

Jānis Kleperis, Dr.phys., Sensoru laboratorijas vadītājs Latvijas Universitātes Cietvielu fizikas institūtā

OZONS UN TĀ IETEKME UZ CILVĒKU VESELĪBU

Raksts žurnālā "DOCTUS" 2004. gada jūnija numurā.

Ievads

Ozons O_3 ir zila, ūdenī šķīstoša gāze ar asu specifisku smaržu, kuru būs sajutis katrs, kurš izgājis ārā tūlīt pēc negaisa vai pabijis pazemes metro stacijās (Londonā, Stokholmā u.c.) vai arī telpā, kurā darbojas ar kopētājiem. Ozonu atklāja vācu ķīmiķis Šonbeins (Schonbein) 1840. gadā, pētot ūdens elektrolīzi un elektriskās izlādes procesu gaisā. Viņš jaunatklātajai gāzei deva grieķu cilmes vārdu **ozons** (grieķu valodā – *ozein*), kas nozīmē *smarža*. Senie ebreji ozonu dēvēja par dievu elpu, ar to apzīmējot svaigo gaisu, kas novērojams negaisā pēc zibens spēriena, vai ko sajūt ūdenskritumā. Nelielās koncentrācijās ozons ir labs, un to lieto ārstniecībā. Lielākās koncentrācijās ozonu lieto dažādās dezinfekcijas iekārtās (pārtikas ražošanā, dzeramā ūdens un notekūdeņu attīrīšanā u.c.), bet cilvēka veselībai tas ir kaitīgs. Ozona slānis ap Zemi pasargā mūs no pārmērīgas ultravioletās radiācijas, bet ozona klātbūtne piesārņotā pilsētas gaisā (tā saucamajā fotoķīmiskajā smogā) ir nevēlama un cilvēku veselībai kaitīga. No vienas puses – labs, pat izcili labs un neaizvietojams, no otras puses – ļauns, veselībai kaitīgs un pat bīstams – tāds ir ozons, par ko arī būs šis apraksts.

Ozona koncentrāciju mēra masas (mg/m^3 vai $\mu g/m^3$) jeb tilpuma (ppm vai ppb) vienībās (ppm – part per million; ppb – part per billion). Sakars starp šīm mērvienībām ozonam: $1\text{ ppm} = 2.14\text{ mg/m}^3$ vai $1\text{ ppb} = 2.14\text{ }\mu g/m^3$. Rakstā tiks izmantotas tikai masas mērvienības $\mu g/m^3$.

Ozons kā ārstniecības, attīrīšanas, dezinfekcijas viela

Ozonam stipri izteikta anti-baktericīdā iedarbība, tādēļ to plaši izmanto gaisa, pārtikas, ūdens atsvaidzināšanā un attīrīšanā. Ja parastie dezodoranti tikai nomaskē nepatīkamu smaku, tad ozons, pateicoties savai ķīmiskajai aktivitātei, iesaista smaku izraisošās molekulas ķīmiskās reakcijās, sadalot un pārveidojot tās. Jau sen bija novērota ozona pozitīvā ietekme uz cilvēku veselību. Svaigs gaiss priežu mežā, pēc pērkona negaisa – tās ir lietas, kas pazīstamas katram. Pasaulē aktīvi darbojas daudz dažādas firmas, kas piedāvā visdažādākos gaisa atsvaidzinātājus, kuru darbības pamatprincips vienāds – tie ir ozona ģeneratori. Parasti ozons tiek ģenerēts tā sauktajā koronas izlādē, ko novēro, kad uz smailas adatas tiek padots augstspriegums (daži kilovolti). Dārgākām ierīcēm ozona ģeneratoru regulē gāzes sensors, izslēdzot un ieslēdzot ģenerācijas procesu. Ozonu iesaka izmantot visur – dzīvoklī, darba telpās, iestādēs. Ozons mājā uzlabo veselību un samazina saslimšanas risku. Ik dienu uzturoties piesārņotā vidē, riskējam savu veselību pakļaut dažādām bīstamām pārbaudēm, Apzinoties riska faktorus, iespējams no slimībām pasargāties. Pēdējo gadu pētījumi parādījuši, ka daudzu sabiedrisko ēku un arī dzīvokļu iekšienē gaiss ir vairāk piesārņots kā uz ielas lielpilsētas centrā. Vismaz 30% jauno un izremontēto ēku iekštelpās kaitīgo vielu koncentrācijas gaisā ilgstoši pārsniedz līmeņus, kas raksturīgi parastam gaisam. Aptaujas parāda, ka cilvēki vidēji 90% no sava dzīves

laika pavada iekšstelpās. Tīrs gaiss istabās, vilciena vagonā, auto salonā ir liela laime un galvenais priekšnosacījums labai veselībai un lieliskām darbaspējām. Ozonu izmanto arī pārtikas apstrādē. Atklāts, ka ar ozonu apstrādāti augļi ilgāk paliek svaigi un saglabā savas dabīgās garšas īpašības. Sevišķi puve tiek aizkavēta. Ja svaiga gaļa tiek apstrādāta nelielā ozona koncentrācijā ($80 \mu\text{g}/\text{m}^3$), tad tiek aizkavēta baktēriju vairošanās un gaļas novecošana. Nedaudz lielākas ozona koncentrācijas oksidē taukus un izmaina gremošanas procesu, to izmanto, lai nobarojamiem lopiem gaļu padarītu liesāku. Ozona pozitīvā ietekme uz ūdens bioloģisko attīrīšanu plašos mērogos jau tiek izmantota no 1893. gada. Gan dzeramais ūdens, gan ūdens peldbaseinos tiek bagātināts ar ozonu, kas piedod ūdenim svaiguma aromātu un iznīcina daudzas kaitīgās baktērijas. Tā ka pēc negaisa atmosfēra ir bagātināta ar ozonu, tad pērkona lietūs ir īpaši auglīgs – to veiksmīgi praksē lieto daudzi dārznieki pasaulē, mākslīgi bagātinot laistāmo ūdeni ar ozonu. Zvejnieki, ņemot jūrā līdz ar ozonu apstrādātu dzeramo ūdeni, lieto to pat 14 dienas, nejutot ne sasmakumu, ne glumumu. Arī svaigas zivis, turot tās noslēgtā kastē, kurā gaiss bagātināts ar ozonu, nebojāsies 3-4 dienas pat siltā laikā.

Jaunākie dati par ozona bīstamajām koncentrācijām

Piezemes atmosfērā, kurā uzturas dzīvās būtnes (arī cilvēki) un ir visa veģetācija, paaugstinātas ozona koncentrācijas skaitās nozīmīgs gaisa piesārņojums. Arī Latvijas republikas MK “Noteikumos par gaisa kvalitāti” ozons ir pieskaitīts pie nozīmīgākajiem gaisa piesārņotājiem, un tā koncentrācijas pilsētā tiek nepārtraukti mērītas vairākās vietās (par gaisa kvalitāti Rīgā var uzzināt pēc Rīgas domes Vides departamentā veiktajiem monitoringa rezultātiem (Rīgas vides centra „Agenda 21” mājas lapā www.agenda21riga.lv). Vairāki amati saistās ar palielinātām, un veselībai kaitīgām ozona koncentrācijām, piemēram, metinātāja darbs, kopētāja darbs.

Gaisa kvalitātes normatīvi ozonam veidoti tā, lai aizsargātu cilvēku veselību un veģetāciju. Latvija ir adoptējusi visas Eiropas Savienības direktīvas gaisa aizsardzības jomā un visjaunākie LR MK “Noteikumi par gaisa kvalitāti” Nr. 588 stājās spēkā 2003.g. 1. novembrī. Tajos ozonam noteikti sekojoši normatīvi (5. pielikums):

Mērķlielumi

Nr. p.k.	Mērķlieluma veids	Parametrs	Mērķlieluma skaitliskā vērtība*
1.	Mērķlielums cilvēka veselības aizsardzībai (M_d)	maksimālā astoņu stundu vidējā diennakts vērtība**	$120 \mu\text{g}/\text{m}^3$ (nav pieļaujams pārsniegt vairāk kā 25 dienas kalendāra gada laikā vidēji triju gadu periodā***)
2.	Mērķlielums veģetācijas aizsardzībai (M_v)	AOT40#, aprēķināts, izmantojot vienas stundas vērtības laikposmā no maija līdz jūlijam	$18000 \mu\text{g}/\text{m}^3 \times \text{h}$ vidēji piecu gadu periodā****

*2010.gads ir pirmais gads, par kuru iegūtos datus izmanto, novērtējot atbilstību mērķlielumam nākamajos trijos vai piecos gados.

**Maksimālo dienas astoņu stundu vidējo koncentrāciju nosaka, pārbaudot tos vidējos rādītājus astoņās stundās, kas aprēķināti, pamatojoties uz stundas datiem, un kurus atjauno katru stundu. Katru aprēķināto as-

toņu stundu vidējo rādītāju attiecina uz dienu, kurā beidzas attiecīgais astoņu stundu laikposms, tas ir, pirmais aprēķina periods jebkurai dienai ir laikposms no plkst.17.00 iepriekšējā dienā līdz plkst.01.00 nākamajā dienā; pēdējais aprēķina periods jebkurai dienai ir laikposms no plkst.16.00 līdz 24.00 attiecīgajā dienā.

***Ja triju vai piecu gadu vidējos rādītājus nevar noteikt, pamatojoties uz pilnu un secīgu gada datu kopumu, minimālie gada dati, kas nepieciešami, lai pārbaudītu atbilstību mērķlielumam cilvēka veselības aizsardzībai, ir derīgi dati par vienu gadu;

****Ja triju vai piecu gadu vidējos rādītājus nevar noteikt, pamatojoties uz pilnu un secīgu gada datu kopumu, minimālie gada dati, kas nepieciešami, lai pārbaudītu atbilstību mērķlielumam veģetācijas aizsardzībai, ir derīgi dati par trim gadiem.

#AOT40 - (izsaka ($\mu\text{g}/\text{m}^3$)*h) — starpību summu starp vienas stundas koncentrāciju vērtību, kas ir lielāka par $80 \mu\text{g}/\text{m}^3$ (40 miljoni daļas), un koncentrāciju vērtību $80 \mu\text{g}/\text{m}^3$ attiecīgajā laikposmā, izmantojot tikai vienas stundas vērtības, kuras mēra katru dienu laikposmā starp plkst.8.00 un 20.00 pēc Viduseiropas laika.

Ilgtermiņa mērķi

<i>Nr.p.k.</i>	<i>Ilgtermiņa mērķi</i>	<i>Parametrs</i>	<i>Ilgtermiņa mērķa skaitliskā vērtība</i>
1.	Cilvēka veselības aizsardzībai	maksimālā astoņu stundu vidējā diennakts vērtība kalendāra gadā	$120 \mu\text{g}/\text{m}^3$
2.	Veģetācijas aizsardzībai	AOT40, aprēķināts, izmantojot vienas stundas vērtības laikposmā no maija līdz jūlijam	$6000 \mu\text{g}/\text{m}^3 \times \text{h}$

Iedzīvotāju informēšanas rādītājs un trauksmes līmenis ozonam

<i>Nr.p.k.</i>	<i>Raksturlielums</i>	<i>Parametrs</i>	<i>Raksturlieluma skaitliskā vērtība</i>
1.	Iedzīvotāju informēšanas rādītājs	stundas vidējā vērtība	$180 \mu\text{g}/\text{m}^3$
2.	Trauksmes līmenis	stundas vidējā vērtība*	$240 \mu\text{g}/\text{m}^3$

*Trauksmes līmeņa pārsniegumus mēra vai prognozē trim stundām pēc kārtas.

Ozons ir fotoķīmiskā smoga galvenā kaitīgākā sastāvdaļa. Ja gaiss ir stipri piesārņots ar slāpekļa oksīdiem un ogļūdeņražiem, tad saules starojuma iespaidā no slāpekļa oksīdiem radītais ozons var uzkrāties atmosfērā, jo ogļūdeņraži saista slāpekļa oksīdus, kas efektīgi noārda ozonu. Galvenais izmešu avots slāpekļa oksīdiem un ogļūdeņražiem ir autotransports – iekšdedzes dzinēju izplūdes gāzes. Pirmo reizi šī piesārņojuma veidam pasaules uzmanība tika pievērsta 1940ajos gados, kad trauksmi radīja Losandželosā novērotais smogs, kas neizklīda vairākas dienas. Kopš tiem laikiem fotoķīmiskais smogs tiek novērots arvien biežāk, jo automašīnu skaits pasaulē joprojām turpina augt. Tipiskas pilsētas, kurās smogu novēro karstās vasaras dienās, ir Losandželosa, Atlanta, Milāna, Parīze u. c., kas izvietotas ieplakās starp kalniem un kurās koncentrējas ļoti liels automašīnu daudzums.

Ozons un citas fotoķīmiskā smoga sastāvdaļas, tādas kā aldehīdi un peroksiacilnitrāti negatīvi iedarbojas uz cilvēku veselību. Peroksiacilnitrāti un aldehīdi

izraisa fotoķīmiskajam piesārņojumam raksturīgus iekaisumus. Ozonam vislielākā ietekme ir uz elpošanas ceļiem, kur tas izraisa iekaisumu deguna gļotu membrānai, rīklē un elpvados; 90% no ieelpotā ozona netiek izelpoti atpakaļ, jo ozons ir ķīmiski ļoti aktīvs oksidētājs. Simptoni, kas raksturīgi, saindējoties ar ozonu, ir klepus, sāpes krūtīs, rīkles iekaisums (pastiprināta sausuma sajūta rīklē). Ozons var arī veicināt elpošanas infekcijas slimību rašanos. Ozons negatīvi ietekmē arī plaušu darbību un izteikti samazina fiziskās spējas. Pētījumi rāda, ka pat nelielas ozona koncentrācijas izsauc pastiprinātu nogurumu, ja indivīds šādā vidē uzturas vairāk kā 6 stundas. Cilvēkiem ar iedzimtām elpošanas ceļu slimībām, sevišķi, astmas slimniekiem, fotoķīmiskā ozona negatīvais iespaids ir daudz izteiktāks. Arī bērniem, ja viņi daudz laika pavada ar ozonu piesārņotā gaisā, daudz biežāk veidojas plaušu iekaisums. Pielikumā – literatūras izlase par ozona piesārņojuma kaitīgu ietemi uz cilvēku veselību [1].

Amerikā ļoti lielu uzmanību pievērš ozona koncentrācijām lielajās pilsētās, un, ja tiek prognozēta smoga iespējamība, iedzīvotāji tiek lūgti atstāt automašīnas mājās un uz darbu doties kājām, ar velosipēdiem vai sabiedrisko transportu. Problēmu pilnībā atrisinātu elektrisko mašīnu ieviešana, tādēļ ASV tērē ļoti lielas naudas alternatīvo degvielu un elektrisko vieglo mašīnu attīstībai. Amerikas dienvidu štatos ozona koncentrāciju novērtēšanai izmanto gaisa kvalitātes indeksa jēdzienu un sekojošu tabulu:

Indeksa vērtība	Apraksts	Piesārņojuma līmenis ($\mu\text{g}/\text{m}^3$) (8 stundu vidējais)	Iespējamie piesardzības pasākumi
0 - 50	Labs	0 līdz 120	Nav vajadzīgi
51 – 100	Viduvējs	120 līdz 170	Jūtīgiem indivīdiem (ar iedzimtām elpošanas ceļu slimībām) jāapsver iespēja ilgstoši neuzturēties.
101 - 150	Neveselīgs jutīgu indivīdu grupām	170 līdz 200	Fiziski aktīviem bērniem un cilvēkiem ar iedzimtām elpošanas ceļu slimībām (astma, piemēram) jāierobežo laiks, ko viņi pavada ārā.
151 - 200	Neveselīgs	200 līdz 250	Fiziski aktīviem bērniem un cilvēkiem ar iedzimtām elpošanas ceļu slimībām (astma, piemēram) jāatsakās no <i>ilgākām</i> fiziskām aktivitātēm ārā; bērniem nav ieteicams <i>ilgstoši</i> uzturēties ārā.
201 - 300	Ļoti neveselīgi	250 līdz 750 [8-hr] vai 300 līdz 800 [1-hr]	Fiziski aktīviem bērniem un cilvēkiem ar iedzimtām elpošanas ceļu slimībām (astma, piemēram) jāatsakās no fiziskām aktivitātēm ārā; bērniem jāierobežo laiks, ko pavada ārā.
virs 300 līdz 500	Bīstami	800 līdz 1000 [1-hr] 1000 līdz 1200 [1-hr]	Nevienam nav ieteicams uzturēties ārā

Ozona slānis, „caurumi” un sekas

Augstu atmosfērā ozons absorbē Saules ultravioleto starojumu, kas lielās dozās ir kaitīgs visam dzīvīvajam uz Zemes. Bez ozona slāņa ap Zemi dzīvība uz mūsu planētas būtu grūti iedomājama (lieliski šī tēma apspēlēta Amerikas megafilma “Kalnietis 2”). 90% no ozona, kas ir Zemes atmosfērā, atrodas slānī 10-30 km augstumā virs zemes. Šis slānis ir biezāks ekvatora rajonā un plānāks polu galos. Ozons rodas, Saules ultravioletajam (UV) starojumam jonizējot skābekļa molekulu, kas sadalās skābekļa atomos, kuri apvienojas ar blakus esošām skābekļa molekulām, veidojot ozonu. Ozona molekula ir nepastāvīga, 5-20 minūšu laikā tā sabrūk par skābekļa molekulu un skābekļa atomu, kurš var savienoties ar otru tādu pašu atomu un veidot atpakaļ skābekļa molekulu. Līdzsvars starp skābekļa – ozona molekulām ozona slānī ir dinamisks un relatīvi konstants (atkarībā no Saules starojuma intensitātes) – ozona molekulas visu laiku rodas un atkal sabrūk. Ozona molekulu sabrukšanu veicina arī dažas fluoru, hlora, sēru un slāpekli saturošas gāzes, ja tās nonāk tik augstu atmosfērā. Zemes polu rajonus vairākus mēnešus gadā neapspīd saule, tādēļ ozons tur praktiski nerodas vairākus mēnešus un veidojas pat caurumi ozona slānī. Taču šie caurumi var veidoties arī citās vietās, piemēram, kur uz Zemes noris aktīva industriālā darbība, kur Zemes seismiskā aktivitāte palielināta un gaisā izplūst sēru un ūdeņradi saturošas gāzes no zemes dziļēm. Arī virs Latvijas ziemā, kad Saule spīd mazāk, ozona slānis ir plānāks, bet vasarās tas atkal sasniedz normālu biezumu.

Ozona slāņa biezuma monitoringu visas pasaules mērogā veic NASA mākslīgie Zemes pavadonis TOMS. Ir Interneta mājas lapa, kurā ir iespējams uzzināt ozona slāņa biezumu jebkurā vietā pasaulē (<http://toms.gsfc.nasa.gov/ozone/ozone.html>). Piemēram, virs savas mājas Latvijā, ja zināmas ģeogrāfiskās koordinātes. Ozona slāņa biezumu mēra Dobsona vienībās – ozona koncentrācija visā stratosfēras slāņa biezumā reducē uz ozona molekulu koncentrāciju plānā slānī (0.01 mm) pie Zemes virsmas uz 1 kvadrātmetru, un 300 Dobsona vienības nozīmē normālu (standarta) ozona slāņa biezumu (vidējs starp ekvatoru un poliem).

Attēls: Ozona slāņa biezums virs Rīgas laika posmā no 1996.g. 16. jūlija līdz 2004.g. martam (ekseļa failā). Attēlā novērojamas periodiskas ozona slāņa biezuma izmaiņas, kas saistīts ar ziemas – vasaras sezonu maiņu. Kopumā virs Rīgas ozona slāņa biezums praktiski nemainās (trends līdz pagājušā gada septembrim vēl bija pozitīvs, bet kopā ar šī gada datiem jau ir negatīvs, tiesa, ļoti nedaudz).

Mākslīgie pavadoņi mēra arī citu ķīmisko vielu koncentrācijas stratosfērā, piemēram hlora un broma koncentrācijas. Kā ziņo ANO Interneta serveris, šo vielu koncentrācijas stratosfērā pēdējos 2-3 gados izteikti samazinās, un tas tiek skaidrots kā Monreālas protokola ievērošanas sekas. Tātad – civilizētā pasaule sākusi laboties.

Ozona molekulu sabrukšanu veicina dažādas ķīmiskās vielas (gāzes), piemēram, daži hlora un fluora savienojumi, arī metāns un slāpekļa peroksīds (N_2O jeb smieklu gāze). Lielākā tiesa no šiem savienojumiem ir cilvēka radīti, un, attīstoties industrializācijai, arvien vairāk tiek izsviesti atmosfērā, kur nesadalās, bet brīvi sasniedz

stratosfēru un aktīvi reaģē ar ozona molekulām, tādējādi paātrinot ozona slāņa sabrukšanu. Ikviens lidmašīna, lidojot 9-12 km augstumā, sadedzina degvielu un izmet atmosfērā slāpekļa oksīdus, kuri noārda ozonu. Tā, piemēram, pēc 2001.g. 11.septembra, kad vairākas dienas virs ASV nepacēlās lidmašīnas, slāpekļa oksīdu koncentrācija atmosfēras augstākajos slāņos bija ievērojami zemāka kā parasti. Ozona slāņa samazināšanās ietekmē fotoķīmiskos procesus atmosfērā, līdz ar to gaisa piesārņojuma palielināšanos, rada kaitējumus augu un dzīvnieku valstij, kā arī cilvēka veselībai.

Kopš 1980iem gadiem visā pasaulē sākās cīņa par to, lai aizsargātu atmosfēru. Lai nodrošinātu ozona slāņa aizsardzību, 1999. gada novembrī tika pieņemts LR MK rīkojums "Par pievienošanas Monreālas protokola "Par ozona slāni noārdošajām vielām" Monreālas labojumiem". 1999. gada 1. decembrī Latvija parakstīja 1979. gada Ženēvas konvencijas "Par robežšķērsojošo gaisa piesārņošanu lielos attālumos" protokolu "Par paskābināšanos, eitrofikācijas un piezemes ozona slāņa samazināšanu". Stratosfēras ozona slāņa aizsardzībai, saskaņā ar ANO Vīnes konvencijas "Par ozona slāņa aizsardzību" un Monreālas protokola "Par ozona slāni noārdošajām vielām" prasībām, Latvijā nepieciešams izņemt no saimnieciskās aprites ozona slāni noārdošās vielas. Pateicoties Globālā vides aizsardzības fonda un ANO Vides programmas tehniskajai palīdzībai Latvija pilnībā pilda Monreālas protokola saistības. Ozona slāni noārdošo vielu lietošana Latvijā strauji samazinājusies pēc 1997. gada. Līdz 2030. gadam paredzēts ozona slāni noārdošās vielas pilnībā aizstāt ar videi nekaitīgākām vielām. Ministru kabineta noteikumi par Ozona slāņa aizsardzību nosaka, ka jaunu freonu un halonu izmantošana tautsaimniecībā tiks aizliegta 2000. gadā. Šo vielu patēriņš jau tagad strauji samazinās, īpaši, aerosolu ražošanā, saldētājiemkārtās, ugunsdzēsšanas sistēmās un putu materiālu ražošanā. Pārējās ozona slāni noārdošās vielas, piemēram, metilbromīds, hidroģenizētais hlor-fluorogleklis u.c. pakāpeniski tiks izņemtas no saimnieciskās aprites līdz 2020. gadam. Valsts programma "Ozona slāni noārdošo vielu izņemšana no saimnieciskās aprites Latvijā" izstrādāta sadarbībā ar ANO Vides programmas konsultantiem un nodrošina konkrētu pasākumu veikšanu ozona slāņa aizsardzībai Latvijā. Pēc pievienošanās Monreālas protokola "Par ozona slāni noārdošajām vielām" Londonas un Kopenhāģenas labojumiem, 1998. gada 6. augustā, Latvija varēs saņemt 1.7 milj. ASV dolāru lielu finansējumu valsts programmas un ar to saistīto investīciju projektu realizācijai. Pabeidzot šīs programmas realizāciju, Latvija būtu izpildījusi Monreālas protokola prasības, saskaņā ar tajā ietvertajiem laika grafikiem.

Vairāk par to, ko šajos pasākumos apņēmusies veikt Latvija, var uzzināt LR Vides ministrijas mājas lapā: <http://www.varam.gov.lv/vide/jomas/Lozons.htm>.

Ozona slāņa sarūkšana ietekmē vidi, cilvēkus. Palielinās gaisa piesārņojums, UV starojums, dažādu slimību risks (acu gļotādu iekaisumi, kataraktas veidošanās, imūnās sistēmas novājināšanās, ādas vēzis, plaušu un augšējo elpošanas ceļu slimības, astmas paasinājumi). Ultravioletais starojums (US) ir redzamās gaismas (400 līdz 700 nm) īso viļņu (zilajā) galā, un iedalās 3 diapazonos: UV-A (315 līdz 400 nm), UV-B (280 līdz 315 nm) un UV-C (zem 280 nm). Visbīstamākais US, kas var sasniegt Zemes virsmu, ir UV-B diapazona mazo viļņu garumu rajonā. Atmosfēras skābekļa un ozona molekulas pilnībā absorbē UV-C diapazonu, un daļēji – UV-B. Visu diapazonu US samazina

mākoņi, un tikai tie Zemes rajoni, kuros mākoņi ir liels retums (Austrālija un Dienvidāfrika) ir bīstami palielināta US dēļ. Dažādi ķīmiskie un fotoķīmiskie procesi atmosfērā ietekmē ozona slāņa biezumu, tādēļ var arī mainīties UV-B starojuma daudzums, kas sasniedz Zemi, un vietām var palielināties risks dažādu dzīvu organismu un DNA šūnu bojāejai.

Latvijas Zinātņu akadēmijas īstenā locekļa prof. G. Dubura lekcijā Zinātņu Akadēmijā “Skābekļa aktīvās formas un veselība” [2,3] uzmanība tika pievērsta apstāklim, ka ozona slāņa sarukšana kaitīgi ietekmē tautas veselību Ziemeļeiropā, tajā skaitā Latvijā. Dienvidu puslodē jau konstatētas katastrofālas sekas: Austrālijā novērojams ādas vēzis - saslimšana tur ir daudz kārt biežāka nekā citur. Arī Ziemeļu puslodē (virs Kanādas uz Ziemeļeiropas) sarūk ozona slānis. 2000.g. janvārī Kirunā (Zviedrija) notikušajā konferencē speciālisti konstatēja, ka ozona slānis virs Ziemeļvalstīm kļuvis plānāks, palielinot Eiropas iedzīvotājiem risku saslimt ar ādas vēzi. Sagaidāms, ka šī saslimšana ik gadus pieaugs par 5–7%. Latvijā pēdējo astoņu gadu laikā (1992.–1999.) ievērojami pieaugusi saslimstība ar melanomu – par 30% vīriešiem un par 40% sievietēm. Intensīva ultravioletā starojuma ietekmē tiek bojātas acis, attīstās katarakta; tiek grauta imūnsistēma, pazemināta reakcija uz ultravioletā starojuma inducētiem audzējiem, tiek sekmēta infekciju slimību attīstība; rodas ādas iekaisumi, notiek ādas foto-novecošana. Ozona slāņa sarukšana īpaši bīstama varētu būt Latvijai ar tās skaisto jūrmalu – plašo līdumu ar baltajām, mirdzošajām smiltīm, kas labi atstaro Saules ultravioletos starus, izraisot spēcīgu ietekmi uz atpūtniekiem, kas vēlas nostiprināt savu veselību.

Ozona slāņa samazināšanās un tai sekojošie saslimšanas efekti ir vispārēji, globāli, Latvijas ieguldījums tos būtiski ietekmēt nevar (izņemot solārijus); Latvijas daļa noārdošo vielu noplūdē ir neliela. Taču ir iespējams ne tikai brīdināt iedzīvotājus, bet arī veicināt iedzīvotāju apzinīgu rīcību, izsargājoties no pārmērīga UV starojuma, izstrādājot un lietojot piemērotus aizsardzības un ārstniecības līdzekļus. Šajā ziņā Latvija spēj dot savu ieguldījumu globālu problēmu risināšanā: ar Latvijas Organiskās sintēzes institūtā atklāto antioksidantu - dietonu, (ražo A/S “Olainfarm”) un uz dietona bāzes radīto krēmu “Briga” (izlaiž kosmētikas rūpnīca “Dzintars”).

Vismaz pāris vārdos jāpiemin arī alternatīvais viedoklis, ka ozona caurumu problēma ir mākslīgi radīta [4]. 1950to gadu sākumā entuziastu grupa nolēma novērot ozona slāni virs Antarktīdas. Izrādījās, ka ozona daudzums atmosfērā virs minētās teritorijas te samazinās, te palielinās. 1974. gadā plašai sabiedrībai tika darīta zināma ASV ķīmiķu Šērvuda Roulenda un Mario Molina hipotēze par to, ka ozona caurumu veidošanās saistāma ar cilvēka darbību, konkrēti – freona izmantošanu (par to viņiem 1995.g. piešķīra Nobela prēmiju). Nobijās ne vien ozona slāņa pētīnieki, bet arī visa civilizācija. Freons, kas pirms tam bija kalpojis par darba vielu visos mājas un rūpnieciskajos ledusskapjos, kurš atradās katrā parfimērijas un sadzīves ķīmijas aerosola baloniņā un kuru izmantoja tehnisko fotomateriālu attīstīšanai, tika pasludināts par cilvēces ienaidnieku, kas draud ar ultravioleto staru (UVS) nāvējošās iedarbības sekmēšanu, masveida mutācijām, onkoloģisko slimību epidēmijām un ziedošās Zemes pārvēršanu par izdedzinātu tuksnesi. Sākumā freonu centās aizstāvēt transnacionālā kompānija «Dupon» – līdere aukstumaģentu ražošanā. Tomēr visai ātri «duponieši» atskārta, ka šādai nostājai nav perspektīvas, un mainīja rīcību – visiem spēkiem

sponsorēja ozona slāņa pētīšanu. Drīz vien «Dupon» piedāvāja cilvēces glābšanas līdzekli – pašu izgudroto alternatīvo freonu P-134A. milzīgi ozona caurumi 1995. un 1997. gadā parādījās tepat, netālu no Latvijas – virs bijušās PSRS teritorijas. Zinātāju aprindās sākās liels satraukums, taču līdz ar 1997. gada otro pusi ozona daudzums atmosfērā lēcienvēdīgi atgriezās pie sākotnējā līmeņa.

Krievijas zinātnieki ir izvirzījuši jaunu hipotēzi par ozona caurumu rašanos, galvenais cēlonis ir intensīva ūdeņraža un metāna izplūšanu no zemes dzīlēm [5]. Saskaņā ar šo versiju, ozona noārdīšanos izraisa ūdeņraža un metāna plūsmas no kontinentu platformu plaisām un okeānu kalnu grēdu lūzumiem. Gāzes visaktīvāk izdalās okeānu kalnu grēdu dienvidu daļā, turklāt šīs kalnu grēdas savienojas Antarktīdas rajonā, kas izskaidro ozona anomālijas rašanos. Krievijas Centrālajā observatorijā ir noskaidroti trīs visstabilākie ozona caurumi Ziemeļu puslodē — virs Islandes, Sarkanās jūras un Havaju salām. Krievijas teritorijā šādas zonas ir Jakutija, Baikāla un Baltās jūras rajoni. Zinātnieki uzskata, ka, vadoties pēc reljefa analīzēm, var prognozēt ozona caurumu rašanos.

Secinājums (autora kopsavilkums)

Apgalvot, ka pēdējo desmitgažu laikā planētas ozona slānis kopumā kļuvis plānāks, pilnīgi droši nevar. Tikai ozona koncentrāciju pētījumi vien nedod pilnīgu ieskatu par UV starojuma palielināšanos virs Zemes. ASV mākslīgie pavadoņi mēra ne tikai ozona slāņa biezumu, bet arī absolūto UV starojumu, kas sasniedz Zemes virsmu dotajā vietā un laikā. Taču, lai izprastu šos datus, tie jāanalizē kopā ar konkrēto meteoroloģisko situāciju dotajā vietā. Situācijas pilnīgai izpratnei jāanalizē arī tā sauktais “siltumnīcas efekts” - Zemes globālā temperatūras paaugstināšanās. Nav noliedzams fakts, ka cilvēku ekonomiskā darbība rada ļoti lielu kaitējumu Zemes ekosistēmai, un tikai radikāla tehnoloģiju un enerģētisko resursu maiņa spēs cilvēci glābt no drīzas un mokpilnas nāves Saules intensīvajā ultravioletajā starojumā pašas radītajos atkritumos.

Atsauces

1. Skatīt atsevišķo Word failu (3 lpp.).
2. Par ozona slāņa sarūkšanas bīstamajām sekām:
<http://www.lza.lv/ZV/zv000600.htm>
3. <http://www.lza.lv/ZV/zv991800.htm>
4. A. Kabraks “Jaunā Avīze”, Sestdiena, 2001. gada 2. jūnijs.
5. BNS, 1998.g. 6. aprīlis.

Pētījumi par ozona ietekmi uz veselību (atlasītas publikācijas) 1

Gads	Nosaukums	Pirmais autors	Žurnāls	Atklājumi
1995	Association Between Lifetime Ambient Ozone Exposure and Pulmonary Function in College Freshmen	Nino Kunzli	Environmental Research Vol. 72, No. 1, pg. 8-23	- Dzīves laikā saņemtā ozona ekspozīcija ietekmē ieelpotā gaisa apjomu. - Kalifornijas pētnieki izmeklēja koledžas jaunos studentus, kuri dzimuši šajā štatā un bijuši pakļauti štatam raksturīgām ozona ekspozīcijām visu savu dzīves laiku. - Šie studenti bija ar mazāku ieelpas tilpumu kā vidēji valstī.
1996	Association between Ozone and Hospitalizations for Respiratory Diseases in 16 Canadian Cities	Richard T. Burnett	Medline	Diennaktis ar augstām ozona vidējām stundas koncentrācijām pozitīvi korelē ar vizīšu skaitu pie ārstiem sakarā ar elpošanas ceļu iekaisumiem.
1996	Mortality in the Elderly and Ambient Ozone Concentration during the Hot Summer, 1994, in Belgium	Francis Sartor	Environmental Research Vol. 72, No. 2, pg. 109-117	Statistiskas korelācijas noteiktas starp diennaktī mirušo vecāko cilvēku skaitu un ozona koncentrācijām, bet rezultātus ietekmē temperatūra.
1996	The Effect of Ozone Exposure on Allergen Responsiveness in Subjects with Asthma or Rhinitis	R Jorres	American J. of Respiratory & Critical Care Medicine Vol. 153, No.1, pg. 56-64	Īslaicīgas ekspozīcijas paaugstinātās ozona koncentrācijās var palielināt jutību pret putekšņiem un citiem alerģentiem cilvēkiem, kas slimo ar astmu vai alerģijām, novedot pie biežākām astmas lēkmēm vai alerģiskām reakcijām.
1996	Ambient Ozone Exposure and Emergency Hospital Admissions And Emergency Room Visits for Respiratory Problems in Thirteen US Cities	Haluk Ozjanyak	American Lung Association	13 pilsētās 1993.-1994. gados reģistrēti 10,000-15,000 ārstu apmeklējumi saistībā ar apkārtējās vides ozona ietekmi. 30,000-50,000 vizītes palīdzības dienestos (Emergency room) saistāmas ar paaugstinātām ozona koncentrācijām. - Sūdzības bija par astmu, plaušu karsoni, ripu, bronhītu, un hronisku plaušu slimību saasinājumiem.
1999	Emergency Room Visits for Respiratory Illnesses Among the Elderly in Montreal: Association with Low Level Ozone Exposure	Ralph J. Defino	Environmental Research Vol. 76, No. 2, pg. 67-77	- Atrasta nozīmīga korelācija starp cilvēku, vecāku par 64 gadiem vizīšu skaitu palīdzības dienestos sakarā ar elpošanas ceļu iekaisumiem un iepriekšējās dienas 1 un 8 stundu ozona koncentrācijām. - Ja ozona 1 stundas koncentrācijas pārsniedz $90 \mu\text{g}/\text{m}^3$, tad palīdzības dienestu apmeklējumu skaits pieaug par 18.7%, bet, ja ozona 8 stundu koncentrācija pieaug virs $80 \mu\text{g}/\text{m}^3$, tad apmeklējumu skaits palielinās par 21.8%.
1999	Lung Function Growth and Ambient Ozone: A Three Year Population Study in School Children	Thomas Frischer	American J. of Respiratory & Critical Care Medicine Vol. 160, No. 2, pg. 390-396	Ilgstoša uzturēšanās vidē, kur ozona 1 stundas koncentrācijas ir virs $120 \mu\text{g}/\text{m}^3$, var negatīvi ietekmēt plaušu augšanu bērniem..
2001	Impact of Changes in Transportation and Commuting Behaviors During the 1996 Summer Olympic Games in Atlanta on AQ & Subjects with Childhood Asthma	Michael Friedman	Journal of the American Medical Association Vol. 285 No. 7	Atlantas olimpisko spēļu laikā 1996.g. tika veikti ievērojami pasākumi, lai samazinātu transporta plūsmu intensitātes pilsētā un tās apkārtnē, kā rezultātā maksimālās diennakts koncentrācijas samazinājās par 27.9% un par 41% samazinājās apmeklējumu skaits palīdzības dienestos saistībā ar sūdzībām par astmu.

Pētījumi par ozona ietekmi uz veselību (atlasītas publikācijas) 2

Gads	Nosaukums	Pirmais autors	Žurnāls	Atklājumi
2000	The Effect of Ozone on Inner-City Children with Asthma	Kathleen Mortimer	American Journal of Respiratory & Critical Care Medicine Vol. 162, No. 5, pgs. 1838-1845	- Ozona piesārņojumu vairāk jūt indivīdi, kas slimo ar astmu. - Starp asmātiķiem visvairāk ozona piesārņojumu izjūt (1) pirms laika dzimušie vai piedzimuši ar pazeminātu svaru un (2) tie, kas dzīvo vairāk piesārņotā gaisā, piemēram, kopā ar mājdzīvniekiem vai smēķētājiem.
2000	Respiratory Effects of Seasonal Exposures to Ozone and Particles	Patrick L. Kinney	Archives of Environmental Health Vol. 55, Iss.3, pg. 210-216	- Pētnieki atklājuši novirzes elpošanas ceļu veselības pakāpē kadetiem, kas iziet militāro apmācību ASV. - Plaušu funkcijas ar defektiem visvairāk novērotas Jaundžersijas (New Jersey) apgabalā, kur ozona koncentrācijas bieži pārsniedz 200 µg/m³.
2001	[Acute Effects of Air Pollution on Health: Evidence from Epidemiological Studies]	J.A. Castillo-Rosales	Salud Publica de Mexico (Available on PubMed) Vol. 43, pg. 544-555	Mehiko Veselības Sekretariāta (Secretary of Health for Mexico) vadībā veikts pētījums, kas pierāda, ka pasaules lielajās pilsētās (metropolēs) ozons ietekmē mirstību, slimnīcu un palīdzības dienestu apmeklējumu skaitu, ieelpas tilpumu un elpošanas ceļu iekaisumu skaitu.
2001	Associations between Outdoor Air Pollution and Hospital Admissions in Brisbane, Australia	Anna Petroeschovsky	Archives of Environmental Health Vol. 56, Iss. 1, pg. 37-52	Slimnīcu apmeklējumi saistībā ar astmas komplikācijām palielinās, ja ozona koncentrāciju vidējā 8-stundu vērtība pieaug par 9% un apmeklējumi sakarā ar citām elpošanas ceļu slimībām palielinās, ja ozona koncentrāciju vidējā 8-stundu vērtība pieaug par 2.3%
2001	Air Pollution in Asthma: Effect of Pollutants on Airway Inflammation	D.B. Peden	Annals of Allergy, Asthma, and Immunology Vol. 87, No.6 pg. 12-17	Ziemeļkarolīnas Universitātes pētījumi apstiprina, ka ozons izsauc astmas lēkmes.
2001	Environmental Pollution and Allergy.	J. Ring	Annals of Allergy, Asthma, and Immunology Vol. 87, No.6 pg. 2-6	Svārstības ozona līmeņos ietekmē alergisko slimību izpausmi.
2002	Ambient Air Pollution and Risk of Birth Defects in Southern California	B. Ritz	American Journal of Epidemiology Vol. 155, pg. 17-25	Losandželosas Kalifornijas Universitātes pētnieku rezultāti norāda, ka sievietēm, kas ir stāvoklī otrajā mēnesī, var būtība piedzimt bērnam ar sirds vārstuļu defektiem, ir palielināta.
2002	A Tale of Two Cities: Effects of Air Pollution on Hospital Admissions in Hong Kong and London Compared.	C.M. Wong	Environmental Health Perspective Vol. 110, pg. 67-77	Pētījumi Honkongā rāda, ka ir sakars starp ozona piesārņojuma epizodēm un sirds komplikācijām.
2002	Asthma in Exercising Children Exposed to Ozone: A Cohort Study.	R. McConnell	Lancet Vol. 359, Issue 9304, pg. 386	- Dienvīdkalifornijas Universitātes Medicīnas Skola atklājusi, ka bērniem, kas novados ar augstām ozona koncentrācijām ārā nodarbojas ar sporta spēlēm, astma ir 3.3 reizes vairāk attīstīta, kā bērniem no rajoniem, kuros ozona koncentrācijas nav augstas. - Ārā pavadītais laiks ir saistāms ar izteiktākiem astmas simptomiem bērniem no rajoniem, kuros lielas ozona koncentrācijas.

Pētījumi par ozona ietekmi uz veselību (atlasītas publikācijas) 3

Gads	Nosaukums	Pirmais autors	Žurnāls	Atklājumi
2002	Air Pollution and Hospital Emergency Room Admissions for Chronic Obstructive Pulmonary Disease in Valencia, Spain.	J.M. Tenias	Archives of Environmental Health Vol. 57, pg. 41-47	Ozona koncentrāciju pieaugums saistāms 6.1% pieaugumu hroniskām plaušu slimībām.
2002	A Combined Analysis of the Short-term Effects of Photochemical Air Pollutants on Mortality Within the EMECAM Project.	M. Saez	Environmental Health Perspectives Vol. 110, pg. 221-228	Pētījums no 7 pilsētām Spānijā par to, ka ozona līmeņi saistāmi ar nāves gadījumiem no sirds vārstuļu komplikācijām.
2002	Predictors of Short-term Clinical Response to Acute Asthma Care in Adults	Y.M. Coyle	International Journal of Quality Health Care Vol. 14, pg. 69-75	Dallasas Teksasas Universitātes pētījums par to, ka ekspozīcijas paaugstinātās ozona koncentrācijās saistāmas ar astmas un elpošanas traucējumu gadījumiem.
2002	Air Pollution and Emergency Room Visits due to Chronic Lower Respiratory Diseases in the Elderly: An Ecological Time-series Study in Sao Paulo, Brazil.	L.C. Martins	Journal of Occupational and Environmental Medicine Vol. 44, pg. 622-627	Uzturēšanās vidē ar paaugstinātu ozona koncentrāciju palielina apmeklējumu skaitu palīdzības dienestos to vecākās paaudzes cilvēku starpā, kuriem ir hroniskas elpošanas ceļu slimības.
2002	Concepts in Developing Health-Based Indicators for Ozone.	C.P. Weisel	International Archives of Occupational and Environmental Health Vol. 75, pg. 415-422	- Ņūdžersijas pētnieki identificējuši saistību starp ozona koncentrācijām un palīdzības dienestu apmeklējumu skaitu. - Atrasta arī sakarība starp ozona līmeņiem un slimnīcu apmeklējumu skaitu, tādējādi pierādot, ka pēc tā, cik bieži astmatiķi meklē palīdzību slimnīcā, var pateikt, vai ozona koncentrācijas ir lielas vai nelielas.
2002	Effect of Nitrogen Dioxide and Ozone on the Risk of Dying in Patients with Severe Asthma.	J. Sunyer	Thorax Vol. 57, pg. 687-693	- Barselonā veiktie pētījumi par astmas nāves gadījumu skaitu saistību ar gaisa piesārņojumu 1985.-1989. gados. - Atrasta pozitīva korelācija starp astmas nāves gadījumu skaitu un ozona koncentrācijām pavasara un vasaras mēnešos.