

Tvirtinu:

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

2011 m. vasario mėn. 07 d.

PAŽEMINIO OZONO TYRIMAI PAGAL EMEP PROGRAMĄ

2010 m. birželio mėn. 04 d. Sutarties Nr. 4F10-66

ATASKAITA

Temos vadovas dr. R. Girgždienė

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

Vilnius _____ 2010

Temos “PAŽEMINIO OZONO TYRIMAI PAGAL EMEP PROGRAMĄ”

vykdytojų sąrašas:

1. Dr. Rasa Girgždienė, vyresnioji mokslo darbuotoja – temos vadovė
2. Dr. Jelena Andriejauskienė, mokslo darbuotoja – temos vykdytoja
3. Dr. Steigvilė Byčenkienė, mokslo darbuotoja – temos vykdytoja

TURINYS

ĮVADAS	4
METODIKA	8
REZULTATAI IR JŲ APTARIMAS	10
IŠVADOS	25
LITERATŪRA	27

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, 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 direktyvos 2002/3/EB [2], dar žinoma kaip trečioji Tarybos direktyvos 96/62/EB [3] dėl aplinkos oro kokybės vertinimo ir valdymo dukterinė direktyva, kurią nuo birželio mėnesio pakeitė 2008/50/EB dėl aplinkos oro kokybės ir švaresnio oro Europoje direktyva [4], bei 2001/81/EB [5] dėl tam tikrų į atmosferą išmetamų teršalų nacionalinių limitų bei Lietuvos Respublikos aplinkos ministro ir sveikatos apsaugos ministro 2002 10 17 įsakymas Nr. 544/508 [6] ir Lietuvos Respublikos aplinkos ministro 2003 09 25 įsakymas Nr 468 [7].

2002/3/EB (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 ($\mu\text{g}/\text{m}^3$) x 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.

SIEKTINOS 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

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).

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

Remiantis 2001/81/EB Direktyva bei LR Aplinkos ministro įsakymu Nr. 468, yra nustatytas pažemio ozono kritinis lygis žmonių sveikatai. Šis lygis nusakomas indikatoriumi AOT 60, kurio vertė yra didesnių 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 apibrėžtus šioje Direktyvoje pažemio ozono apkrova, didesnė negu žmonių sveikatai nustatytas kritinis lygis (AOT 60 = 0), 2010 metais palyginti su 1990, turi būti sumažinta dviem trečdaliais. Be to, pažemio ozono apkrova bet kuriame 150 km x 150 km plote neturi viršyti absoliučios 5800 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ x h (2,9 ppm x h) ribos. Pagal tuos pačius dokumentus pažemio ozono apkrova, didesnė negu pasėliams ir natūraliai augančiais augmenijai nustatytas (2 lentelė) kritinis lygis AOT 40 = 6000 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ x h (3 ppm x h), 2010 metais palyginti su 1990, turi būti sumažintas taip pat dviem trečdaliais. Be to, pažemio ozono apkrova bet kuriame 150 km x 150 km plote neturi viršyti absoliučios 20000 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ x 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 2005-2010 metų laikotarpį analizė ir prognozė. Indikatorių AOT40 ir AOT60 verčių apskaičiavimas ir įvertinimas.

Įsigaliojančioje naujoje Europos Parlamento ir Tarybos direktyvoje 2008/50/EB dėl aplinkos oro kokybės ir švaresnio oro Europoje esminių pakitimų ozono klausimais nėra, išlieka tie patys reikalavimai.

METODIKA

Ozono koncentracija atmosferos pažemio sluoksnyje Lietuvoje pagal EMEP (Oro taršos tolimųjų pernašų Europoje monitoringo ir įvertinimo kooperatyvinė programa) programos reikalavimus [8] 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 2010 metais monitoringo stotyje įvertinimas.

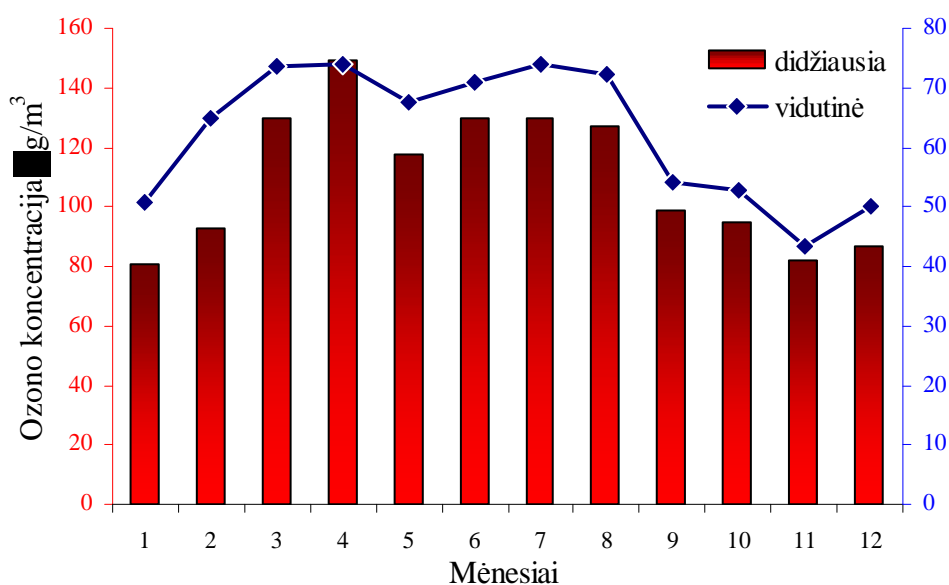
Vienas iš pagrindinių monitoringo reikalavimų yra duomenų patikimumas bei jų visuma. Pagal galiojantį Aplinkos ministro 2002-10-17 įsakymą Nr.544/508 "Dėl ozono aplinkos normų ir vertinimo taisyklių nustatymo" bei ES direktyvos 2002/3/EC, kuri įsigaliojo nuo 2003 m. rugsėjo 9 dienos, buvo sugriežtinti reikalavimai duomenų pilnumui ir patikimumui. Toks pats reikalavimas išlieka ir naujoje 2008/50/EB direktyvoje. 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 2010 metais

Mėnuo	Val. sk.	%
Sausis	744	100
Vasaris	672	100
Kovas	739	99,3
Balandis	720	100
Gegužė	739	99,3
Birželis	720	100
Liepa	719	96,6
Rugpjūtis	737	99,1
Rugsėjis	660	91,7
Spalis	694	93,3
Lapkritis	691	96,0
Gruodis	744	100

Vidutinių ir didžiausių ozono koncentracijų sezoninė eiga 2010 metais monitoringo stotyje pateikta 2 paveiksle. Vidutinės ozono koncentracijos sezoninė eiga stotyje pasižymi plačiu piku pavasario-vasaros mėnesiais su nedideliu sumažėjimu gegužės mėnesį. Didžiausios ozono valandinės koncentracijos užregistruotos balandžio mėnesį, o vasaros laikotarpiu birželio - rugpjūčio mėnesiais didžiausios valandinės koncentracijos buvo labai panašios, t.y. 127 - 130 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ reikšmių intervale.



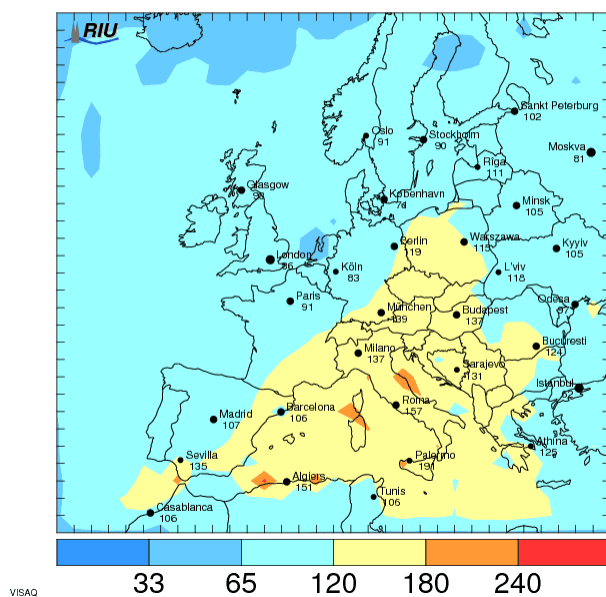
2 pav. Vidutinių ir didžiausių mėnesio ozono koncentracijų sezoninės eigos Preilos stotyje 2010 metais

2010 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, Suomijoje, Estijoje. Artimiausias regionas, kur buvo viršytas šis lygis yra Lenkijos pietiniai rajonai, birželio - liepos mėnesiais ir pietų Švedijoje liepos mėnesį. Apskritai ozono lygis Europoje 2010 metais buvo žemas. 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 ($149,5 \mu\text{g}/\text{m}^3$) 2010 metais Preilos stotyje buvo išmatuota balandžio 30 dieną. Pagal EURAD modelio prognozę tą dieną ozono koncentracija turėjo būti panašiam lygyje (3 pav.). Apskritai, ozono koncentracijų

prognozė tuo metu rodė didelėje Europos dalyje padidintą ozono lygį, o Lietuvoje tik prie jūros pietinėje dalyje, kur yra Preilos monitoringo stotis.

Ozone $\mu\text{g}/\text{m}^3$ Level 1 30.04.2010 Daily Maximum

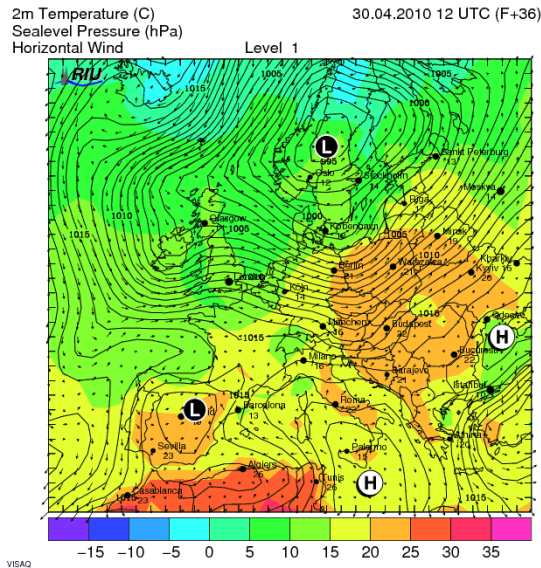


3 pav. Didžiausių valandinių ozono koncentracijų prognozė 2010 m. balandžio 30 d.

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

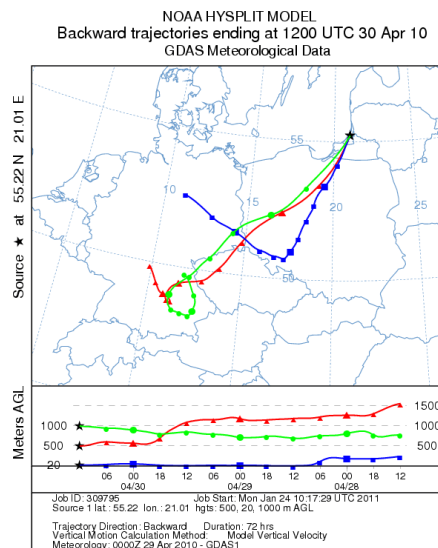
Tai lėmė meteorologinės sąlygos ir sinoptinė situacija. Tuo metu Lietuvoje buvo aukšta oro temperatūra (30 balandžio pasiekė $+24,4^{\circ}\text{C}$, o naktį buvo apie $+10^{\circ}\text{C}$), t.y., išmatuota buvo labai artima pateikiamai oro temperatūros reikšmei pagal EURAD modelį (4 pav.).

Vėjo greitis siekė apie 6 m/s ir vyravo pietvakarių krypties vėjai. Sinoptinė situacija ir meteorologinės sąlygos buvo palankios ne tik užteršto oro pernašai bet ir vietiniam fotocheminiam ozono susidarymui. Atgalinės oro masių pernašos trajektorijos rodo (5 pav.), kad Lietuvą pasiekė oro masės iš pietvakarių, praeidamos užterštus Europos regionus, Lenkiją, kur tuo metu galėjo susidaryti ir nemažos ozono koncentracijos. Reikia pažymėti, kad didelės ozono koncentracijos balandžio mėnesio paskutiniuosius dienas yra stebimos beveik kiekvienais metais.



4 pav. Sinoptinės situacijos ir meteorologinių parametų prognozė
 2010 metų balandžio 30 d.

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

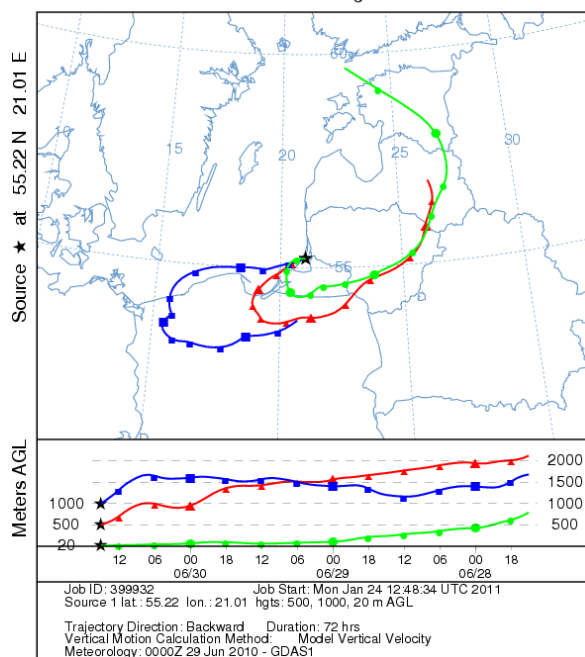


5 pav. Oro masių pernašos atgalinės trajektorijos, 2010 metų balandžio 30 d.

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

Panaši situacija buvo susiklosčiusi ir birželio 30 dieną, tačiau ozono koncentracija buvo pasiekusi tik $130 \mu\text{g}/\text{m}^3$. Tą dieną Preilos stotį pasiekė oro masės praėjusios Lenkijos šiaurinę teritoriją (6 pav.) ir virš Baltijos jūros, kur jau keletas dienų buvo stebimos padidintos ozono koncentracijos. Reikia pažymėti, kad prognozė rodė panašias koncentracijas ir šis lygis apėmė plačią Europos teritoriją (7 pav.).

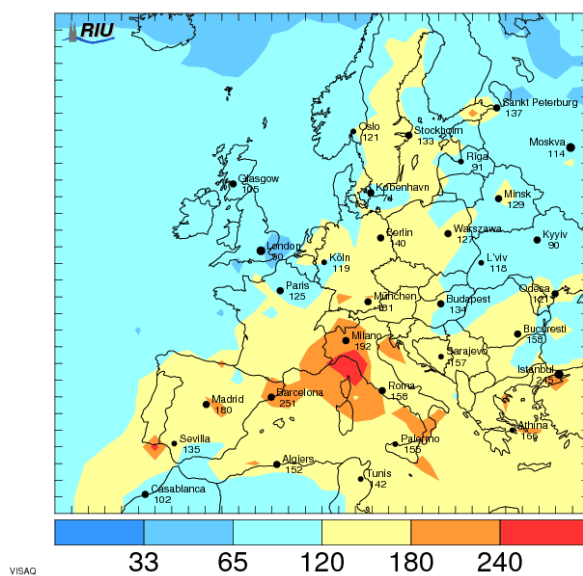
NOAA HYSPLIT MODEL
Backward trajectories ending at 1500 UTC 30 Jun 10
GDAS Meteorological Data



6 pav. Oro masių pernašos atgalinės trajektorijos, 2010 metų birželio 30 d.

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

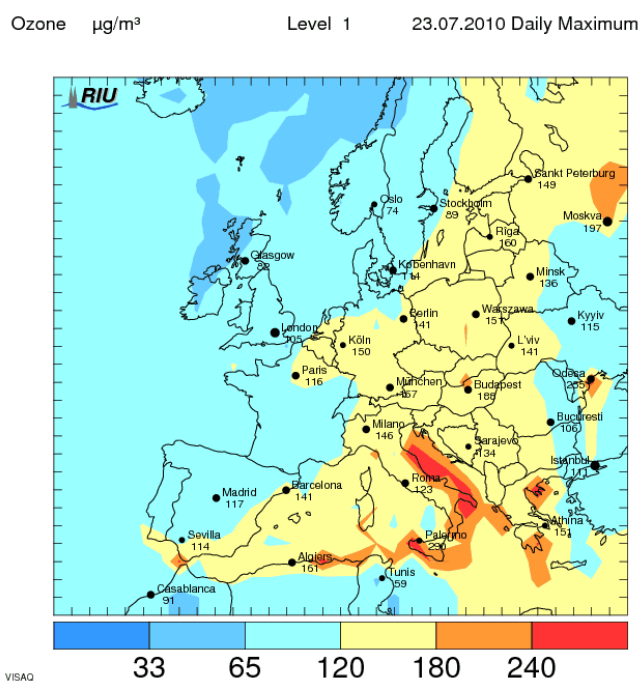
Ozone $\mu\text{g}/\text{m}^3$ Level 1 30.06.2010 Daily Maximum



7 pav. Didžiausių valandinių ozono koncentracijų prognozė 2010 metų birželio 30 d.

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

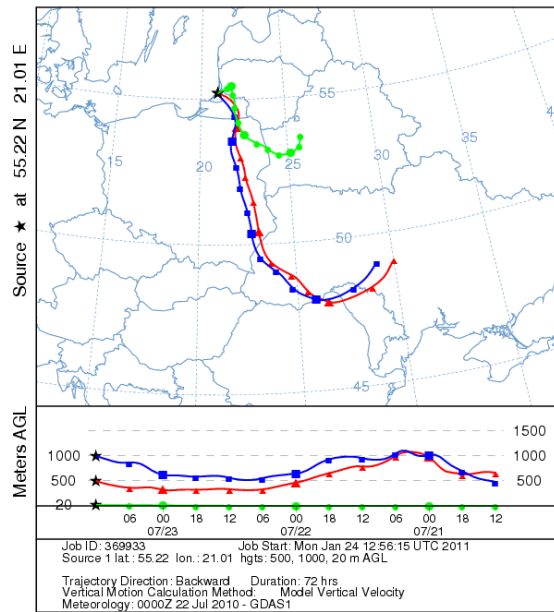
Padidintų ozono koncentracijų epizodas buvo stebėtas ir liepos 23 dieną, tačiau koncentracijos nesiekė žmonėms pavojingo lygio. Šis epizodas apėmė didžiąją Europos dalį (8 pav.). Pasinaudojus oro masių pernašos atgalinių trajektorijų analize, matosi, kad šis padidintas ozono lygis ($130 \mu\text{g}/\text{m}^3$) buvo sąlygotas užteršto oro pernaša per Lenkiją iš pietinių Europos regionų. Taip pat buvo didelė tikimybė vietinio fotocheminio ozono susidarymo, kadangi tas laikotarpis pasižymėjo aukšta oro temperatūra (virš $+25^\circ\text{C}$), mažu vėjo greičiu (vidutinis greitis neviršijo $4\text{m}/\text{s}$). Pagal Lietuvos valstybinio oro monitoringo matavimų duomenis tai buvo epizodas ir su padidintomis kietųjų dalelių KD10 ir KD2,5 koncentracijomis [10].



8 pav. Didžiausių ozono koncentracijų prognozė 2010 metų liepos 23 d.

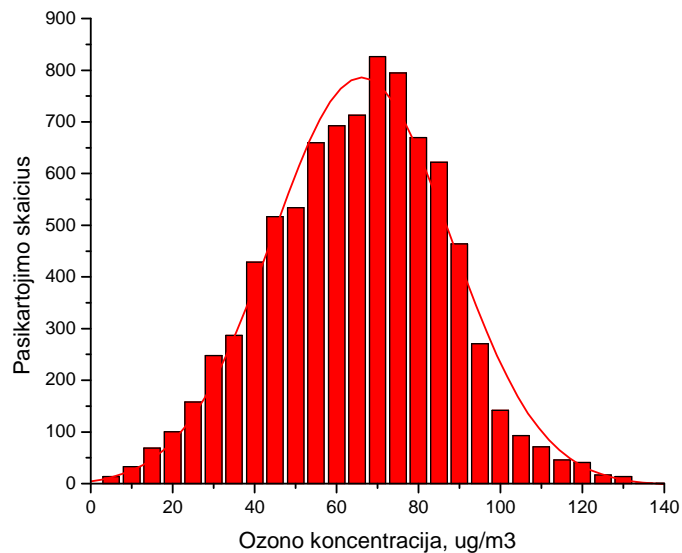
Šaltinis: http://www.eurad.uni-koeln.de/index_e.html?/index_home_e.html

NOAA HYSPLIT MODEL
 Backward trajectories ending at 1200 UTC 23 Jul 10
 GDAS Meteorological Data



9 pav. Oro masių pernašos atgalinės trajektorijos, 2010 metų liepos 23 d.

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



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

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

Ozono valandinių koncentracijų dažnio pasiskirstymas stotyse parodė, kad dažniausiai registruojamos reikšmės stotyje tame pačiame intervale kaip pernai, t.y. 65-75 $\mu\text{g}/\text{m}^3$. 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 2010 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 2010 metus nebuvo stebėtas.

Pažemio ozono koncentracijos statistiniai parametrai Preilos monitoringo stotyje

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	62,5	$\mu\text{g}/\text{m}^3$		2002/3/EB 2008/50/EB	
Patikimų duomenų skaičius:					
kalendoriniai metai	8579 (97,9%)	valandų skaičius	sausis -gruodis	2002/3/EB 2008/50/EB	ne daugiau kaip 8760
vasaros metas	4295 (97,8%)	valandų skaičius	balandis-rugsėjis	2002/3/EB 2008/50/EB	ne daugiau kaip 4392
žiemos metas	4284 (98,1%)	valandų skaičius	sausis-kovas ir spalis-gruodis	2002/3/EB 2008/50/EB	ne daugiau kaip 4368
Didžiausia mėnesio reikšmė:					
balandis	149,5	$\mu\text{g}/\text{m}^3$			
gegužė	117,8	$\mu\text{g}/\text{m}^3$			
birželis	130,0	$\mu\text{g}/\text{m}^3$			
liepa	129,9	$\mu\text{g}/\text{m}^3$			
rugpjūtis	127,2	$\mu\text{g}/\text{m}^3$			
rugsėjis	98,6	$\mu\text{g}/\text{m}^3$			
Žmonių sveikatos apsauga					
Maksimalus 8 valandų vidurkis $>120 \mu\text{g}/\text{m}^3$	3*	dienų skaičius	kalendoriniai metai	2002/3/EB 2008/50/EB	* plačiau 6 lentelėje
Informavimo slenkstinės vertės - valandos vidurkis $>180 \mu\text{g}/\text{m}^3$ - viršijimas	0	valandų skaičius		2002/3/EB 2008/50/EB	

<i>1</i>	<i>2</i>	<i>3</i>	<i>4</i>	<i>5</i>	<i>6</i>
Pavojaus slenkstinės vertės - valandos vidurkis >240 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ - viršijimas	0	valandų skaičius		2002/3/EB 2008/50/EB	
AOT60	299	$\mu\text{g}/\text{m}^3 \times \text{h}$	sausis-gruodis	2001/81/EB	ne daugiau kaip 5800
AOT40 miškų apsaugai	13126 (13313)	$\mu\text{g}/\text{m}^3 \times \text{h}$	balandis-rugsėjis	2002/3/EB 2008/50/EB	Skliaustuose pateiktos reikšmės perskaičiuotos pagal 3 formulę
Patikimų duomenų skaičius	2151	valandų skaičius	balandis-rugsėjis, 8-20 val.		ne daugiau kaip 2196
AOT40 augmenijos apsaugai	7895 (8022)	$\mu\text{g}/\text{m}^3 \times \text{h}$	gegužė-liepa	2001/81/EB 2002/3/EB	Skliaustuose pateiktos reikšmės perskaičiuotos pagal 3 formulę
Patikimų duomenų skaičius	1092	valandų skaičius	gegužė-liepa, 8-20 val.		ne daugiau kaip 1104

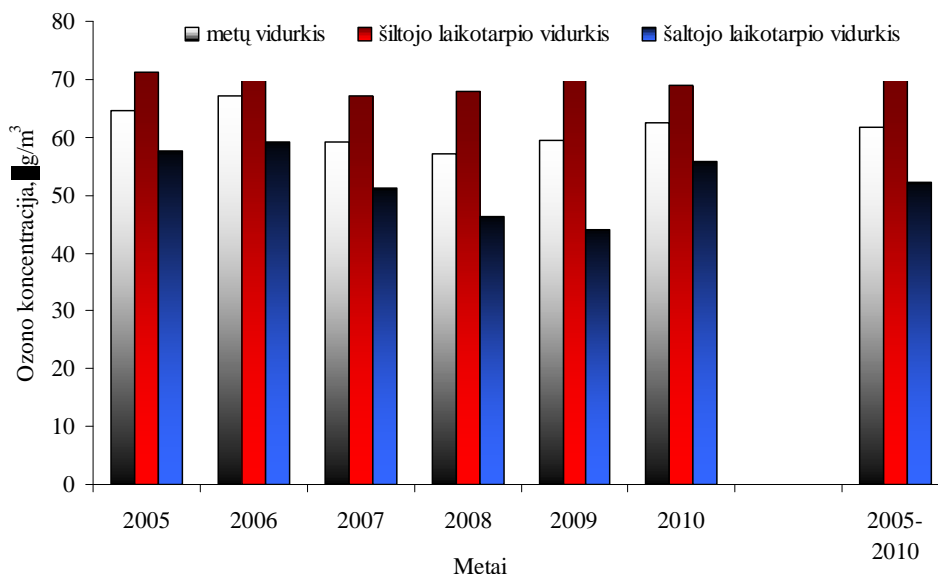
Atskiri ozono slenkstinių verčių viršijimo atvejai:
 Sveikatos apsaugos ozono ilgalaikio tikslo
 (maksimalus 8 valandų vidurkis $> 120\mu\text{g}/\text{m}^3$) viršijimas

Stotis	Mėnuo ir diena	Didžiausia paros 8 h vidutinė ozono koncentracija, $\mu\text{g}/\text{m}^3$
Preila	Balandžio 30	140
	Liepos 23	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 paras 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 2010 metais neviršijo leistinos absoliučios $5800 \mu\text{g}/\text{m}^3 \times \text{h}$ ribos, tačiau viršijo žmonių sveikatai nustatytą kritinį lygį $\text{AOT } 60 = 0$.

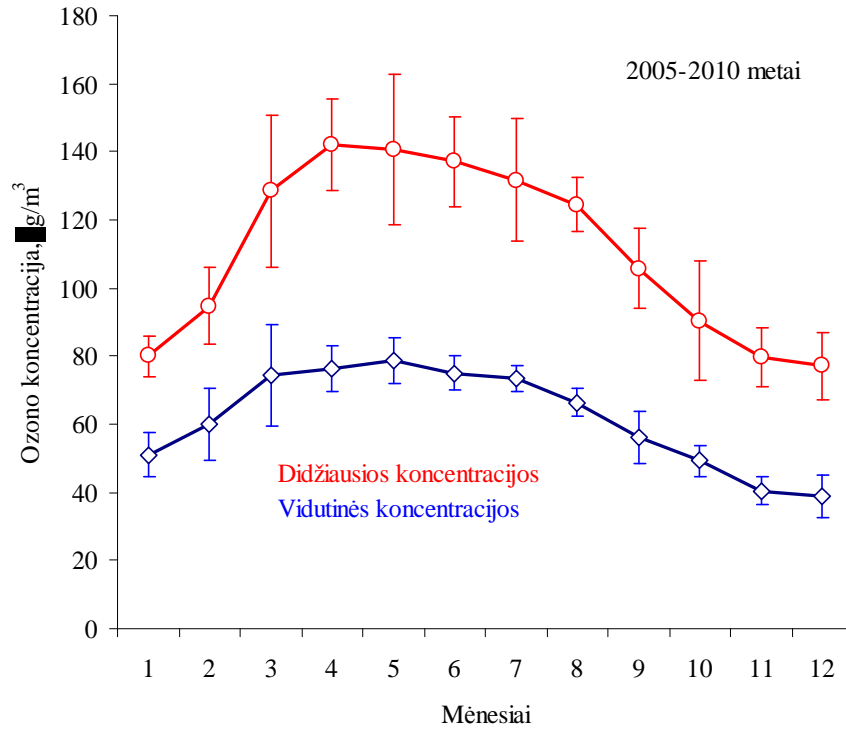
Ozono koncentracijos pokyčių per 2005-2010 metų laikotarpį apžvalga ir prognozė

Vidutinė metinė ozono koncentracija per 2005-2010 metų laikotarpį buvo intervale $(61,7 \pm 3,8) \mu\text{g}/\text{m}^3$. Didžiausia koncentracija ($67,2 \mu\text{g}/\text{m}^3$) buvo nustatyta 2006 metais, o mažiausia ($57,2 \mu\text{g}/\text{m}^3$) 2008 metais (12 pav.).

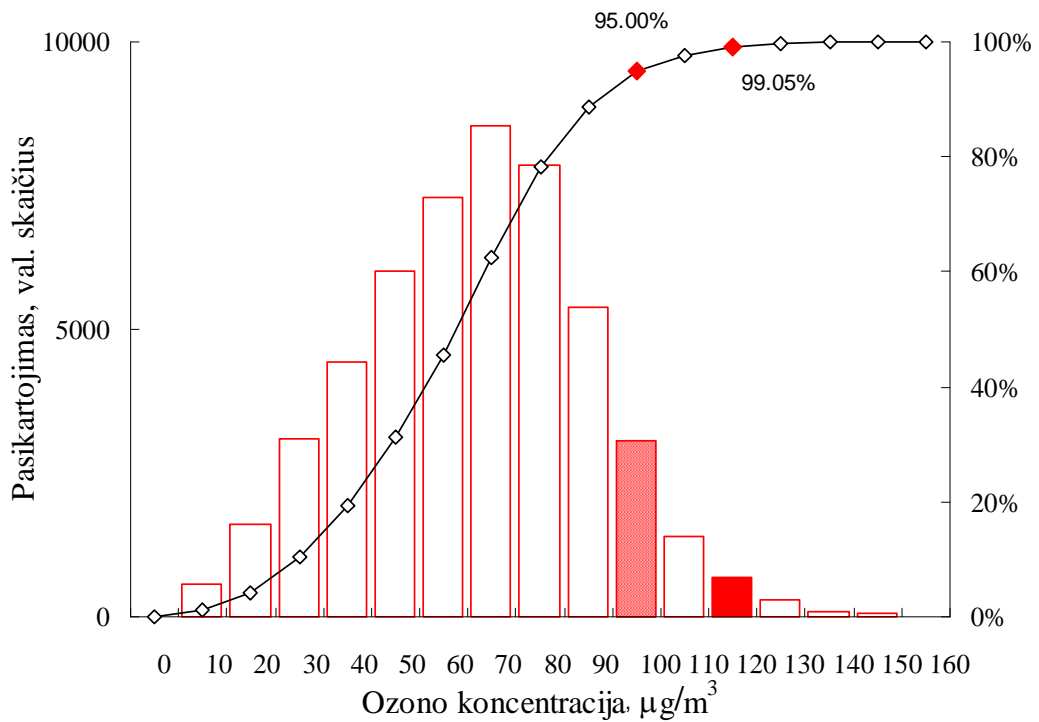


12 pav. Ozono koncentracijos vidutinių reikšmių kaita per 2005–2010 metus Preilos stotyje atskirais laikotarpiais: šiltuoju (balandis-rugsėjis), šaltuoju (spalis-kovas) ir kalendoriniais metais

Pagrindinė vidutinės ozono metinės koncentracijos kaitos priežastis yra koncentracijų pokyčiai šaltojo laikotarpio mėnesiais, ypač vasario - kovo mėnesiais (13 pav.). Didžiausi sezoniniai pokyčiai per šį laikotarpį buvo stebimi vasario - kovo ir rugsėjo mėnesiais (13 pav.). Vidutinė šiltojo laikotarpio ozono koncentracija mažai kito, nors didžiausios ozono valandinės koncentracijos per aptariamą laikotarpį buvo išmatuotos skirtingais mėnesiais, tačiau jos neviršijo $180 \mu\text{g}/\text{m}^3$, išskyrus 2006 m. gegužės mėnesį, kai vieną valandą ozono koncentracija pasiekė $181,3 \mu\text{g}/\text{m}^3$ ir tokiam lygiui susidaryti galėjo turėti įtakos vietiniai Lietuvos teritorijoje vykę fotocheminiai procesai. Tai buvo laikotarpis, kada degė miškas Neringoje. Pikinių ozono koncentracijų susidarymą Preilos stoties aplinkoje lėmė užteršto oro pernašos iš kitų Europos regionų. Didelių ($> 120 \mu\text{g}/\text{m}^3$) ozono koncentracijų pasikartojimas per 2005-2010 metų laikotarpį stebėtas mažiau nei 1 % laiko (14 pav.).



13 pav. Vidutinės ozono koncentracijos (\pm standartinis nuokrypis) sezoninė eiga per 2005 – 2010 metų laikotarpį.



14 pav. Valandinių ozono koncentracijų pasikartojimo per 2005-2010 metus histograma

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 14899 ir $13973 \mu\text{g}/\text{m}^3 \times \text{h}$ atitinkamai per 2005-2009 ir 2006-2010 metų laikotarpius. Ilgalaikis tikslas - $6000 \mu\text{g}/\text{m}^3 \times \text{h}$ per 2005-2010 metus 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, per 2005-2010 metų laikotarpį nebuvo viršyta. Nors atskirais metais ta reikšmė yra skirtinga, bet paprastai neviršija 10 dienų, tik 2005 ir 2006 metais jos buvo 11 ir 20 dienų, atitinkamai, tačiau 3 metų vidurkis nebuvo viršytas. Tačiau ilgalaikiai tikslai dar nėra pasiekti, t.y., užregistruoti atvejai, kai paros didžiausias 8 valandų vidurkis viršijo $120 \mu\text{g}/\text{m}^3$. 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 nuolatinai 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 parametrų (AOT40, AOT60 ir panašiai) lygiai ir ateityje priklausys pagrinde 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 [11], tačiau, kadangi ozono lygis labai priklauso ir nuo meteorologinių sąlygų pokyčių atskirais metais, tai ozono stebėseną foninėse stotyse yra labai svarbi. Šaltojo meto ozono koncentracijos augimas, stebimas ne tik Lietuvoje bet ir visoje Europoje.

IŠVADOS

Vidutinė metinė ozono koncentracija 2010 metais EMEP stotyje Preiloje buvo $62,5 \mu\text{g}/\text{m}^3$, t.y., didesnė nei 2009 metais. Pagrindinė priežastis yra ozono koncentracijos padidėjimas šaltuoju metų laikotarpiu, t.y., spalio - kovo mėnesiais.

Didžiausia ozono koncentracija ($149,5 \mu\text{g}/\text{m}^3$) 2010 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 2009 metais, mažai pakito.

Apskaičiuotos AOT40 vertės miškų apsaugai stotyje neviršijo ($13126 \mu\text{g}/\text{m}^3 \times \text{h}$ ir $13313 \mu\text{g}/\text{m}^3 \times \text{h}$ 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 2009 metais.

Per 2010 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 $\text{AOT } 60 = 0$.

Pagrindinė vidutinės ozono metinės koncentracijos kaitos priežastis yra koncentracijų pokyčiai šaltojo laikotarpio mėnesiais.

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.

Didžiausių (pikinių) ozono koncentracijų susidarymas Preilos stoties aplinkoje yra stebėtas kai užterštos oro masės ateina iš kitų Europos regionų. Didelių ($> 120 \mu\text{g}/\text{m}^3$) ozono koncentracijų pasikartojimas per 2005-2010 metų laikotarpį stebėtas mažiau nei 1% laiko.

Apskaičiuotos AOT40 vertės augmenijos apsaugai Preilos stotyje per 2005-2010 m. neviršijo 2008/50/EB direktyvos VII priede pateiktos siektinos 5 metų vidutinės vertės, t.y., $18000 \mu\text{g}/\text{m}^3 \times \text{h}$.

Vertinant ozono koncentracijos pokyčius Preiloje ir kitose Europos regionuose per 2005-2010 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.

Vidutinių ozono koncentracijų lygis turėtų išlikti panašiam lygyje arba šiek tiek didėti, dėl foninio ozono lygio didėjimo Europoje ypač šaltuoju metų laikotarpiu.

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 ir Tarybos Direktyva 2002/3/EB dėl ozono aplinkos ore. Official Journal L 067, 09/03/2002 P. 0014 – 0030. <http://europa.eu.int/eur-lex/lex/LexUriServ/LexUriServ.do?uri=CELEX:32002L0003:LT>
3. TARYBOS DIREKTYVA dėl aplinkos oro kokybės vertinimo ir valdymo 96/62/EB, <http://www3.lrs.lt/c-bin/eu/preps2?Condition1=20746&Condition2=>
4. 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>
5. Europos Parlamento ir Tarybos Direktyva 2001/81/EB dėl tam tikrų atmosferos teršalų išmetimo nacionalinių ribų. Official Journal L 309, 27/11/2001 P. 0022 - 0030. <http://europa.eu.int/eur-lex/lex/LexUriServ/LexUriServ.do?uri=CELEX:32001L0081:LT:HTML>
6. Sveikatos apsaugos ministro įsakymas Nr. 544/508 "Dėl ozono aplinkos ore normų ir vertinimo taisyklių nustatymo". Valstybės žinios, 2002 Nr.105-4726
7. Lietuvos Respublikos aplinkos ministro įsakymas Nr. 468 "Dėl sieros dioksido, azoto oksidų, lakiųjų organinių junginių ir amoniako nacionalinių limitų patvirtinimo". Valstybės žinios, 2003, Nr.99-4465
8. EMEP Manual for Sampling and Analysis. <http://tarantula.nilu.no/projects/ccc/manual/index.html>
9. http://gamta.lt/files/LR_vyriausybes_nutarimas_del_Valstybines_aplinkos_monitoringo_2005_-2010m_programos_pakeitimo.pdf
10. Oro monitoringo duomenys. Aplinkos Apsaugos Agentūra. <http://stoteles.gamta.lt>
11. EEA Technical report No 2/2010. Air pollution by ozone across Europe during summer 2009. Overview of exceedances of EC ozone threshold values for April–September 2009, 34 p.