

PRŮBĚŽNÉ ZHODNOCENÍ CHARAKTERISTIK DOPADAJÍCÍ SLUNEČNÍ RADIACE V ZÁVISLOSTI NA ZNEČIŠTĚNÍ OVZDUŠÍ

Marie Opálková, Martin Navrátil, Vladimír Špunda

*Ostravská univerzita v Ostravě, Přírodovědecká fakulta, Katedra fyziky, Chittussiho 10,
Slezská Ostrava, 710 00, opalkovamarie@seznam.cz, Martin.Navratil@osu.cz,
Vladimir.Spunda@osu.cz*

Abstrakt

Ostravská aglomerace se nachází na severovýchodě České republiky, což je oblast s výrazným znečištěním ovzduší, které je způsobeno koncentrací těžkého průmyslu, dopravou a spalováním tuhých paliv. Je známo, že látky způsobující znečištění ovzduší mají také vliv na dopadající sluneční radiaci. V tomto příspěvku jsou popsány výsledky analýzy dat z ledna a února 2014, která jsou získávána pomocí soustav senzorů měřících vybrané charakteristiky dopadající sluneční radiace. Data o stavu ovzduší jsou získávána z portálu ims-msk.cz. Bylo zjištěno, že v únoru bylo celkově nižší znečištění ovzduší a zároveň větší množství dopadajícího slunečního záření než v lednu. Během poledních hodin slunečných dnů se vyskytovalo výrazně větší zastoupení modré spektrální složky záření, a to jak v lednu, tak i v únoru. Také je poukázáno na komplexní přístup měření slunečního záření v městském prostředí.

Klíčová slova: sluneční radiace; znečištění ovzduší; PM_{10} ; ozón; Ostrava

Úvod

Oblast severovýchodní Moravy patří k nejvíce znečištěným oblastem v rámci celé střední Evropy. Tento fakt je dán průmyslovou historií této oblasti, která je spojena s těžbou černého uhlí a ocelářským a jiným těžkým průmyslem [1]. V současné době se na znečištění ovzduší kromě průmyslu podílí také automobilová doprava a spalování tuhých paliv v lokálních topeništích [2]. Mezi látky, které se nejvíce podílí na znečištění ovzduší v tomto regionu, patří polévatý prach PM_{10} (částice polévatého prachu o velikosti 10 μm), oxidy dusíku NO_x a troposférický ozón [2]. Tyto a další látky, přítomné v atmosféře, mají také vliv na množství a spektrální složení dopadající sluneční radiace [3,4]. Studium tohoto jevu je důležité zejména z hlediska rostlin, kdy změna podílu určitých složek záření může mít vliv na jejich fyziologické vlastnosti [5], což může způsobovat např. snižování výnosu hospodářských plodin důležitých pro výživu lidské populace [6]. Tento příspěvek je dílčím výsledkem projektu, který se zabývá účinky rozdílné kvality a množství slunečního záření na fotosyntézu vybraných druhů rostlin v rámci městského prostředí.

Materiál a metody

Data týkající se charakteristiky dopadajícího záření jsou získávána pomocí soustavy senzorů umístěné na Botanické zahradě Přírodovědecké fakulty Ostravské univerzity v Ostravě (GPS souřadnice 49°49'39.277" N, 18°19'34.118" E). Soustava obsahuje senzory pro měření záření o vlnové délce 660 a 730 nm, UVA a UVB záření (Skye, Velká Británie), globálního záření (400 až 1100 nm), fotosynteticky aktivního záření (FAR, 400-700 nm), záření v intervalu 510 a 700 nm a záření v intervalu 600 a 700 nm (EMS Brno, ČR). Dále jsou v rámci soustavy umístěna čidla pro měření teploty a relativní vlhkosti vzduchu (EMS Brno) a srážek (MetOne Instruments, Čína). Všechna tato data jsou zaznamenávána ústřednou typu EdgeBox V12 (EMS Brno) a formát, ve kterém jsou ukládána, je přizpůsoben k analýze v software Mini32 (EMS Brno). Data jsou měřena po celý den každou minutu, přičemž je ukládán desetiminutový průměr. Data o stavu ovzduší (hodnoty veličin PM_{10} , $PM_{2,5}$, PM_1 , NO, NO_2 , NO_x , SO_2 , O_3 , CO, H_2S) byla získána z Informačního monitorovacího systému průmyslového znečištění v Moravskoslezském kraji (www.ims-msk.cz). Hodnoty těchto veličin byly získány

pro stanici Ostrava-Radvanice, a to z toho důvodu, že tato stanice je ze všech ostatních nejbliže k soustavě na Botanické zahradě PřF OU a je pravděpodobné, že hodnoty znečištění ovzduší budou nejlépe odpovídat lokalitě umístění soustavy senzorů pro měření hodnot dopadajícího záření. Data byla zpracována za využití programu Microsoft Office Excel 2013 a programu R, verze 3.0.1. Pro statistická vyhodnocení byla využita naměřená data za leden a únor 2014. Pro zhodnocení množství dopadajícího záření byly použity hodinové průměry hodnot (tyto byly vypočítány z desetiminutových průměrů), a to pouze od osmé do patnácté hodiny (v dřívějších a pozdějších hodinách nebylo možno vypočítat hodinové průměry z důvodu nedostatečné ozáření). Hodnoty ozáření modré ($\lambda = 400-510$ nm), zelené ($\lambda = 510-600$ nm) a červené ($\lambda = 600-700$ nm) spektrální oblasti FAR jsou vypočítány z hodnot měřených čidly FAR, intervalu 510-700 nm a intervalu 600-700 nm.

Výsledky a diskuze

Během ledna bylo zaznamenáno 13 jasných a 18 zatažených dnů, v únoru bylo zaznamenáno 18 jasných a 10 zatažených dnů. Průměrná teplota vzduchu byla v lednu 1,5 °C, v únoru 3,7 °C. Během ledna se vyskytly dvě smogové epizody, kdy byly výrazně překročeny limity koncentrací znečišťujících látek. V únoru se vyskytla pouze jedna smogová epizoda. Při srovnání statistických charakteristik záření a látek znečišťujících ovzduší za tyto dva měsíce (viz Tabulka 1, Tabulka 2) je patrné, že v měsíci únoru dopadalo na zemský povrch výrazně více slunečního záření, a zároveň znečištění ovzduší bylo v tomto měsíci výrazně nižší.

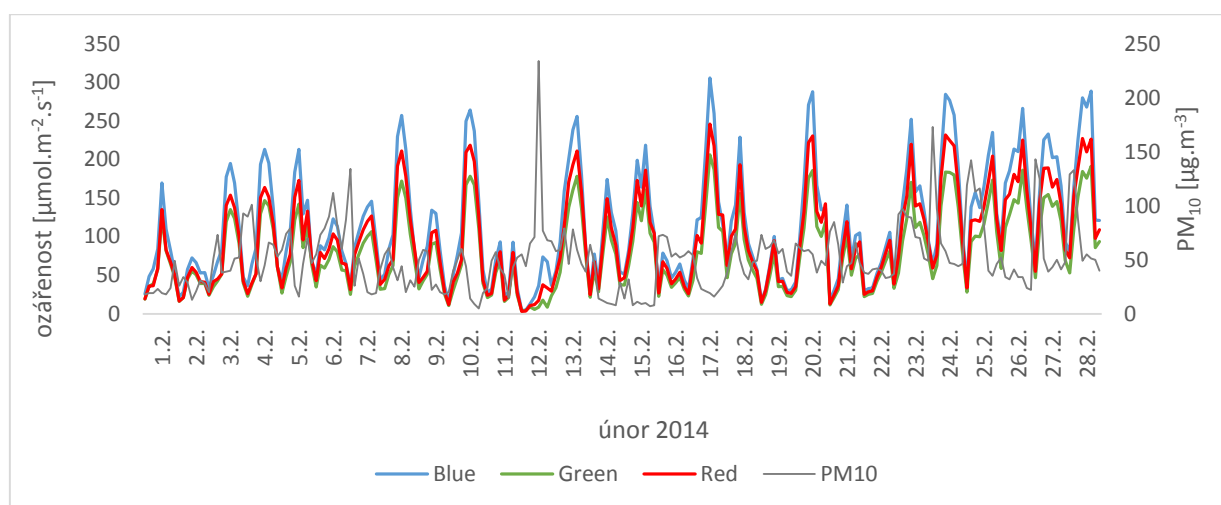
Tabulka 1. Statistické charakteristiky složek záření v lednu a únoru 2014.

		<i>UVA</i>	<i>UVB</i>	<i>global</i>	660nm	730nm	Blue	Green	Red
		$W.m^{-2}$			$\mu mol.m^{-2}.s^{-1}$				
minimum	leden	0,066	0,002	1,726	0,292	0,269	2,19	1,37	0,61
	únor	0,144	0,005	4,572	0,735	0,597	4,56	3,46	3,22
medián	leden	1,244	0,055	45,209	7,483	7,071	41,01	28,73	30,49
	únor	2,865	0,130	124,435	20,131	19,163	101,27	72,74	84,68
průměr	leden	1,468	0,068	60,553	10,311	9,548	54,60	37,52	40,51
	únor	3,075	0,145	143,749	23,592	21,980	117,06	82,00	97,81
maximum	leden	4,235	0,203	223,915	40,056	37,301	199,04	128,06	148,27
	únor	6,892	0,339	362,651	62,243	57,516	305,56	205,89	245,75

Tabulka 2. Statistické charakteristiky látek znečišťujících ovzduší v lednu a únoru 2014.

		PM ₁₀	PM _{2,5}	PM ₁	NO	NO ₂	NO _x	SO ₂	O ₃	CO	H ₂ S
		$\mu g.m^{-3}$									
minimum	leden	9	8	7	3	4	4	6	5	338	3
	únor	5	3	3	3	4	4	6	5	215	3
medián	leden	59,5	53	50	13	28	47	33	16	837	3
	únor	47	37	36	7	26	39	18	42	757	3
průměr	leden	67,08	62,62	60,56	16,51	30,13	55,25	38,19	20,48	1073,88	4,31
	únor	51,02	42,57	40,00	14,32	27,48	48,96	25,56	39,48	1040,39	3,37
maximum	leden	318	286	278	101	74	228	144	74	3773	81
	únor	234	228	230	116	63	207	103	85	4598	18

Analýzou spektrálního složení fotosynteticky aktivní radiace ($\lambda = 400-700$ nm) bylo zjištěno, že během poledních hodin slunečných dnů bylo výrazně větší zastoupení modré složky než během ranních či odpoledních hodin nebo zatažených dnů (Graf 1). Tento efekt byl pozorován jak v lednu, tak v únoru. Jde o překvapivý výsledek, neboť podíl modré složky je během slunečných dnů obvykle nižší než při zatažených dnech [7]. Tento jev vyžaduje ještě další analýzy dat. Vždy bylo také nejméně zelené složky záření. Dopadající sluneční záření je nejvýrazněji ovlivněno oblačností. Vliv znečištění ovzduší nelze testovat pomocí klasické lineární regrese, jelikož data nevykazují normální, nýbrž gama rozdělení (data popisující záření s daty popisujícími znečištění ovzduší vykazují vůči sobě nepřímou úměru), je nutno použít složitější generalizované lineární modely pro toto rozdělení dat. Při vysokých koncentracích PM_{10} je patrné zvýšení podílu modré složky ve spektru v zatažených dnech (Graf 1), tento jev ale vyžaduje další analýzy dat.



Graf 1. Denní průběh ozáření v modré, zelené a červené spektrální oblasti a polétavého prachu PM_{10} v únoru 2014.

V následující části měření bude jedna soustava senzorů ponechána na dosavadním místě, které se nachází ve znečištěné části Ostravy (v nedalekých Bartovicích jsou každoročně měřeny nejvyšší hodnoty látek znečišťujících ovzduší [2]) a druhá soustava senzorů bude přemístěna na lokalitu s nižším znečištěním v rámci města Ostravy, přičemž budou posuzovány kvalita a množství dopadajícího záření na těchto dvou lokalitách. V následujících letech proběhnou také laboratorní i polní experimenty, které ověří, jak předpokládané snížené množství dopadajícího záření (a jeho jednotlivých složek) ovlivňuje funkci fotosyntetického aparátu vybraných druhů vyšších rostlin.

Závěr

V rámci tohoto příspěvku je shrnuto základní zhodnocení množství dopadajícího slunečního záření a jeho ovlivnění znečištěním ovzduší v prvních dvou měsících roku 2014. Byla analyzována data pocházející ze soustav senzorů zaznamenávajících hodnoty různých složek záření umístěných na Botanické zahradě PřF OU a dále data pocházející z databáze imsmk.cz, která popisují stav znečištění ovzduší. Hlavním prvkem, který ovlivňoval množství dopadajícího záření, byla oblačnost. Prokázání vlivu znečištění ovzduší vyžaduje další analýzy dat, neboť data nepochází z normálního rozdělení, tudíž není možno užít jednoduché lineární regrese, ale je nutno užít složitějších generalizovaných lineárních modelů. Prvotní pohled na data ale ukazuje, že vyšší zastoupení polétavého prachu PM_{10} zvyšuje podíl modré spektrální

složky vůči jiným zataženým dnům. Během dalších analýz bude studováno zastoupení modré složky v různých částech dne a také při různém počasí (zatažené, polojasné a jasné dny), dále bude zkoumán vliv množství látek znečišťujících ovzduší na množství dopadajícího záření (zejména modrou, zelenou a červenou složku spektra, dále na UVA a UVB záření a také na celkové záření) pomocí generalizovaných lineárních modelů. Výsledky by mohly přinést informace důležité pro pochopení vlivu znečištění ovzduší na spektrální složení dopadajícího záření, které má vliv na fotosyntézu rostlin a může se projevat také snížením výnosu zemědělské produkce.

Poděkování

Uvedená práce vznikla za finanční podpory programu COST (projekt LD14005) a Ostravské univerzity (SGS20/PřF/2014).

Literatura

- [1] ČESKÝ HYDROMETEOROLOGICKÝ ÚSTAV. *Znečištění ovzduší na území České republiky v roce 2012* [online]. Praha, 2013 [cit. 12. 2. 2014]. Dostupné na Internetu: <http://portal.chmi.cz/files/portal/docs/uoco/isko/grafroc/groc/gr12cz/kap241.html>
- [2] JANČÍK, P., PAVLÍKOVÁ, I., BITA, J. et al. *Atlas ostravského ovzduší*. Ostrava: VŠB-TUO, 2013. 127 pp. ISBN 978-80-248-3006-3
- [3] MOOSMÜLLER, H., CHAKRABARTY, R.K. & ARNOTT, W.P. *Aerosol light absorption and its measurement: A review*. Journal of Quantitative Spectroscopy & Radiative Transfer, 2009, č. 110, s. 844–878.
- [4] BERGIN, M.H., GREENWALD, R., XU, J. et al. *Influence of aerosol dry deposition on photosynthetically active radiation available to plants A case study in the Yangtze delta region of China*. Geophysical Research Letters, 2001, č. 28, s. 3605-3608.
- [5] KLEM, K., AČ, A., HOLUB, P. et al. *Interactive effects of PAR and UV radiation on the physiology, morphology and leaf optical properties of two barely varieties*. Environmental and Experimental Botany, 2012, č. 75, s. 52-64.
- [6] WAHID, A., MAGGS, R. SHAMSI, S.R.A. et al. *Air Pollution and Its Impacts on Wheat Yield in the Pakistan Punjab*. Environmental Pollution, 1995, č. 88, s. 147-154.
- [7] NAVRÁTIL, M., ŠPUNDA, V., MARKOVÁ, I. & JANOUŠ, D. *Spectral composition of photosynthetically active radiation penetrating into a Norway spruce canopy: the opposite dynamics of the blue/red spectral ratio during clear and overcast days*. Trees, 2007, č. 21, s. 311-320.

Abstract

The agglomeration of Ostrava is situated in the north-east of the Czech Republic. This area is typical of strong air pollution, which is caused by concentration of heavy industry, traffic and burning of solid fuels. The matters causing air pollution have an influence on the amount and composition of solar radiation which reach the Earth's surface. Preliminary results of data analysis for January and February 2014 are described in this paper. These data were obtained using systems of sensors which measure the quantity of different parts of solar radiation. Air quality data were obtained from portal ims-musk.cz. The air pollution was significantly lower in February than January, the amount of solar radiation was significantly higher in February than January. Significantly higher representation of blue part of radiation was proved at noon of sunny days in both months. The complex approach to radiation measurement in urban area is shown too.