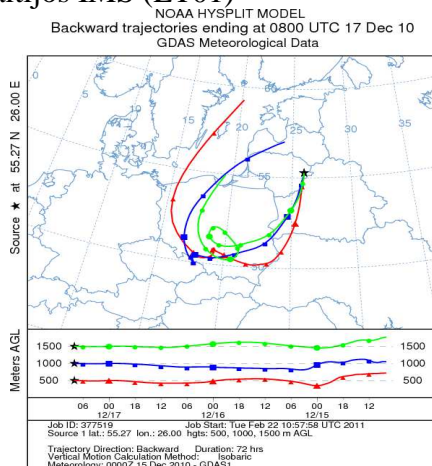


Atmosferos tyrimų st. Preila (LT15)

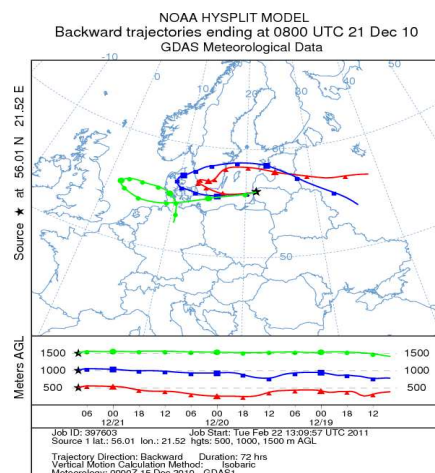
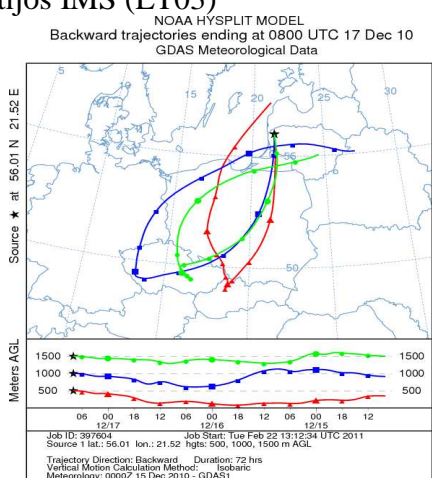


8 pav. Oro masių judėjimo 72 val. atgalinės trajektorijos 2010 m. gruodžio mėn. 2, 4 ir 5 d. į IM stotis ir Preilą

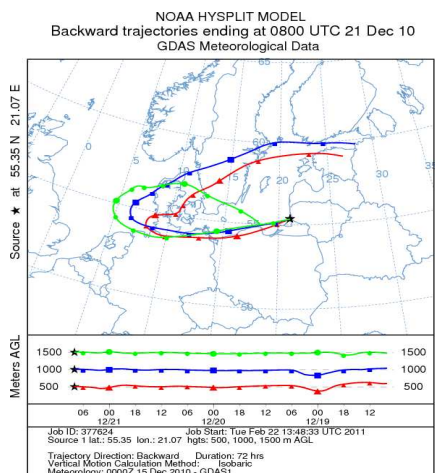
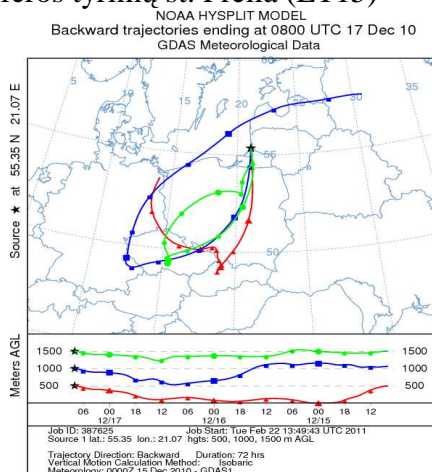
Aukštaitijos IMS (LT01)



Žemaitijos IMS (LT03)



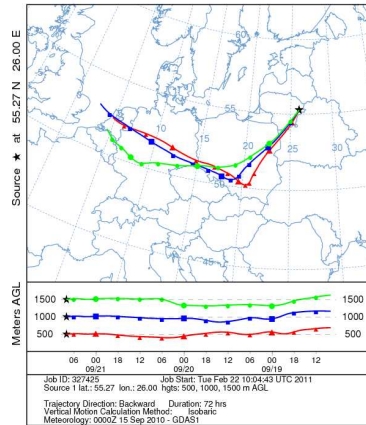
Atmosferos tyrimų st. Preila (LT15)



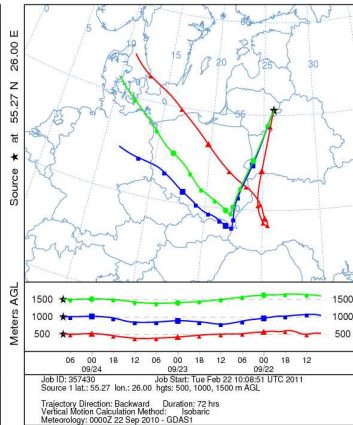
9 pav. Oro masių judėjimo 72 val. atgalinės trajektorijos 2010 m. gruodžio mėn. 17 ir 21 d. į IM stotis ir Preilą

Aukštaitijos IMS (LT01)

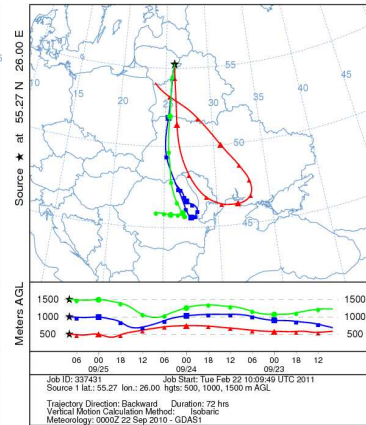
NOAA HYSPLIT MODEL
Backward trajectories ending at 0800 UTC 21 Sep 10
GDAS Meteorological Data



NOAA HYSPLIT MODEL
Backward trajectories ending at 0800 UTC 24 Sep 10
GDAS Meteorological Data

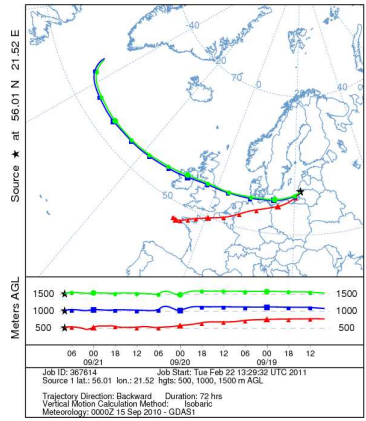


NOAA HYSPLIT MODEL
Backward trajectories ending at 0800 UTC 25 Sep 10
GDAS Meteorological Data

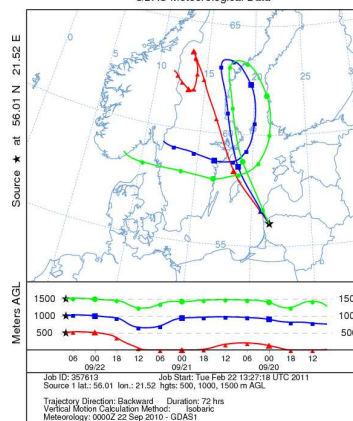


Žemaitijos IMS (LT03)

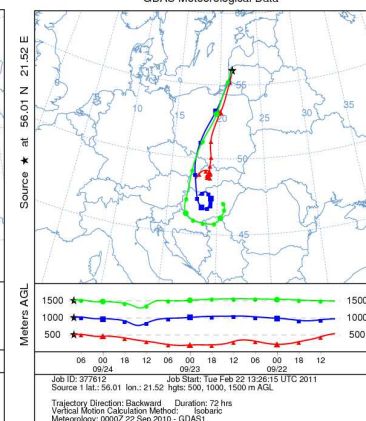
NOAA HYSPLIT MODEL
Backward trajectories ending at 0800 UTC 21 Sep 10
GDAS Meteorological Data



NOAA HYSPLIT MODEL
Backward trajectories ending at 0800 UTC 22 Sep 10
GDAS Meteorological Data

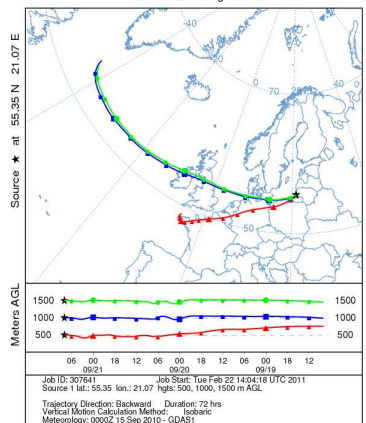


NOAA HYSPLIT MODEL
Backward trajectories ending at 0800 UTC 24 Sep 10
GDAS Meteorological Data

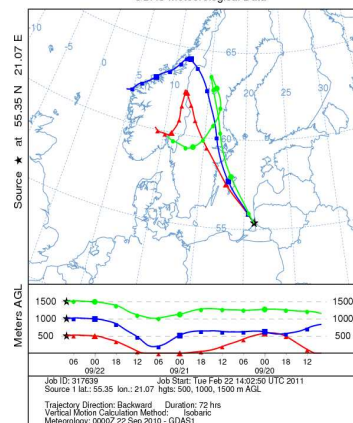


Atmosferos tyrimų st. Preila (LT15)

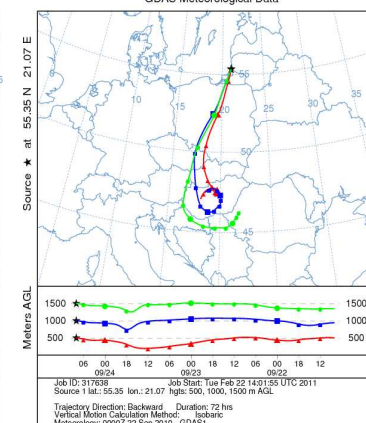
NOAA HYSPLIT MODEL
Backward trajectories ending at 0800 UTC 21 Sep 10
GDAS Meteorological Data



NOAA HYSPLIT MODEL
Backward trajectories ending at 0800 UTC 22 Sep 10
GDAS Meteorological Data



NOAA HYSPLIT MODEL
Backward trajectories ending at 0800 UTC 24 Sep 10
GDAS Meteorological Data



10 pav. Oro masių judėjimo 72 val. atgalinės trajektorijos 2010 m. rugsėjo mėn. 21, 22 ir 24 d. į IM stotis ir Preilą

Rugsėjo mėn. 21–24 d.d., oro masės, keliaujančios virš vakarinės ir pietinės Europos valstybių į Lietuvą (10 pav.) nedarė didelės įtakos matuojamų teršalų savaitės vidutinėms koncentracijoms Aukštaitijoje ir Žemaitijoje ir teršalų koncentracijos buvo: SO_2 – $0.44 \mu\text{gS}/\text{m}^3$ (LT01) ir $0.31 \mu\text{gS}/\text{m}^3$ (LT03), NO_2 – $0.34 \mu\text{gN}/\text{m}^3$ (LT01) ir $0.70 \mu\text{gN}/\text{m}^3$ (LT03), sumNO_3 – $0.37 \mu\text{gN}/\text{m}^3$ (LT01) ir $0.44 \mu\text{gN}/\text{m}^3$ (LT03), sumNH_4 – $0.91 \mu\text{gN}/\text{m}^3$ (LT01) ir $1.17 \mu\text{gN}/\text{m}^3$ (LT03). Tačiau, ženkliai didesnės nei savaitės vidutinės IM stotyse, matuotos teršalų koncentracijos Preiloje rugsėjo 24 d.: SO_2 – $1.50 \mu\text{gS}/\text{m}^3$, NO_2 – $1.44 \mu\text{gN}/\text{m}^3$, sumNO_3 – $0.69 \mu\text{gN}/\text{m}^3$. Tyrimų duomenys rodo, kad teršalų koncentracijų pokyčius labiausiai lėmė oro masių, nešamų į Lietuvą, kilmės kaita ir, be abejo, šių teršalų emisijos regionuose, iš kurių jie buvo nešami.

Analizuojant teršalų mėnesio vidutinių koncentracijų kaitą (2–4 lentelės ir 11 pav.) stebima jų sezoninė eiga, išskyrus sumNH_4 junginiams. Žiemos laikotarpio (sausis, vasaris ir gruodis) mėnesių vidutinė koncentracija yra 2–3 kartus didesnė nei vasaros mėnesių (birželis – rugpjūtis). Didžiausios SO_2 koncentracijos gautos sausio, vasario ir gruodžio mėn. Jos buvo ryškiai mažesnės ($< 0.34 \mu\text{gS}/\text{m}^3$) visose tyrimo vietose nuo kovo iki gruodžio mėn. Tai galėjo būti dėl mažesnės SO_2 emisijos per vasaros mėn. ir gan lietingo (nuo gegužės iki lapkričio mėn.), palyginti su pavasario mėnesiais, laikotarpio. Analizuojant NO_2 sezoninę koncentracijų kaitą, matoma jų didėjimo tendencija per sausio – kovo ir spalio – gruodžio mėnesius. Tokią NO_2 mėnesio koncentracijų kaitą gali lemti spartesnė NO_2 fotocheminė oksidacija per pavasario ir vasaros mėnesius. Didesnės NO_2 koncentracijos Preiloje nei IM stotyse, matyt, reikia sieti su didesniu autotransporto srautu Neringoje, o taip pat ir NO_x emisija iš laivų, esančių Baltijos jūroje. Sezoniškumas koncentracijų kaitoje matomas sumNO_3 junginiams: nuo sausio iki balandžio ir lapkričio – gruodžio mėn. vidutinė koncentracija yra beveik 2 kartus didesnė už koncentracijas per vasaros ir rudens mėnesius. sumNH_4 mėnesio vidutinių koncentracijų kaitoje nėra ryškios metinės kaitos tendencijos, tačiau stebimos mažesnės koncentracijos per lietingesnį laikotarpį. Nors mėnesio vidutinių koncentracijų kaitos tendencija yra gan vienoda visose tyrimų stotyse, tačiau, reikia pažymėti, kad Preiloje, kaip ir kitų azoto junginių, sumNH_4 koncentracijos matuotos didesnės.

2 lentelė. Teršalų vidutinės mėnesio koncentracijos ore Aukštaitijos IMS

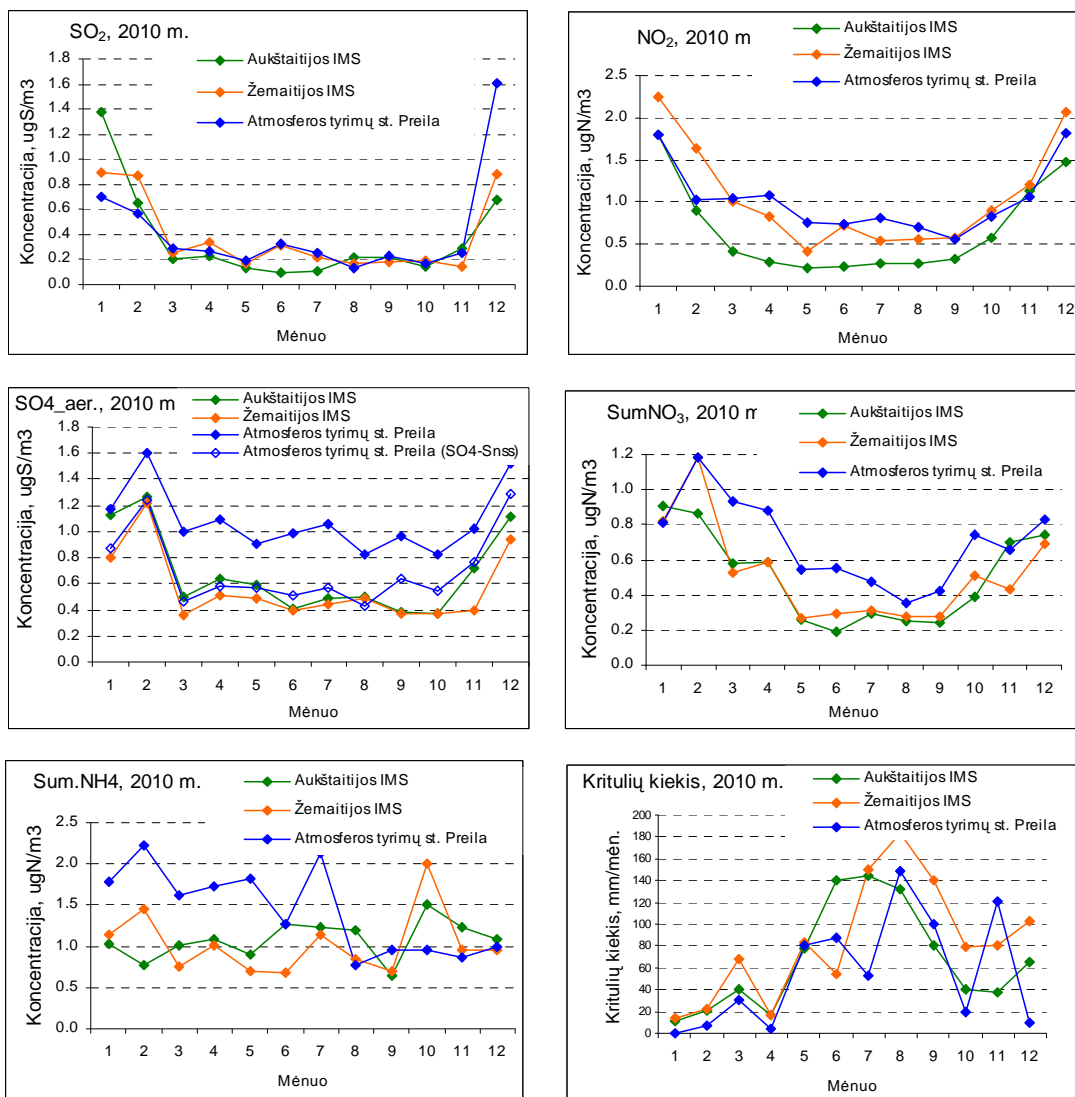
Metai, mėnuo	SO ₂	aer.SO ₄	NO ₂	SumNO ₃	SumNH ₄
	μgS/m ³		μgN/m ³		
2010.01	1.37	1.13	1.80	0.90	1.03
2010.02	0.65	1.27	0.91	0.87	0.77
2010.03	0.21	0.50	0.41	0.58	1.01
2010.04	0.23	0.64	0.29	0.59	1.09
2010.05	0.13	0.59	0.22	0.26	0.91
2010.06	0.10	0.40	0.23	0.19	1.28
2010.07	0.11	0.48	0.27	0.30	1.23
2010.08	0.22	0.50	0.27	0.25	1.20
2010.09	0.22	0.38	0.32	0.24	0.64
2010.10	0.15	0.37	0.57	0.39	1.51
2010.11	0.29	0.72	1.13	0.70	1.24
2010.12	0.68	1.12	1.47	0.74	1.08
Vidutinė	0.36	0.67	0.66	0.50	1.08

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		
2010.01	0.90	0.80	2.25	0.82	1.14
2010.02	0.88	1.23	1.64	1.18	1.45
2010.03	0.25	0.36	1.01	0.52	0.76
2010.04	0.34	0.51	0.83	0.58	1.01
2010.05	0.17	0.49	0.42	0.27	0.69
2010.06	0.31	0.39	0.72	0.29	0.68
2010.07	0.22	0.44	0.55	0.31	1.15
2010.08	0.18	0.48	0.56	0.28	0.85
2010.09	0.18	0.37	0.57	0.28	0.70
2010.10	0.19	0.37	0.90	0.51	2.01
2010.11	0.14	0.39	1.21	0.44	0.95
2010.12	0.88	0.94	2.07	0.69	0.95
Vidutinė	0.39	0.56	1.06	0.51	1.03

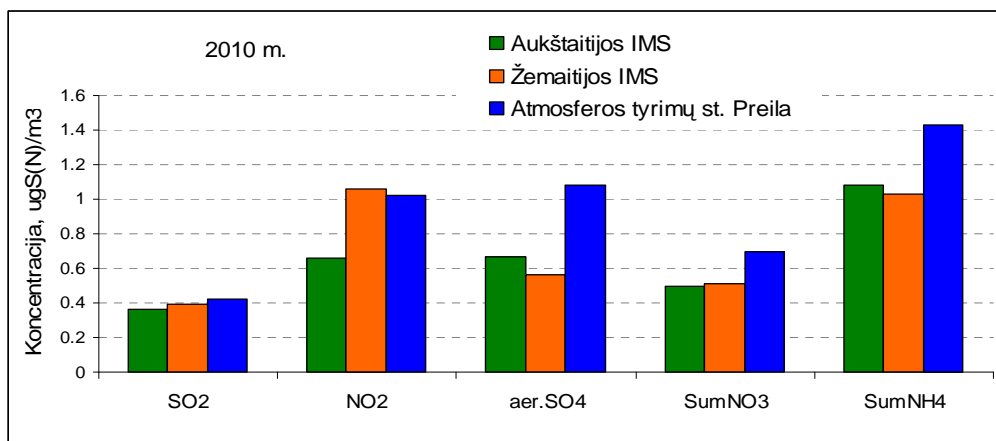
4 lentelė. Teršalų vidutinės mėnesio koncentracijos ore atmosferos tyrimų st. Preiloje

Metai, mėnuo	SO ₂	aer.SO ₄	NO ₂	SumNO ₃	SumNH ₄
	μgS/m ³		μgN/m ³		
2010.01	0.70	1.18	1.79	0.81	1.78
2010.02	0.57	1.61	1.02	1.18	2.22
2010.03	0.29	0.99	1.04	0.93	1.62
2010.04	0.27	1.09	1.08	0.88	1.72
2010.05	0.19	0.90	0.76	0.54	1.82
2010.06	0.32	0.98	0.74	0.55	1.27
2010.07	0.26	1.05	0.80	0.48	2.13
2010.08	0.14	0.82	0.71	0.35	0.78
2010.09	0.22	0.96	0.56	0.42	0.95
2010.10	0.17	0.82	0.83	0.74	0.95
2010.11	0.25	1.02	1.06	0.65	0.87
2010.12	1.61	1.52	1.81	0.83	1.00
Vidutinė	0.42	1.08	1.02	0.70	1.43



11 pav. Dujinių ir aerosolinių teršalų mėnesio vidutinių koncentracijų ore dinamika 2010 m. Aukštaitijos IMS (LT01), Žemaitijos IMS (LT03) ir Atmosferos tyrimų stotyje Preiloje (LT15).

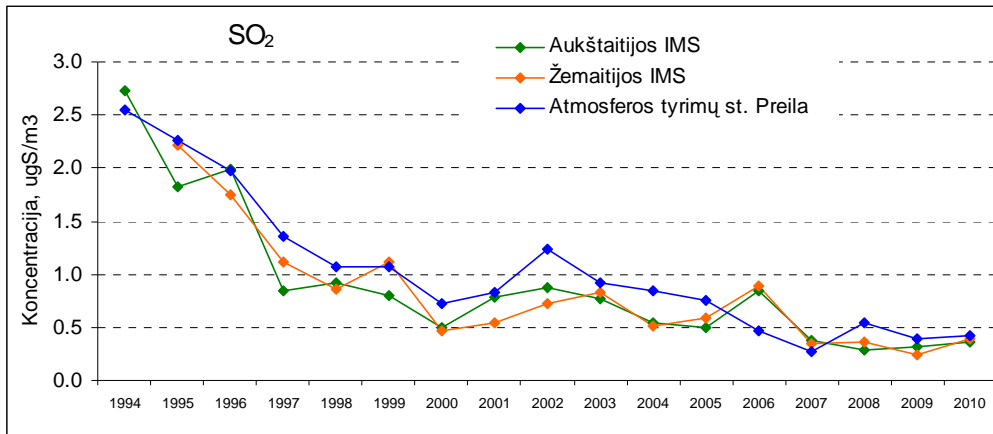
Palyginus atmosferos teršalų metines vidutines 2010 m. koncentracijas trijose vietose (12 pav.) matyti, kad Preiloje, išskyrus NO₂, jų metinės koncentracijos yra didesnės nei Aukštaitijos ir Žemaitijos IMS. Azoto dioksido vidutinė metinė koncentracija Preiloje yra 1.6 karto didesnė nei LT01 ir tik nežymiai mažesnė (< 4 %) nei LT03. Sieros dioksido, azoto dioksido, aerosolio sulfatų, sumos nitratų ir sumos amonio metinės koncentracijos Preiloje (LT15) yra didesnės nei Aukštaitijos IMS (LT01), atitinkamai 17, 55, 61, 40 ir 32 procentų. Vidutiniškai 35 % sulfatų koncentraciją Preiloje lemia jų įnašas iš Baltijos jūros. Įvertinus šį įnašą, aer.SO₄ metinė koncentracija yra 0.71 $\mu\text{g}/\text{m}^3$.



12 pav. Dujinių ir aerozolinių teršalų 2010 metų vidutinės koncentracijos Aukštaitijos IMS (LT01), Žemaitijos IMS (LT03) ir Atmosferos tyrimų stotyje Preiloje (LT15)

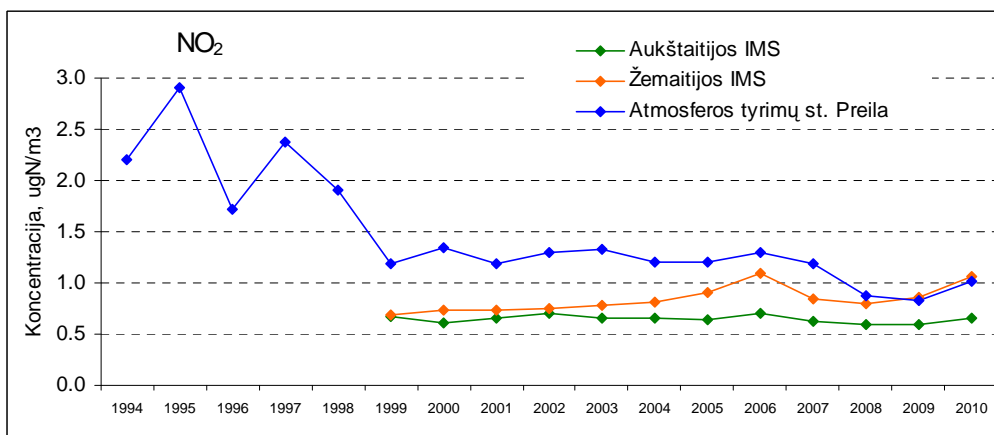
Nagrinęjant dujinių ir aerozolinių teršalų koncentracijų atmosferoje ilgalaikę dinamiką, naudotos vidutinės (aritmetinės) metų koncentracijos. Nepertraukiami nuo 1994 m. atmosferos taršos tyrimų duomenys Preiloje (LT15) ir integruoto monitoringo stotyse Aukštaitijoje (LT01) ir Žemaitijoje (LT03) rodo didelę pagrindinių sieros ir azoto junginių koncentracijų atmosferoje laikinę kaitą. Sieros dioksido (SO₂, dujos), azoto dioksido (NO₂, dujos), sulfatų (SO₄²⁻ aerozolio dalelėse), sumos nitratų (HNO₃, dujinė azoto rūgštis ir NO₃⁻ aerozolio dalelėse) ir sumos amonio (NH₃, dujinis amoniakas ir NH₄⁺ aerozolio dalelėse) metinių koncentracijų ore kaita nuo 1994 m. iki 2010 m. IM stotyse ir Preiloje pateikiama 13 – 17 paveiksluose.

Teršalų koncentracijų atmosferoje ilgalaikės kaitos tendencijų ir pokyčių vertinimui naudotas neparametrinis Mann-Kendalio statistinis metodas [7]. Sieros dioksido (13 pav.) koncentracijos Preiloje sumažėjo nuo 2.55 (1994 m.) iki 0.42 µgS·m⁻³ (2010 m.), Aukštaitijoje – nuo 2.73 (1994 m.) iki 0.36 µgS·m⁻³ (2010 m.) ir Žemaitijoje – nuo 2.22 (1995 m.) iki 0.39 µgS·m⁻³ (2010 m.). Per visą tyrimo laikotarpį (17 metų) SO₂ metinės koncentracijos sumažėjo 92, 86 ir 94 procentais, atitinkamai LT01, LT03 ir LT15. Ypač ryškus koncentracijų mažėjimas matomas iki 2000 m. ir ženkliai lėtesnis per pastarąjį dešimtmetį, o nuo 2007 m. jos mažai kinta. To priežastimi gali būti SO₂ emisijos mažinimo tempai [4]: nuo 1990 m. iki 2006 m. – 70 % ir –80 % , o nuo 2005 m. iki 2006 m. –3.4 % ir –2.0 % , atitinkamai ES-27 ir Lietuvoje.



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

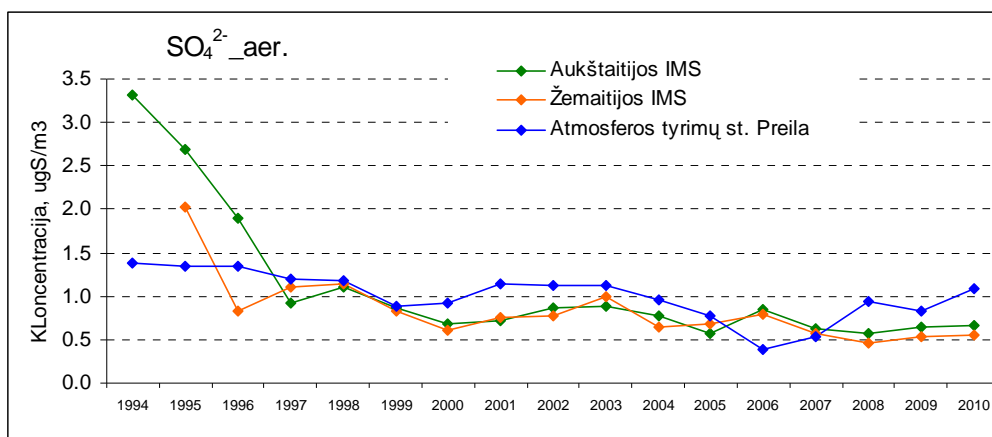
Nors ir nėra aiškios kryptingos tendencijos NO₂ koncentracijų (14 pav.) kaitoje Aukštaitijos IMS, Mann-Kendalio statistinis metodas skaičiuoja jų 7 % mažėjimą per 12 metų. Vidutinių metinių koncentracijų didėjimas nuo 0.69 µgN/m³ (1999 m.) iki 1.06 µgN/m³ (2010 m.) matomas Žemaitijos IMS ir statistinio metodo rezultatai rodo 43 % didėjimą. Preiloje matomas ryškus azoto dioksido koncentracijų mažėjimas nuo 1994 m. iki 1999 m., o per pastaruosius 12 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 2006 m. –35 % ir –55 % , o nuo 2005 m. iki 2006 m. – 1.8 % ir +6.5 % , atitinkamai ES-27 ir Lietuvoje.



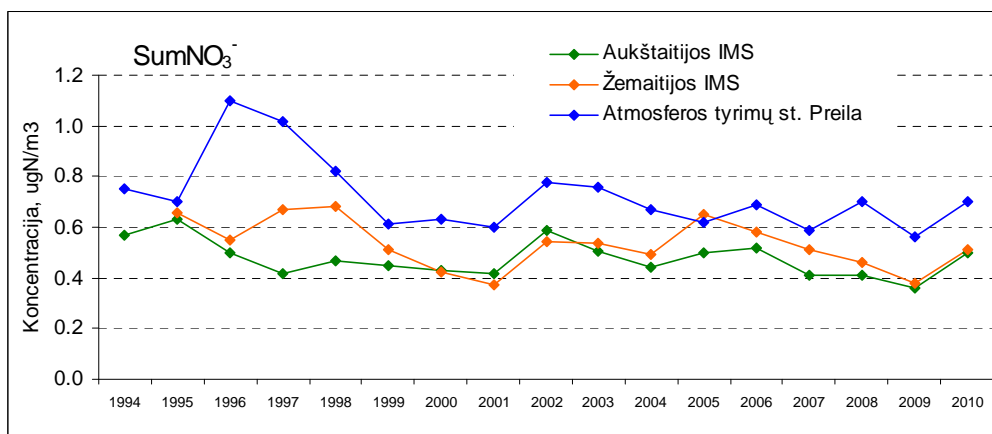
14 pav. NO₂ metinių koncentracijų atmosferos ore kaita IM stotyse ir Preiloje

Aerolinių sulfatų metinių koncentracijų kaita rodo (15 pav.) jų mažėjimą nuo 3.32 iki 0.67 µgS·m⁻³ (–66 %) Aukštaitijos IMS, nuo 2.03 iki 0.56 µgS·m⁻³ (–55

%) Žemaitijos IMS ir Atmosferos tyrimų stotyje Preiloje nuo 1.39 iki 1.08 $\mu\text{gS}\cdot\text{m}^{-3}$ (–44 %). Tačiau, 5 pastarųjų metų (2006 – 2010 m.) duomenys rodo tik 1% mažėjimą Aukštaitijos IMS ir didesnę (–35%) sulfatų koncentracijos mažėjimą Žemaitijos IMS, o Preiloje 31% koncentracijų didėjimą.

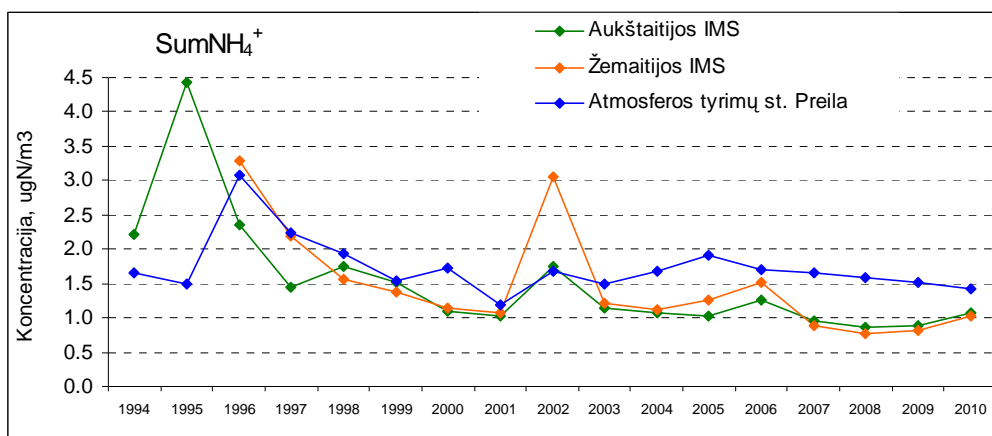


15 pav. aer. SO_4^{2-} metinių koncentracijų atmosferos ore kaita IM stotyse ir Preiloje



16 pav. SumNO_3^- metinių koncentracijų atmosferos ore kaita IM stotyse ir Preiloje

16 paveiksle pateikti duomenys rodo sumos nitratų metinių koncentracijų nevienareikšmę kaitos tendenciją Aukštaitijos bei Žemaitijos stotyse ir Preiloje. Per 17 metų laikotarpį vidutinės metų sumNO_3^- koncentracijos Aukštaitijoje kito nuo 0.57 iki 0.50 $\mu\text{gN}\cdot\text{m}^{-3}$ (–23%), Žemaitijoje nuo 0.66 iki 0.51 $\mu\text{gN}\cdot\text{m}^{-3}$ (–23%) ir Preiloje kito nuo 1.10 iki 0.70 $\mu\text{gN}\cdot\text{m}^{-3}$ (–26%). 5 pastarųjų metų (2006 – 2010 m.) duomenys rodo tik 16% mažėjimą Aukštaitijos IMS ir didesnę 36% sumNO_3^- koncentracijos mažėjimą Žemaitijos IMS, o Preiloje 3% koncentracijų didėjimą.



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

Vidutinė metinė sumNH₄ koncentracija ore Aukštaitijoje kito nuo 2.23 iki 1.08 μgN/m³, Žemaitijoje nuo 2.20 iki 1.03 μgN/m³, Preiloje – nuo 3.07 iki 1.43 μgN/m³ (17 pav.). Visose stotyse stebima sumNH₄ metinių koncentracijų mažėjimo tendencija per pastaruosius penkis metus (2006–2010 m.): –14, –42 ir –27 procentai, atitinkamai LT01, LT03 ir LT15.

IŠVADOS

Vertinant atmosferos oro taršos tyrimų duomenis Aukštaitijos IMS, Žemaitijos IMS ir Preiloje 2010 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 koncentracijos atmosferos ore matuotos didesnės per šaltąjį metų laikotarpį, (sausio – vasario, o taip pat spalio – gruodžio mėn.), nei per šiltąjį (balandžio – rugsėjo mėn.).
- Teršalų koncentracijoms atmosferos ore IM stotyse ir Preiloje didžiausią poveikį daro SO₂ ir NO₂ emisijos šaltiniai, kurie yra centrinėje, pietinėje ir pietrytinėje Europoje.
- Teršalų 2010 m. vidutinės koncentracijos Preiloje yra didesnės nei Žemaitijoje ir Aukštaitijoje, išskyrus azoto dioksidą. NO₂ metinė koncentracija Preiloje yra 1.6 karto didesnė nei LT01 ir tik nežymiai mažesnė (< 4 %) nei LT03.

Vidutiniškai 35 % sulfatų koncentraciją Preiloje lemia jų įnašas iš Baltijos jūros.

- SO₂ ir aer.SO₄ koncentracijų atmosferos ore mažėjimas Lietuvoje, be abejonės, labiausiai yra siejamas su ženkliu (–70 %) SO₂ emisijos mažėjimu daugumoje centrinės Europos valstybių ir Skandinavijoje, ypač per 1990–2006 metų laikotarpį.
- Visose stotyse stebima sieros ir azoto junginių (SO₂, aerSO₄, NO₂, sumNO₃ ir sumNH₄) metinių koncentracijų mažėjimo tendencija per 2006–2010 m. metus.
- Tenkinant Europos monitoringo paruoštos strategijos 2010 – 2019 m., EMEP stotyse papildomai į programą turi būti įtraukti dujinių amoniako, azoto ir druskos rūgšties ore tyrimai, taip pat Na⁺, K⁺, Ca²⁺, Mg²⁺ koncentracijų tyrimai aerozolio dalelėse ir aerozolio dalelių (PM10 ir PM2.5) masės koncentracija. Jų stebėjimo dažnis turi būti nedidesnis nei 24 valandos. Tolinų 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 No7/2008. Annual European Community LRTAP Convention emission inventory report 1990-2006. 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**.