

medzinárodná konferencia
International Conference

OCHRANA OVZDUŠIA
AIR PROTECTION
2016

Zborník / *Proceedings*

21. – 23. november 2016

OBSAH / CONTENTS

Aktuálne medzinárodné záväzky v ochrane ovzdušia	9
<i>Actual International Commitments on Air Protection</i> Lubomír Žiak, Ministerstvo životného prostredia SR	
Čo bude po Parížskej konferencii o zmene klímy?	16
<i>What happens after the Paris conference on climate change</i> Jiří Balajka, Ecosys Bratislava, SR Janka Szemesová, Slovenský hydrometeorologický ústav, SR	
Klimaticko-energetická politika EU z pohľadu energetickej spoločnosti	27
<i>Climate and energy policy of the EU from the perspective of the energy company</i> Ondřej Boreš, ČEZ a. s., ČR	
Komparace návrhu legislativy pro snižování závislosti na fosilních palivech ČR s praxí ve vybraných státech EU	28
<i>Comparison of draft legislation for reducing dependence on fossil fuels of the Czech Republic with experience in selected EU countries</i> Barbora Vondrušková, Ernst & Young, s.r.o., ČR	
Emisná inventúra SR včera, dnes a zajtra	32
<i>Slovak Emission Inventory of Yesterday, Today and Tomorrow</i> Ivana Ďuricová, Slovenský hydrometeorologický ústav, SR	
Informačný systém oprávnených osôb a kontrola správy o výsledku oprávnenej technickej činnosti	39
<i>Information system of authorised persons and checking the report on the result of authorized technical activity</i> Jozef Bocko, Ministerstvo životného prostredia SR	
Aktuálne o Národnom emisnom informačnom systéme (NEIS)	52
<i>News about National emission information system (NEIS)</i> Monika Jalšovská, Monika Šelmeciová Slovenský hydrometeorologický ústav, SR	
Kontinuální měření rtuti	58
<i>Continuous measurement of mercury</i> Michal Rejzek, SICK spol. s r.o.	
Likvidace tuhých komunálních odpadů obsahujících hliník	62
<i>Disposal of municipal solid waste containing aluminum</i> Petr Buryan, Tomáš Hlinčík Ústav plvnných a pevných paliv a ochranv ovzduší. VŠCHT Praha. ČR	

Spoluspaľovanie uhlia a polyetylénových materiálov vo vzťahu k produkcií emisií	72
<i>Incineration of coal and polyethylene materials in relation to production emissions</i>	
Jozef Jandačka, Martin Vantúch Žilinská univerzita v Žiline	
Rozšírenie informačného systému integrovanej prevencie a kontroly znečisťovania – register informácií o najlepších dostupných technikách	77
<i>The Information System on Integrated Pollution Prevention and Control enlargement - Register on Best Available Techniques</i>	
Katarína Lišková, Blanka Kapustová, Slovenská agentúra životného prostredia Cyril Burda, Slovenská inšpekcia životného prostredia	
Revize BREF pro velká spalovací zařízení – konečná fáze schvalovacího procesu	83
<i>BREF revision for large combustion plants – the final stage of the approval process</i>	
Jiří Vecka, Teplárenské sdružení ČR, ČR	
Zvýšenie účinnosti odprášenia vysokých pecí v spoločnosti U. S. Steel Košice, s.r.o.	91
<i>Increasing the efficiency of dedusting of blast furnaces of the company U. S. Steel Košice, s.r.o.</i>	
Miroslav Krištofik, Stanislav Vrlák U. S. Steel Košice, s.r.o., SR	
Elektrické Odlučovače TZL Nové a nově přepracované mechanické prvky, korigované rozměrové řady EO a jejich kombinace	98
Jaromír Kabát, ZVVZ – Enven Engineering, a.s., ČR	
Systémy čištění spalin z pohledu optimalizace provozních nákladů	107
<i>Flue gas cleaning systems in terms of operational cost optimization</i>	
Veronika Kerberová, Marek Šarlej EVECO Brno, s.r.o., ČR	
Zníženie produkcie CO₂ využitím tepla z brídových pár	111
<i>Reduction of CO₂ emission by use of heat from waste steam</i>	
Ivan Stranovský, CM European Power Slovakia, s.r.o., SR	
Hodnotenie miery znečistenia ovzdušia v okolitých krajinách a EÚ	115
<i>Air pollution assessment in surrounding countries and in EU</i>	
Jozef Mačala, Univerzita sv. Cyrila a Metoda v Trnave, SR Juraj Čorba, Slovenská agentúra životného prostredia, SR Juraj Čorba, ml., Slovenská agentúra pre rozvoj investícií a obchodu, SR	

Vybrané epizódy zvýšenej koncentrácie PM10 vplyvom Saharského piesku v niektorých Európskych krajinách v r. 2014 a 2016	161
<i>Selected episodes of increased PM10 concentration due to Saharan dust in some European countries in 2014 and 2016</i>	
Jana Matejovičová, Michal Mladý Slovenský hydrometeorologický ústav, SR	
Saharský prach nad Slovenskom	168
<i>Saharan dust over Slovakia</i>	
Peter Hrabčák, Slovenský hydrometeorologický ústav, SR	
Skúsenosti zo sledovania kvality palív na trhu Slovenskej republiky ...	180
<i>Experiences of Fuel Quality Monitoring for the Slovak Republic Market</i>	
Zuzana Benžová, Iveta Chovancová VÚRUP , a.s., SR	
Měření emisí automobilů v reálném provozu	186
<i>Measurement of real driving emissions from light duty vehicles</i>	
Libor Špička, Jiří Jedlička Centrum dopravního výzkumu, v. v. i., ČR	
Ovlivňuje silniční tunel kvalitu ovzduší také v jiných částech města? ..	195
<i>Does a road tunnel affect air quality in other parts of the city ?</i>	
Roman Ličbinský, Jiří Huzlík, Karel Effenberger Centrum dopravního výzkumu v.v.i., ČR	
ReduDust – proces úpravy pecných odpraškov v cementárskom priemysle	203
<i>ReduDust - the bypass dust treatment in the cement industry</i>	
Július Roth, CRH (Slovensko) a.s., SR	
Determination of levoglucosan in atmospheric aerosols using continuous aerosol collector	207
Pavel Mikuška, Pavel Coufalík, Richard Čmelík, Institute of Analytical Chemistry, The Czech Academy of Sciences, v.v.i., CZ	
Determination of dicarboxylic acids in atmospheric aerosols using continuous aerosol collector	210
Pavel Mikuška, Lukáš Čapka, Zbyněk Večeřa Institute of Analytical Chemistry, The Czech Academy of Sciences, v.v.i., CZ	
Stratégia pre zachytenie CO₂ a jeho ukladanie v prítomnosti slnečného žiarenia	214
<i>The strategy to capture CO₂ and store it in the presence of sunlight</i>	
Alžbeta Takáčová, VÚRUP a.s., SR Milan Semerád, Miroslava Smolinská Univerzita Komenského v Bratislave, SR	

Vybrané epizódy zvýšenej koncentrácie PM10 vplyvom Saharského piesku v niektorých Európskych krajinách v r. 2014 a 2016	161
<i>Selected episodes of increased PM10 concentration due to Saharan dust in some European countries in 2014 and 2016</i>	
Jana Matejovičová, Michal Mladý Slovenský hydrometeorologický ústav, SR	
Saharský prach nad Slovenskom	168
<i>Saharan dust over Slovakia</i>	
Peter Hrabčák, Slovenský hydrometeorologický ústav, SR	
Skúsenosti zo sledovania kvality palív na trhu Slovenskej republiky ...	180
<i>Experiences of Fuel Quality Monitoring for the Slovak Republic Market</i>	
Zuzana Benžová, Iveta Chovancová VÚRUP , a.s., SR	
Měření emisí automobilů v reálném provozu	186
<i>Measurement of real driving emissions from light duty vehicles</i>	
Libor Špička, Jiří Jedlička Centrum dopravního výzkumu, v. v. i., ČR	
Ovlivňuje silniční tunel kvalitu ovzduší také v jiných částech města? ..	195
<i>Does a road tunnel affect air quality in other parts of the city ?</i>	
Roman Ličbinský, Jiří Huzlík, Karel Effenberger Centrum dopravního výzkumu v.v.i., ČR	
ReduDust – proces úpravy pecných odpraškov v cementárskom priemysle	203
<i>ReduDust - the bypass dust treatment in the cement industry</i>	
Július Roth, CRH (Slovensko) a.s., SR	
Determination of levoglucosan in atmospheric aerosols using continuous aerosol collector	207
Pavel Mikuška, Pavel Coufalík, Richard Čmelík, Institute of Analytical Chemistry, The Czech Academy of Sciences, v.v.i., CZ	
Determination of dicarboxylic acids in atmospheric aerosols using continuous aerosol collector	210
Pavel Mikuška, Lukáš Čapka, Zbyněk Večeřa Institute of Analytical Chemistry, The Czech Academy of Sciences, v.v.i., CZ	
Stratégia pre zachytenie CO₂ a jeho ukladanie v prítomnosti slnečného žiarenia	214
<i>The strategy to capture CO₂ and store it in the presence of sunlight</i>	
Alžbeta Takáčová, VÚRUP a.s., SR Milan Semerád, Miroslava Smolinská Univerzita Komenského v Bratislave, SR	

Vývoj znečistenia ovzdušia prachovými časticami v SR v rokoch 2008-2015	220
Atmospheric particulate pollution development in Slovakia between 2008-2015	
Michal Mladý, Slovenský hydrometeorologický ústav, SR	
Produkcia emisií amoniaku a skleníkových plynov z chovu dojníc na Slovensku	226
Production of ammonia and greenhouse gas emissions from dairy farms in the Slovak Republic	
Zuzana Palkovičová, Vojtech Brestenský, Jan Brouček, Ivan Pavlík Výskumný ústav živočíšnej výroby Nitra, SR	
Implementace opatření ke zlepšení kvality ovzduší v České republice	235
Implementation of air quality measures in the Czech Republic	
Kurt Dědič, Ministerstvo životního prostředí ČR	

Parametrizácia modelu DO3SE pre stanovenie depozície ozónu v prirodzených porastoch borovice horskej

DO3SE model parameterization for determining the deposition of ozone in natural stands of mountain pine (Pinus mugo)

Peter Fleischer ml.¹, Svetlana Bičárová², Zuzana Sitková³, Hana Pavlendová⁴, Peter Fleischer⁵, Katarína Střelcová⁶

Abstrakt

Prízemný ozón je považovaný za rizikový faktor pre zdravotný stav lesných ekosystémov, najmä vo vyšších nadmorských výškach. Dreviny z rodu *Pinus* patria medzi najcitlivejšie voči poškodeniu ozónom. Na hodnotenie prieduchovej vodivosti pre vstup ozónu do pletív borovice horskej vo Vysokých Tatrách sme použili model DO3SE. V príspevku uvádzame doterajšie výsledky parametrizácie modelu.

Abstract

Ground level ozone is understood as a risk factor for forests health mostly in high altitudes. Genus *Pine* is one of the most sensitive to ozone injury. We used DO3SE model for assessment of stomatal conductance for ozone intake by mountain pine (*Pinus mugo*) in the Tatra Mts. This paper presents up to date results from model parametrisation.

1. Úvod

Zvýšená koncentrácia prízemného ozónu je jedným z dôsledkov klimatickej zmeny. Horské oblasti v dôsledku diaľkového prenosu prekursorov, ale aj spontánnej tvorby v dôsledku intenzívneho slnečného žiarenia často majú vysoké koncentrácie, ktoré neklesajú ani v nočných hodinách. Toxický účinok ozónu závisí skôr na množstve látky, ktorá vstupuje do rastlinných pletív, ako na koncentrácií v okolítom prostredí. O tom koľko ozónu preniká do pletív v rozhodujúcej miere určujú momentálne atmosférické podmienky.

Vstup ozónu do rastlinných pletív je cez prieduchy. Množstvo vstupujúcej látky závisí od miery otvorenia prieduchov (tzv. prieduchová vodivosť). Toxický účinok ozónu sa prejavuje deštrukciou plazmy a bunkových membrán, čo vedie ku strate draslíka, až odumretiu pletív.

Miera poškodenia vegetácie ozónom je podmienená zvýšenou koncentráciou, vlasatosťami rastliny a rastovými podmienkami. Koncentrácie nad 150 ppb

¹ Peter Fleischer ml, Ing., PhD., Technická univerzita Zvolen p.fleischerjr@gmail.com.

² Svetlana Bičárová, Ing., PhD., Ústav vied o Zemi, SAV, Stará Lesná

³ Zuzana Sitková, Ing., PhD., Národné lesnícke centrum, Zvolen

⁴ Hana Pavlendová, Ing., PhD., Národné lesnícke centrum, Zvolen

⁵ Peter Fleischer, doc., Ing., PhD., Technická univerzita Zvolen

⁶ Katarína Střelcová, doc., Ing., PhD., Technická univerzita Zvolen

obyčajne spôsobujú viditeľné poškodenie. Koncentrácie medzi 50-80 ppb spôsobujú fyziologické zmeny, ktoré sa môžu prejavíť chlorózami, predčasným starnutím, redukciou prírastku.

Druhy rodu *Pinus patria* medzi najceltovejšie dreviny na ozón. Z hľadiska veku platí, že na poškodenie sú skôr náchylnejšie mladšie jedince.

2. Model DO3SE

Model DO3SE hodnotí depozíciu ozónu a prieduchovú vodivosť pre vstup ozónovej dávky [1,2]. Model vychádza z toho, že prieduchová vodivosť je podmienená faktormi prostredia a stavom rastliny. Faktory prostredia a stav vegetácie opisuje jednotnými funkciami (fenologický stav, svetelné pomery, teplota vzduchu, deficit vodných pár a pôdny vodný potenciál) a hodnotí ich rozpätím 0 až 1. Na stanovenie okamžitej prieduchovej vodivosti používa multiplikatívny algoritmus, ktorý je súčinom jednotlivých funkcií.

3. Parametrizácia modelu DO3SE, priebežné výsledky

Potreba parametrizovať model vyplýva z osobitných pomerov na výskumnej lokalite. Hodnotená lokalita je pri Skalnatom plese vo výške 1750 m n.m. Dlhodobo vysoké koncentrácie ozónu na tejto lokalite sú predpokladom pre toxický účinok na vegetáciu, kde dominuje borovica horská. Podľa našich poznatkov, sa doteraz ešte nikde hodnotenie prieduchovej vodivosti pre ozón na borovici horskej nerobilo. Na parametrizáciu modelu prieduchovej vodivosti sme použili 1200 meraní pri rozdielnej teplote vzduchu a listu (rozpätie 8 až 35 °C), VPD (0,2 až 3,6 kPa) a intenzity svetla. Meranie sme sa snažili uskutočniť rovnomerne v celom spektre podmienok. Pre štatistické vyhodnotenie modelov sme použili 65% náhodne vybraných záznamov a na zvyšných 35% sme modely testovali.

3.1. Fyziologické parametre

Vstupné údaje do modelu sú: V_{cmax} (maximálna karboxylácia rubisca) a J_{max} (maximálny elektrónový transport) ktoré sme zistili z A_{Ci} kriviek (závislosť fotosyntézy od intercelulárnej koncentrácie CO_2 pri saturovaných svetelných podmienkach). Na meranie sme použili gazometer LicorXT6400 (Licor, Nebraska, USA) s kvetou na ihličnaté dreviny. Z nameraných dát sme zostrojili 40 kriviek (20 pre plne osvetlené vetvy, 20 pre zatienené). Koncentrácia CO_2 bola nastavená postupne na 13 úrovni od 50 do 2000 ppm. Na vyhodnotenie kriviek a odvodenie hodnôt V_{cmax} a J_{max} sme použili program R s knižnicou Plantecophys. Zistili sme signifikantný rozdiel (t test, $p < 0,05$) medzi osvetlenými a zatienenými ihlicami. Výsledok potvrdzuje fyziologickú adaptáciu ihlíc na rôzne svetelné pomery (viac chloroplastov na

osvetlených listoch) a nutnosť zohľadniť rôzne osvetlenie ihličí pri modelovaní príjmu ozónu.

Tab. 3.1 Fyziologické parametre (V_{cmax} , J_{max}) na osvetlených a zatienených ihličiach borovice horskej ($\mu\text{mol CO}_2 \text{ m}^{-2} \text{ s}^{-1}$)

k	char.	V_{cmax}	J_{max}		k	char.	V_{cmax}	J_{max}
o	n	20	20		z	n	19	19
o	avg	34,25	59,68		z	avg	51,06	93,90
o	sd	20,93	24,32		z	sd	12,85	20,12

kde: k - kategória (o – osvetlená, z – zatienená), char – štatistická charakteristika: n - počet, avg – priemer, sd – smerodajná odchýlka

3.2. Svetelné krivky

Svetelné krivky vyjadrujú rýchlosť fotosyntézy od úrovne ožiarenia listov fotosynteticky aktívnym žiarením (PAR). Zostavili sme ich na základe 75 meraní, každé meranie pozostávalo z 10 úrovní žiarenia (od 0 do 2000 $\mu\text{mol PAR m}^{-2} \text{ s}^{-1}$). Tento vzťah sme hodnotili pre variantu modelu, ktorý integruje prieduchovú vodivosť s fotosyntézou [3]. Z kriviek sme odvodili nasledovné parametre: temnostná respirácia (R_d), kvantový výťažok fotosyntézy (f), bod svetelnej kompenzácie (LCP), maximálna rýchlosť fotosyntézy (A_{max}), zakrivenie krivky (q) a koeficient determinácie (r^2) (tab. 3.2).

Tab.3.2 Parametre odvodené zo svetelných kriviek

n=75	R_d $\mu\text{mol CO}_2 \text{ m}^{-2} \text{ s}^{-1}$	f	LCP	A_{max} $\mu\text{mol CO}_2 \text{ m}^{-2} \text{ s}^{-1}$	q	r^2
avg	1,542	0,008	223,224	6,492	0,757	0,996
sd	1,057	0,003	173,666	1,769	0,217	0,003

3.3. Listová plocha

Model pri vstupe ozónu počíta s plochou vegetácie 1 m^2 . Pre reálne podmienky je potrebné zistiť skutočnú listovú plochu. Na meranie sme použili Plant canopy analyzer Licor 2200. Meranie sme uskutočnili v porastoch borovice horskej na 30 náhodne vybraných bodoch, ktoré charakterizovali areál jej prirodzeného výskytu v okolí Skalnatého plesa. Na každom bode bolo uskutočnených 7 až 20 meraní podľa variability listovej plochy. Priemerná plocha bola $3,15 \pm 0,55 \text{ m}^2$ listovej plochy na 1 m^2 zemskeho povrchu. Plochu asimilačných orgánov sme stanovili aj pri každom meraní fyziologických parametrov v kuvete prístroja LicorXT. Po ukončení merania sme hodnotenú vzorku odobrali, zoskenovali a v programe ImageJ stanovili plochu.

3.4. Prieduchová vodivosť

Prieduchová vodivosť priamo podmieňuje množstvo prijatého ozónu rastlinou. Vplyv jednotlivých parametrov (teplota listu, teplota vzduchu, hustota PAR, tlak vzduchu, deficit vodných pár) sme hodnotili s programom R knižnica RGB a zostavili sme nelineárne regresné vzťahy. Determinačné koeficienty pre hodnotené faktory však boli veľmi nízke ($r^2 < 0,05$). Výnimkou bol len tlak vzduchu ($r^2 = 0,22$) a VPD ($r^2 = 0,37$). Pri iných drevinách, napr. dub, smrek [4], takýto problém nenastal. Ako riešenie sme navrhli vlastný model s použitím všetkých parametrov súčasne plus ich vzájomných interakcií. Po zjednodušení (z pôvodných 25 konštánt a 5 premenných) sme optimalizáciou a zjednodušením modelu odvodili tvar s 3 premennými a 5 konštantami pri relatívne malom znížení presnosti modelu a vylúčeniu efektu tzv. overfittingu. Výsledný model mal $r^2 = 0,62$. Tvar takto upravenej rovnice pre prieduchovú vodivosť (S_c) má nasledovný tvar:

$$S_c = c_0 * VPD + c_1 * PAR + \frac{TAIR^2 * c_2}{c_3 * VPD} + c_4$$

kde: $c_0 = -0,0165$, $c_1 = 1,631E-5$, $c_2 = 135,6E-6$, $c_3 = 1,503$, $c_4 = 0,0283$

4. Diskusia

Pokus o parametrizáciu modelu DO3SE s multiplikatívnym algoritmom pre borovicu horskú zatiaľ nepriniesol očakávané výsledky. Oveľa lepšie výsledky poskytuje model vytvorený na základe funkcie, ktorá inkorporuje tri premenné (VPD, PAR a teplotu vzduchu) a 5 konštánt. Pri testovaní modelu sme dosiahli index determinácie 0,62, čo považuje za veľmi dobrý výsledok. Ďalšie zlepšenie modelu očakávame po pridaní pôdnej vlhkosti.

Model DO3SE predpokladá v noci nulovú prieduchovú vodivosť, čo však reálne dáta nepotvrdzujú. Naopak, poukazujú na riziko vstupu ozónu pri často veľmi vysokých nočných koncentráciách.

Tento príspevok vynikol s podporou projektu APVV 0429-12

Literatúra

- [1] Emberson et al. 2001 Emberson, L.D., Wieser, G., Ashmore, M.R., 2000b. Modelling of stomatal conductance and ozone flux of Norway spruce: comparisons with field data. *Environmental Pollution* 109, 393e402.
- [2] Emberson, L.D., Simpson, D., Tuovinen, J.-P., Ashmore, M.R., Cambridge, H.M., 2001. Modelling and mapping ozone deposition in Europe. *Water, Air and Soil Pollution* 130, 577e582., 2006Schwarz - P. Weiss: *Review of Scientific Information and News in the Sphere of Interconnection Network*. In: Proceedings of the 10th Congress of ICNC, 2003, pp. 333-339, ISBN 978-16-143.
- [3] Medlyn, B.E., R.A. Duursma, D. Eamus, D.S. Ellsworth, I.C. Prentice, C.V.M. Barton, K.Y. Crous, P. De Angelis, M. Freeman and L. Wingate. 2011. Reconciling the optimal and empirical approaches to modelling stomatal conductance. *Global Change Biology* 17:2134-2144.
- [4] Alonso, R., Elvira, S., Sanz, MJ, et al., 2008: Sensitivity analysis of a parametrization of the stomatal component of the DO3SE model for Quercus ilex to estimate ozone fluxes. *Environmental Pollution* 155:473-480.

Koncentrácie prízemného ozónu vo vysokohorskom prostredí v roku 2015

Analysis of concentration of surface ozone in mountain environment in 2015

Anna Buchholcerová¹, Svetlana Bičárová²

Abstrakt

Prízemný ozón je významným sekundárnym polutantom a súčasne indikátorom chemického znečistenia ovzdušia. Vysokohorské prostredie je citlivé najmä na znečistenie pochádzajúce z diaľkového prenosu jeho prekursorov, z ktorých sa transformuje napríklad fotochemickými reakciami. V práci sa zameriavame na časovo-priestorovú variabilitu koncentrácií prízemného ozónu vo vzťahu k vybraným meteorologickým prvkom vo Vysokých Tatrách. Merania koncentrácií ozónu a vybraných meteorologických prvkov vo vertikálnom profile od podhoria, 810 m n. m., po 1788 m n. m. pochádzajú z monitorovania uskutočneného v roku 2015.

Abstract

Surface ozone is important secondary pollutant and indicator of chemical air pollution. The mountain environment is particularly sensitive to pollutants originated from long range transport of its precursors. Surface ozone is transformed from precursors by means of photochemical reactions. In our research we focus on spatio-temporal variability of surface ozone concentration in relation to selected meteorological parameters in the High Tatra Mts. Continuous measurements of ozone concentration and meteorological parameters along altitudinal profile from foothill (810 m a. s. l.) to 2635 m a. s. l. comes from continual monitoring held in 2015.

1. Úvod

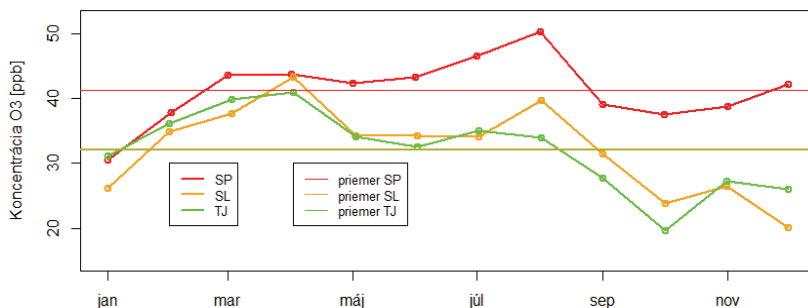
Atmosférický ozón (O₃) má významný vplyv na existenciu a zdravý vývin živých organizmov na Zemi. V troposfére sa vyskytuje 10% z jeho atmosférického obsahu. Na rozdiel od ochranej funkcie stratosférického ozónu, zvýšené koncentrácie O₃ v prízemnej vrstve môžu pôsobiť nepriaznivo na ľudské zdravie i vegetáciu. Okrem toho ozón patrí aj medzi hlavné skleníkové plyny [5]. Priemerné koncentrácie ozónu sú vyššie vo vyšších nadmorských výškach, kde sa výraznejšie prejavuje vplyv fotochemizmu a transformácie primárnych polutantov zo vzdialených zdrojov. Viaceré štúdie sa venovali pozorovaniam koncentrácií prízemného ozónu v prostredí Vysokých Tatier [2], [3], [4]. Na nepriaznivý vplyv prízemného ozónu na lesnú vegetáciu poukazujú prekročenia kritickej úrovne indexu AOT40 [8]. Táto práca má za cieľ detailnejšie analyzovať merania prízemného ozónu a vyhodnotiť vplyv vybraných meteorologických podmienok a parametrov na jeho koncentrácie.

¹ Anna Buchholcerová, Mgr., Fakulta matematiky, fyziky a informatiky, UK, Ústav vied o Zemi SAV, Slovenská republika, e-mail:anna.buchholcerova@gmail.com ,

² Svetlana Bičárová, Ing.,PhD., Ústav vied o Zemi, SAV, Slovenská republika, bicarova@ta3.sk

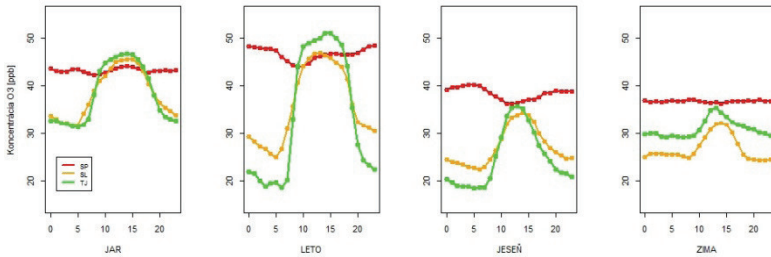
2. Výsledky

2.1. Ročný chod. Na väčšine nášho územia priebeh priemerných mesačných koncentrácií ozónu poukazuje na výskyt dvoch lokálnych maxím, na jar a v lete. Jarné maximum je charakteristické pre mierne šírky severnej pologule [7]. Matematické modelovanie prinieslo predpoklad, že stratosfericko-troposferická výmena je významná najmä počas mesiacov január až apríl a fotochemická tvorba ozónu je významnejšia v priebehu apríla až júna [10]. Sezónne minimum sa obvykle vyskytuje na jeseň, či na začiatku zimy a je zapríčinené malou intenzitou vyššie spomenutých mechanizmov tvorby ozónu. Na *grafe 2.1* vidíme ročný chod priemerných mesačných koncentrácií ozónu. Na vyššie položenej stanici SP, narozdiel od staníc SL a TJ, bolo letné maximum mesačných priemerov (50,2 ppb) výraznejšie ako to jarné (43,8 ppb). Napriek tomu, že mesačné priemery boli na staniciach TJ a SL v lete nižšie, maximálne priemerné hodinové koncentrácie ozónu taktiež dosahovali v letných mesiacoch (viď *graf 2.2*).



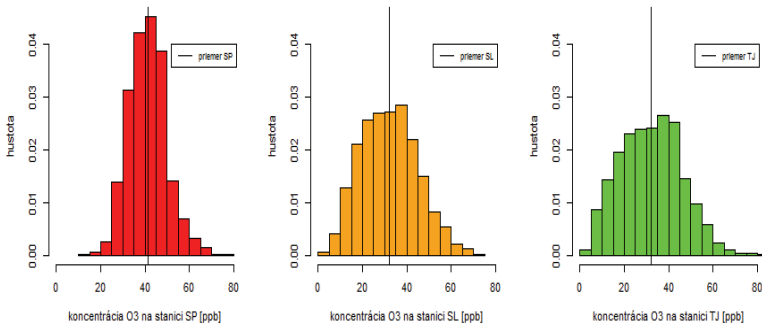
Graf.2.1: Ročný chod priemerných mesačných koncentrácií O₃.

2.2. Denný chod koncentrácií ozónu sme na *grafe 2.2* rozlíšili podľa ročných období definovaných meteorologickou terminológiou. Na stanici Skalnaté Pleso celoročne pozorujeme malú dennú amplitúdu hodnôt, aj keď v priebehu roka sa priemerné pozorované hodnoty menia. Počas letných a jesenných mesiacov je zaznamenaný opačný denný chod oproti nižšie položeným staniciam. Počas letných mesiacov na nižšie položených staniciach pozorujeme vyššie amplitúdy koncentrácií (SP – 4,4 ppb, SL – 21,8 ppb, TJ – 32,3 ppb). Na staniciach SL a TJ pozorujeme počas všetkých ročných období výrazné maximum v čase medzi 13 a 15 SEČ. Maximálne denné hodnoty boli namerané dňa 13.8 na SP – 68,8 ppb a na SL – 62,0 ppb, dňa 6.7. na stanici TJ – 55,6 ppb.



Graf.2.2: Denný chod priemerných koncentrácií O_3

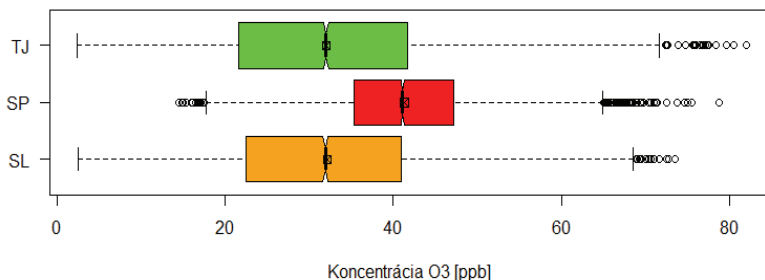
2.3. Zhodnotenie hodnôt koncentrácie O_3 . Histogramy (graf 2.3.1) dosahovaných koncentrácií na jednotlivých staniách znázorňujú početnosť výskytu jednotlivých kategórií. Pri všetkých staniách sme zaznamenali kladnú šikmosť (0,33; 0,26; 0,18). Koefficient špicatosti bol pre stanice SL a TJ záporný (-0,38; -0,43), čo poukazuje na menší počet extrémnych hodnôt ako má normálne rozdelenie. Kladnú hodnotu špicatosti vykazovali merania na stanici SP (0,30). Testovanie normality Kolmogorovým-Smirnovým testom na všetkých staniách zamietlo normalitu dát (p-hodnoty: $1.379 \cdot 10^{-07}$, $3.796 \cdot 10^{-09}$, $7.079 \cdot 10^{-08}$).



Graf.2.3.1: Histogramy nameraných koncentrácií O_3

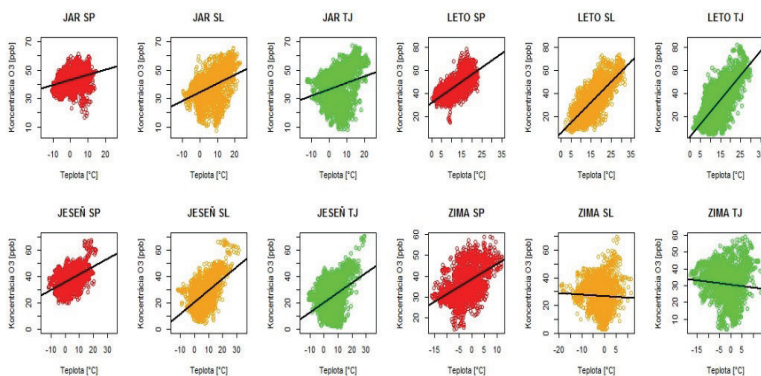
Z vyhodnotenia **boxplotov** (graf 2.3.2) vidíme, že sme namerali viac outlierov pre extrémne vysoké hodnoty, a to najmä na stanici SP, ktorá dosahovala kladnú špicatosť. Tak ako z iných vizualizácií, aj tu

sa prejavila nižšia variabilita hodnôt na stanici SP. Napriek vyšším priemerným hodnotám na stanici SP, sme za pozorované obdobie absolútne 10-minútové hodnoty koncentrácie ozónu namerali na stanici v Tatranskej Javorine, s maximom 82,0 ppb. Rozdiely medzi mediánmi a priemernými hodnotami boli nanajvyš 0,7 ppb.



Graf.2.3.2: Boxploty koncentrácií O₃ nameraných na jednotlivých staniciach

2.4. Teplota vzduchu má významný vplyv na tvorbu prízemného ozónu [6] a teda i na samotnú koncentráciu ozónu vo vzduchu. Vyššia teplota taktiež zvyšuje emisie biogénnych prchavých organických zlúčenín [1], čo v lesnom prostredí Vysokých Tatier môže zohrávať závažnú úlohu. Korelačné koeficienty (tab. 2.4) poukazujú na vysokú koreláciu medzi teplotou vzduchu a prízemným ozónom v letnom období (0,72) a najnižšiu v zimných mesiacoch (0,12). Graf 2.4 umožňuje vizuálne zhodnotiť priebeh závislosti koncentrácie O₃ od teploty vzduchu. Môžeme si všimnúť, že hodnoty v letnom období sú najusporiadanejšie.

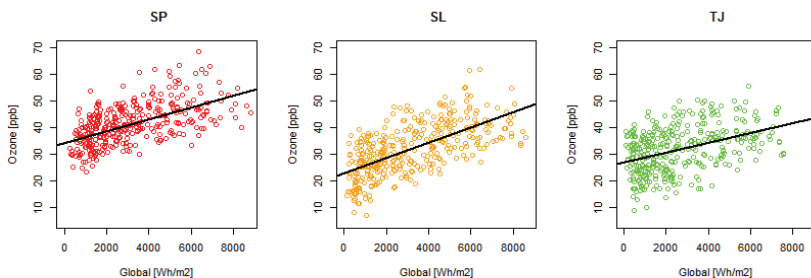
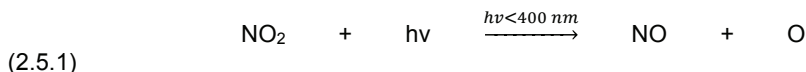


Graf.2.4.: Závislosť koncentrácie prízemného ozónu od teploty vzduchu.

Tab. 2.4: Hodnoty korelačných koeficientov koncentrácie prízemného ozónu a teploty vzduchu pre rôzne ročné obdobia a pozorované stanice.

	Jar	Leto	Jeseň	Zima	Rok
SP	0,32	0,68	0,48	0,49	0,56
SL	0,37	0,76	0,55	-0,04	0,46
TJ	0,25	0,73	0,41	-0,09	0,28
Priemer	0,31	0,72	0,48	0,12	0,43

2.5. Globálne žiarenie je základným meteorologickým parametrom fotochemických reakcií, medzi ktoré patria aj reakcie vzniku prízemného ozónu. Globálne žiarenia zohráva podstatnú úlohu pri fotolýze NO_2 a následnej tvorbe ozónu:



(2.5.2)

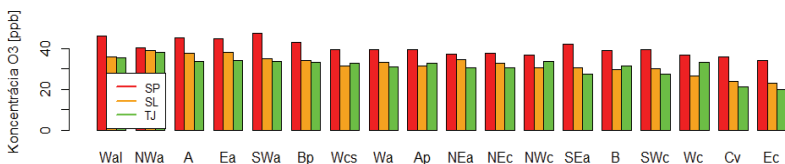
Graf.2.5.: Závislosť koncentrácie prízemného ozónu od globálneho žiarenia.

Tab. 2.5: Hodnoty korelačných koeficientov koncentrácie prízemného ozónu a globálneho slnečného žiarenia pre ročné obdobia a stanice.

	Jar	Leto	Jeseň	Zima	Rok
SP	0,39	0,39	0,52	0,43	0,58
SL	0,46	0,57	0,51	0,62	0,64
TJ	0,39	0,30	0,08	0,48	0,41
Priemer	0,42	0,42	0,37	0,51	0,55

2.6. Synoptické situácie sme zoradili zostupne podľa klesajúcich priemerných hodnôt koncentrácie prízemného ozónu. Zo spracovania sme vyradili situácie, ktoré sa počas roka vyskytli menej ako 5-krát. Vychádzali sme z typizácie synoptických situácií SHMÚ [9]. Ľavej strane grafu 2.6 dominujú anticyklonálne situácie na čele so západnou anticyklonálnou situáciou letného typu Wal (priemer pre všetky stanice 39,4 ppb), severozápadnou anticyklónou NWa (39,2

ppb) a anticyklónou A (39,1 ppb). Pravej strane grafu dominujú cyklonálne situácie, ako výšková cyklóna Cv (27,1 ppb) a východná cyklóna Ec (25,7 ppb).



Graf.2.6.: Priemerná koncentrácia prízemného O₃ počas syn. situácií.

3. Diskusia a záver

Na najvyššie položenej stanici na Skalnatom Plese sme pozorovali najnižšiu ročnú (19,6 ppb) i dennú variabilitu hodnôt. V súlade s prácami [2],[3] bol na tejto stanici zaznamenaný najvyšší ročný priemer koncentrácie ozónu, 41,3 ppb. Stanice Stará Lesná a Tatranská Javorina, s rozdielom približne 200 výškových metrov, nezaznamenali medzi sebou významný rozdiel (32,1 a 32,0 ppb). Môže to byť spôsobené ďalšími parametrami, ktoré potenciálne ovplyvňujú hodnoty koncentrácií ozónu, v tomto prípade orientácia svahov, blízkosť zdrojov chemického znečistenia a iné. Vplyv teploty vzduchu na koncentráciu prízemného ozónu v roku 2015 výrazne kolísal. V lete sme pozorovali vysokú koreláciu (max. 0,76). Naopak v zime teplota vzduchu s ozónom korelovala iba na vysoko položenej stanici SP. Slnéčné žiarenie neprejavovalo v priebehu roka, s výnimkou jesene na stanici Tatranská Javorina, výrazné zmeny korelácie s koncentraciami ozónu. Vplyv synoptických situácií na prízemný ozón v sebe môže zahŕňať výskyt typických poveternostných podmienok pre jednotlivé synoptické typy, čím môže byť čiastočne vysvetlená afinita k nárastu (resp. poklesu) koncentrácií ozónu pre niektoré synoptické situácie.

Autori ďakujú grantovej agentúre VEGA (grant č. 2/053/14), Agentúre na podporu výskumu a vývoja APVV (grant č. 0429-12) a Komisii P-SAV pre spoluprácu s vedeckými spoločnosťami za podporu pri vzniku tejto práce.

Literatúra

- [1] **Bell, M., Ellis, H., 2004:** *Sensitivity analysis of tropospheric ozone to modified biogenic emissions for the Mid-Atlantic region, Atmospheric Environment*, 38, 1879-1889.
- [2] **Bičárová, S., Bilčík, D., Pavlendová, H., Janík, R., Kellerová, D., Nejedlík, P., 2015:** *Changes in the surface ozone after the windstorm in 2004, in the High Tatras, Folia Forestalia Polonica, series A, Vol. 57 (2), 71–81*
- [3] **Čekovská, L., Fleischer, P. ml., 2015:** *Monitorovanie a priestorová variabilita prízemného ozónu v Tatrách, Štúdie o Tatranskom národnom parku 11 (44), 135-144*
- [4] **Fleischer, P., Bičárová, S., Godzik, B., 2009:** *Desať rokov monitorovania vplyvu troposférického ozónu na lesy v Tatranskom národnom parku, Štúdie o Tatranskom národnom parku 9 (42), 17-27*
- [5] **IPCC 2001,** *Intergovernmental panel on climate change*, <https://www.ipcc.ch/ipccreports/tar/>
- [6] **Kremler, M., 2001:** *Prízemný ozón na Slovensku, Zborník referátov Extrémny počasie-limitujúce faktory bioklimatologických procesov. Račkova dolina, CD ROM, ISBN-80-7137-910-7*
- [7] **Monks, P.S., 2000:** *A review of the observations and origins of the spring ozone maximum, Atmospheric environment 34, 3545 – 3561*
- [8] **Pavlendová, H., 2009:** *Kvalita ovzdušia a viditeľné poškodenie ozónom, in Monitoring lesov Slovenska. Správa za ČMS Lesy a projekt FutMon za rok 2009., pp. 91-96, Zvolen, NLC-LVÚ, 2010*
- [9] **SHMÚ** <http://www.shmu.sk/sk/?page=8>
- [10] **Wang, Y., Jacob, D.J., Logan, J.A., 1998:** *Global simulation of tropospheric O3-NOX-hydrocarbon chemistry, Journal of Geophysical research, Vol. 103, No. D9, 10 713-10 725*



Názov	OCHRANA OVZDUŠIA 2016
Autori:	kolektív
Vydavateľ	Kongres STUDIO, spol. s r. o.
Vydanie	prvé, november 2016
Rozsah	248 strán

ISBN 978-80-89565-28-3
EAN 9788089565283

*Príspevky recenzoval odborný garant konferencie:
doc. Ing. Jozef MAČALA, CSc.*