



ČESKÝ HYDROMETEOROLOGICKÝ ÚSTAV  
CZECH HYDROMETEOROLOGICAL INSTITUTE

# METEOROLOGICKÉ ZPRÁVY

METEOROLOGICAL BULLETIN

<i>Radim Tolasz – Radek Čekal – Hana Škáchová – Leona Vlasáková: Rok 2018 v České republice</i> .....	1
<i>Zuzana Rulfová – Romana Beranová – Jan Kyselý: Charakteristiky konvekčních a vrstevnatých srážek na stanicích v České republice v letech 1982–2016</i> .....	11
<i>Hana Pavlendová – Svetlana Bičárová – Zuzana Sitková: Prekračovanie kritických úrovní ozónu na výškovom tranzekte vo Vysokých Tatrách</i> .....	19

<i>Radim Tolasz – Radek Čekal – Hana Škáchová – Leona Vlasáková: The year 2018 in the Czech Republic</i> . . . . .	1
<i>Zuzana Rulfová – Romana Beranová – Jan Kyselý: Characteristics of convective and stratiform precipitation at stations in the Czech Republic over 1982–2016 period</i> . . . . .	11
<i>Hana Pavlendová – Svetlana Bičárová – Zuzana Sitková: Ozone critical level exceedances at altitudinal line transect at High Tatra Mts.</i> . . . . .	19

## Abstracting and Indexing:

- Meteorological and Geostrophysical Abstracts

**Meteorologické zprávy**, odborný recenzovaný časopis se zaměřením na meteorologii, klimatologii, kvalitu ovzduší a hydrologii. Dvuměsíčník

**Meteorological Bulletin**, reviewed journal specialized in meteorology, climatology, air quality and hydrology. Bi-monthly

### Vedoucí redaktor – Chief Editor

R. Tolasz, Český hydrometeorologický ústav, Ostrava, Česká republika

### Redaktor – Assistant Editor

H. Stehlíková, Český hydrometeorologický ústav, Praha, Česká republika

### Redakční rada – Editorial Board

J. Bednář, Univerzita Karlova, Praha, Česká republika

R. Brožková, Český hydrometeorologický ústav, Praha, Česká republika

R. Čekal, Český hydrometeorologický ústav, Praha, Česká republika

Z. Horký, Praha, Česká republika

F. Hudec, Univerzita obrany, Brno, Česká republika

I. Hůnová, Český hydrometeorologický ústav, Praha, Česká republika

P. Huszár, Univerzita Karlova, Praha, Česká republika

M. Kučerová, Ústav fyziky atmosféry AV ČR, Praha, Česká republika

K. Krška, Brno, Česká republika

M. Lapin, Univerzita Komenského, Bratislava, Slovenská republika

F. Neuwirth, Zentralanstalt für Meteorologie und Geodynamik, Wien, Austria

L. Němec, Český hydrometeorologický ústav, Praha, Česká republika

V. Pastirčák, Bratislava, Slovenská republika

D. Řezáčová, Ústav fyziky atmosféry AV ČR, Praha, Česká republika

M. Setvák, Český hydrometeorologický ústav, Praha, Česká republika

J. Strachota, Praha, Česká republika

J. Sulan, Český hydrometeorologický ústav, Plzeň, Česká republika

F. Šopko, Český hydrometeorologický ústav, Praha, Česká republika

A. Vizina, Výzkumný ústav vodohospodářský T. G. Masaryka, v. v. i., Praha, Česká republika

H. Vondráčková, Praha, Česká republika

V. Voženílek, Univerzita Palackého v Olomouci, Olomouc, Česká republika

### Vydavatel (redakce) – Publishers

● Český hydrometeorologický ústav, Na Šabatce 2050/17, 143 06 Praha 4-Komořany, telefon 244 032 722, 244 032 725, e-mail: mz@chmi.cz. Sazba a tisk: Ing. Jiří Šilar DTP. Rozšiřuje Český hydrometeorologický ústav, tiskové a informační oddělení, Na Šabatce 2050/17, 143 06 Praha 4-Komořany, nakladatelstvi@chmi.cz. Registrační číslo MK ČR E 5107.

© Meteorologické zprávy, Český hydrometeorologický ústav

● Czech Hydrometeorological Institute, Na Šabatce 2050/17, 143 06 Praha 4-Komořany, Phones: (+420) 244 032 722, (+420) 244 032 725, e-mail: mz@chmi.cz. Printed in the Ing. Jiří Šilar DTP. Orders: Please contact Czech Hydrometeorological Institute, Press and Information Department, Na Šabatce 2050/17, 143 06 Praha 4-Komořany, Czech Republic, nakladatelstvi@chmi.cz.

● ISSN 0026-1173

# METEOROLOGICKÉ ZPRÁVY

## Meteorological Bulletin

ROČNÍK 72 (2019)

V PRAZE DNE 28. ÚNORA 2019

ČÍSLO 1

## ROK 2018 V ČESKÉ REPUBLICE

Radim Tolasz, Český hydrometeorologický ústav, Pobočka Ostrava, K Myslivně 3/2182, 708 00 Ostrava-Poruba, radim.tolasz@chmi.cz

Radek Čekal, Český hydrometeorologický ústav, oddělení hydrologických předpovědí, Na Šabatce 2050/17, 143 06 Praha 4-Komořany, radek.cekal@chmi.cz

Hana Škáčhová, Český hydrometeorologický ústav, oddělení informačních systémů kvality ovzduší, Na Šabatce 2050/17, 143 06 Praha 4-Komořany, hana.skachova@chmi.cz

Leona Vlasáková, Český hydrometeorologický ústav, oddělení informačních systémů kvality ovzduší, Na Šabatce 2050/17, 143 06 Praha 4-Komořany, leona.vlasakova@chmi.cz

**The year 2018 in the Czech Republic.** The article summarizes the main events in the months of 2018 in meteorology, climatology, hydrology and air quality. In view of the average annual temperature of 9.6 °C, with a deviation of 1.7 °C above the normal of 1981–2010 (and +2.1 °C of 1961–1990), it is the year ranging between the extremely warm years. The annual rainfall total of 521 mm classifies the year as strongly below the normal for both of the standard normal periods. For each month, the highest and lowest temperatures, significant rainfall events and, possibly, higher wind speeds are noted. If the level of flood activity in the Czech Republic was reached, it is also listed in the overview. Concerning the air quality, exceedances of limit values for the protection of human health and smog situation declaration are listed.

**KLÍČOVÁ SLOVA:** počasí – charakteristiky – povodeň – sucho – kvalita ovzduší – Česká republika – 2018

**KEYWORDS:** weather – characteristics – floods – drought – air quality – Czech Republic – 2018

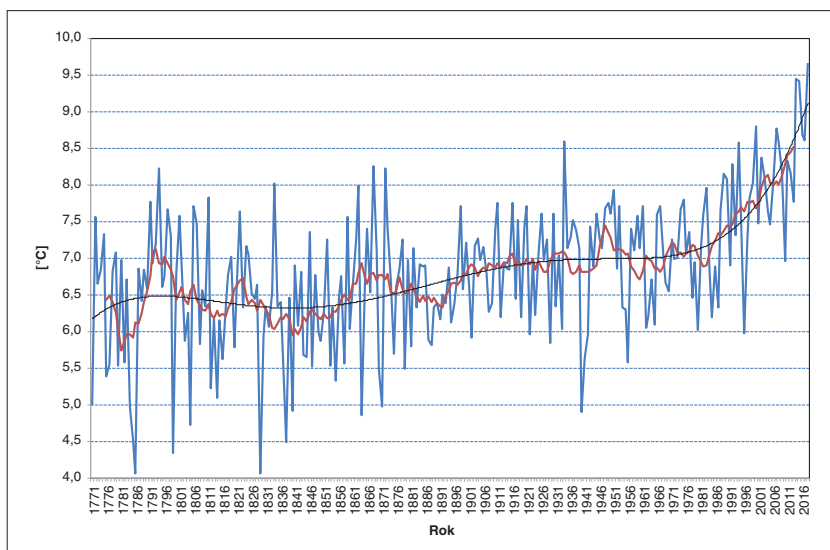
### 1. ÚVOD

Rok 2018 byl s průměrnou teplotou 9,6 °C a s odchylkou +1,7 °C od normálu 1981–2010 (a +2,1 °C od normálu 1961–1990) mimořádně nadnormální<sup>1)</sup>, podobně jako předchozí roky 2014 a 2015, roky 2016 a 2017 byly jen silně nadnormální (obr. 1). Rok 2018 se v řadě teplotních průměrů pro území České republiky stal absolutně nejteplejším rokem. Teplotní odchylka od normálu 1981–2010 v jednotlivých měsících (obr. 2) kolísala od +4,8 °C v dubnu, teplotně mimořádně nadnormální měsíc, až po –2,6 °C v únoru, který tak byl měsícem teplotně podnormálním. V průběhu roku byl pouze listopad měsíc teplotně normální. Únor a březen byly teplotně podnormální, červenec, září, říjen a prosinec byly nadnormální, leden, červen a srpen silně nadnormální a konečně duben a květen byly teplotně mimořádně nadnormální. Roční srážkový úhrn 521 mm zařazuje rok mezi roky srážkově silně podnormální (normál za období 1981–2010 je v Česku 686 mm). Nejvíce srážek, v průměru 72 mm, což

bylo 144 % normálu, napadlo v České republice v prosinci a nejméně, v průměru jen 14 mm, to je 37 % normálu, v únoru. Prosinec tak byl srážkově nadnormální a únor podnormální měsíc. Na obr. 3 vidíme, že ještě měsíce leden a září měly úhrn vyšší, než jsou průměrné hodnoty, zůstaly však v normálním intervalu, měsíc listopad byl s 37 % mimořádně podnormální, měsíce duben, červenec a srpen byly srážkově silně podnormální a měsíce březen, květen, červen a říjen měly úhrn nižší, než je normál, ale jsou klasifikovány jako měsíce srážkově normální.

V článku je uvedeno i předběžné hodnocení kvality ovzduší v roce 2018 v návaznosti na meteorologické a rozptylové podmínky v ovzduší. Znečištění venkovního ovzduší suspendovanými částicemi frakce PM<sub>10</sub> a PM<sub>2,5</sub>, benzo[a]pyrenem a přízemním ozonem (O<sub>3</sub>) představuje hlavní problémy kvality ovzduší České republiky. Úroveň znečištění závisí nejen na množství emisí, ale i na převažujících meteorologických a rozptylových podmínkách v daném roce. Vzhledem k procesu získání a zpracování odebraných vzorků je do článku zahrnuto pouze hodnocení suspendovaných částic PM<sub>10</sub>, přízemního ozonu, oxidu dusičitého (NO<sub>2</sub>) a oxidu siřičitého (SO<sub>2</sub>). Ve všech případech se jedná o neverifikovaná data ze stanic automatizovaného imisního monitoringu (AIM) ČHMÚ a dalších dodavatelů imisních dat. Verifikované koncentrace naměřené na stanicích AIM a koncentrace namě-

<sup>1)</sup> Hranice intervalů pro hodnocení normalnosti územní teploty vzduchu a srážek byly vypočteny z územních průměrů teploty vzduchu a srážek na území České republiky takto – mimořádně podnormální (<Q<sub>2</sub>), silně podnormální (Q<sub>2</sub> až Q<sub>10</sub>) podnormální (Q<sub>10</sub> až Q<sub>25</sub>), normální (Q<sub>25</sub> až Q<sub>75</sub>), nadnormální (Q<sub>75</sub> až Q<sub>90</sub>), silně nadnormální (Q<sub>90</sub> až Q<sub>98</sub>), mimořádně nadnormální (>Q<sub>98</sub>), kde Q je příslušný kvantil.

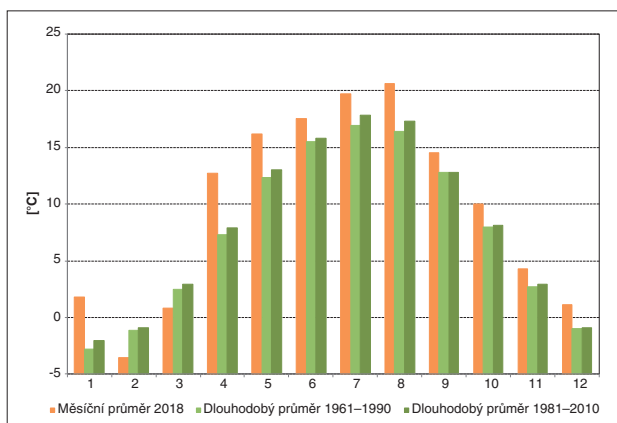


Obr. 1 Průměrná roční teplota vzduchu v ČR od roku 1771 proložená 11letým klouzavým průměrem a polynomiálním trendem. Historická data podle práce Štěpánek, 2005.

Fig. 1. Annual average of temperature since 1771 for the Czech Republic with an 11-year moving average and polynomial trend. For historical data see Štěpánek, 2005.

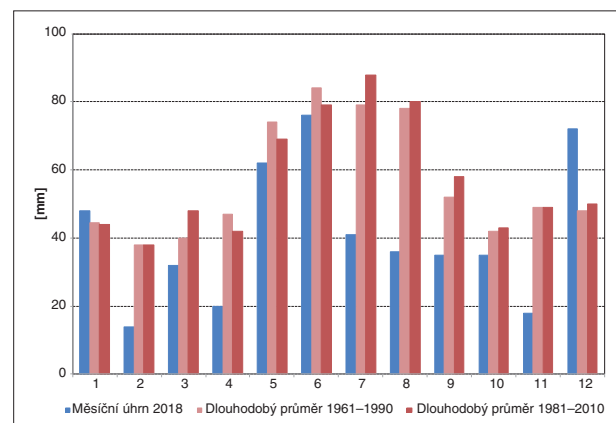
řené na manuálních stanicích jsou vyhodnoceny až v rámci tabelární a grafické ročenky ČHMÚ, která vychází později až v následujícím roce. Maximální povolený počet překročení (35× za kalendářní rok) hodnoty denního imisního limitu  $PM_{10}$  ( $50 \mu\text{g}\cdot\text{m}^{-3}$ ) byl v roce 2018 překročen na 42 stanicích AIM, přičemž na počtu překročení hodnoty imisního limitu se nejvíce podílel měsíc březen. Maximální povolený počet překročení (25× v průměru za tři roky) hodnoty imisního limitu pro maximální denní 8hodinovou koncentraci  $O_3$  ( $120 \mu\text{g}\cdot\text{m}^{-3}$ ) byl překročen na 34 stanicích. V roce 2018 bylo vyhlášeno 10 smogových situací a 4 regulace z důvodu vysokých koncentrací  $PM_{10}$  a 12 smogových situací z důvodu vysokých koncentrací  $O_3$ .

Rok 2018 byl stejně jako rok 2015 hodnocen jako rok suchý, a to jak z hlediska srážkových, tak i odtokových poměrů (obr. 4). V jistých aspektech, jako je například výrazný nedostatek vody v krajině a také v půdě a též výrazné snížení hladin vodních toků, lze rok 2018 dokonce považovat za hlediska těchto projevů a dopadů za ještě významnější. A to i přesto, že sráž-



Obr. 2 Roční chod teploty vzduchu v roce 2018 ve srovnání s normálem za období 1961–1990 a 1981–2010 (územní průměry teploty pro území ČR).

Fig. 2. The annual course of air temperature in 2018 in comparison with a normal for the period of 1961–1990 and 1981–2010 (spatial air temperature averages for the CR).



Obr. 3 Roční chod srážek v roce 2018 ve srovnání s normálem za období 1961–1990 a 1981–2010 (územní úhrny srážek pro území ČR).

Fig. 3. The annual course of precipitation in 2018 in comparison with a normal for the period of 1961–1990 and 1981–2010 (spatial precipitation totals averages for the CR).

kový deficit v roce 2015 byl nepatrně větší než v roce 2018. U sucha z roku 2018 je dobře patrný efekt dlouhodobé kumulace srážkového deficitu, který se projevuje v odlišném vývoji sucha ve srovnání s „běžným“ jednoletým suchem. Zatímco běžně dochází k určitému posunu výskytu půdního a hydrologického sucha za suchem meteorologickým, v případě suché epizody z roku 2018 pozorujeme souběh výskytu sucha napříč jeho typy. Důvodem je skutečnost, že sucho hydrologické trvá nepřetržitě minimálně od roku 2015. Jedním z mnoha způsobů, jak lze hodnotit hydrologické sucho u povrchových vod, je počet dnů, kdy je u sledovaného profilu indikován stav hydrologického sucha ( $Q_{355d}$ ). To znamená, že je zde průtok, který je v daném profilu dosažen nebo překročen průměrně 355 dní v roce. Druhou obdobnou charakteristikou hodnotící stav sucha u povrchových vod je počet dnů, kdy je u sledovaného profilu indikován 364denní průtok ( $Q_{364d}$ ).

To znamená, že jde o průtok, který je v daném profilu dosažen nebo překročen průměrně 364 dní v roce. Z hlediska těchto charakteristik vykazovala téměř jedna třetina sledovaných vodoměrných profilů na území České republiky stav hydrologického sucha, a to nepřetržitě od července do konce listopadu. Největší podíl (téměř dvě třetiny) profilů indikujících hydrologické sucho byl v měsíci srpnu. V srpnu byl také více než třetinový podíl vodoměrných profilů, kde byl indikován 364denní průtok. Z odtokového hlediska byl tak rok 2018 celkově výrazně podprůměrný, a to ve všech hlavních sledovaných povodích. Ve všech měsících, s výjimkou ledna, byly průměrné měsíční průtoky pod dlouhodobým průměrem a v naprosté většině profilů nedosahovaly ani 50 % těchto průměrů. Celkově nejmenší průtoky byly zaznamenány v povodí Dyje, kde v závěrovém profilu Ladná byly průměrné měsíční průtoky pod dlouhodobým průměrem i v lednu, během roku se zde pohybovaly v rozmezí od 30 do 58 % průměrných měsíčních průtoků. Celkově nejmenší průtoky vykazovala většina sledovaných toků v průběhu července a srpna. Zejména v srpnu průměrné průtoky

u většiny sledovaných profilů nedosahovaly ani třetinových hodnot průměrných průtoků pro tento měsíc. Celkově nejmenší průtoky vykazovala v srpnu Olše ve Věřňovicích (23 %  $Q_{VIII}$ ) a Morava ve Strážnici (12 %  $Q_{VIII}$ ). S výjimkou února, března, srpna, října a listopadu se ve všech měsících roku 2018 vyskytla povodňová událost s dosažením stupně povodňové aktivity (SPA<sup>2)</sup>), avšak všechny byly z hlediska plošného zasažení území méně významné. Odtokové situace s překročením 3. SPA se v roce 2018 vyskytly čtyřikrát, a to v květnu na Obecnickém potoce v profilu Obecnice a též na Litavce v profilech Příbram a Čenkov a v červnu na Otavě v profilu Rejštejn. Největší kulminační průtok, s dobou opakování 20 let, byl dosažen v květnu na Litavce v Čenkově.

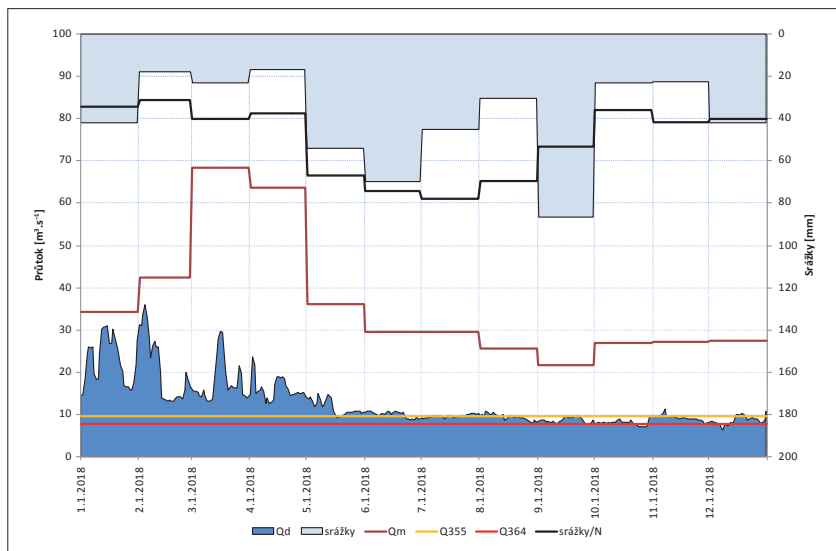
## 2. SITUACE V JEDNOTLIVÝCH MĚSÍCÍCH

### Leden

Začátek roku byl hned 3. leden ve znamení silného sněžení spojeného s frontálním systémem tlakové níže Burglind, která přecházela přes Severní moře a sever Německa. Na severních pohraničních horách od Krušných hor až po Beskydy a ve východní části Českomoravské vrchoviny napadlo až 35 cm nového sněhu – Luční bouda (okres Trutnov) 35 cm, Pec pod Sněžkou (okres Trutnov) 34 cm a Šerák<sup>3)</sup> (okres Jeseník) 30 cm. Tato tlaková níže byla doprovázena i velmi silným větrem s nárazy nad  $30 \text{ m.s}^{-1}$  – Dyleň (okres Cheb)  $31,4 \text{ m.s}^{-1}$ , Javorový (okres Frýdek-Místek)  $31,7 \text{ m.s}^{-1}$  a Šerák  $31,5 \text{ m.s}^{-1}$ . Na stanici Pec pod Sněžkou obsahoval uvedený nový sníh o výšce 34 cm nejvyšší lednový denní úhrn srážek 56,5 mm. Za této situace byly na stanicích ČHMÚ zaznamenány i zimní bouřky – v západních Čechách jen na Klínovci (okres Karlovy Vary) a dále na stanicích ve středních a severních Čechách. V povodí Labe byly v sestupy hladin vodních toků nejvýraznější po uvedených srážkách z 3. ledna a následné dotaci průtoků z tajícího sněhu. Došlo tak během 4. a 5. ledna k překročení 1. SPA na Metuji v Krčíně, na Cidlině v Jičíně, v Novém Bydžově a v Sánech, dále na Bystřici v Rohoznici a na Lužické Nise v Liberci. V povodí Moravy a Odry bylo zaznamenáno výraznější kolísání na začátku druhé dekády, avšak již bez překročení SPA. Sněžení ve dnech 16. až 18. ledna způsobilo problémy,

<sup>2)</sup> *Stupeň povodňové aktivity vyjadřuje míru povodňového nebezpečí. 1. stupeň – bdělost – nastává při nebezpečí přirozené povodně a zaniká, pomínou-li příčiny takového nebezpečí. 2. stupeň – pohotovost – vyhláší příslušný povodňový orgán, když nebezpečí povodně přerůstá v povodeň a v době povodně, když však ještě nedochází k větším rozlíváním a škodám mimo koryto. 3. stupeň – ohrožení – vyhláší příslušný povodňový orgán v době povodně při bezprostředním nebezpečí nebo při vzniku větších škod, ohrožení majetku a životů v záplavovém území.*

<sup>3)</sup> *Pojmenování a názvy měřicích stanic a lokalit podléhají v každém oboru vlastním pravidlům. V článku jsou vždy použity názvy podle dané oborové databáze, což může působit nesourodě, ale je to formálně správné. První výskyt stanice v textu je navíc pro snadnější orientaci doplněn okresem, není-li stanice v okresním městě. Pro hydrologické profily je lokalizace na vodním toku dostatečná.*



Obr. 4 Průběh průměrných denních průtoků na Dyji v profilu Ladná v roce 2018, v grafu jsou zobrazeny také hodnoty průměrných měsíčních průtoků za období 1981–2010,  $Q_{355d}$ ,  $Q_{364d}$  průměrné plošné měsíční úhrny srážek na vybrané povodí a hodnoty průměrných měsíčních plošných úhrnů srážek za období 1981–2010.

Fig. 4. The annual course of average daily flow of the Dyje River at Ladná in 2018 together with long term average monthly flows of 1981–2010 period, values of  $Q_{355d}$ ,  $Q_{364d}$  and spatial monthly average precipitation of 2018 and 1981–2010.

hlavně v dopravě (Česká televize 2018). Na některých stanicích napadlo za tři dny i více než 50 cm nového sněhu – Filipova Huť (okres Klatovy) a Černý Důl (okres Trutnov) 58 cm, Pec pod Sněžkou 53 cm a Benecko (okres Semily) 51 cm. Vzpomínky na orkán Kyrill z 18. ledna 2007 vyvolala přesně po 11 letech tlaková níže Friederike, která s sebou do Česka přinesla 18. ledna nárazy větru o rychlosti přes  $30 \text{ m.s}^{-1}$  – Churáňov a Luční bouda  $31 \text{ m.s}^{-1}$ , Klínovec  $35 \text{ m.s}^{-1}$ , Milešovka  $43 \text{ m.s}^{-1}$  a polská stanice na Sněžce  $48 \text{ m.s}^{-1}$ . Nejvyšší lednová i roční výška sněhu 223 cm byla naměřena 21. ledna na stanici Březník, hřeben (okres Klatovy) automatickým čidlem, sněhoměrnou latí bylo maximum 213 cm naměřeno ve stejný den na stanici Plechý, Rakouská louka (Prachatice). Na konci měsíce byla 29. ledna naměřena za téměř jarního počasí nejvyšší lednová teplota v Pohořelcích (okres Břeclav)  $14,3 \text{ }^{\circ}\text{C}$  (Osoblaha v okrese Bruntál  $14,2 \text{ }^{\circ}\text{C}$  a Brod nad Dyjí v okrese Břeclav  $14,0 \text{ }^{\circ}\text{C}$ ). Nejnižší lednová teplota byla naměřena na šumavských pláních – Kvilda-Perla (okres Prachatice)  $-22,8 \text{ }^{\circ}\text{C}$  a Rokytská slat (okres Klatovy)  $-22,7 \text{ }^{\circ}\text{C}$ . Maximální povolený počet překročení ( $35\times$  za kalendářní rok) hodnoty denního imisního limitu  $\text{PM}_{10}$  ( $50 \mu\text{g.m}^{-3}$ ) nebyl logicky na konci ledna překročen na žádné stanici, nicméně alespoň jedno překročení hodnoty  $50 \mu\text{g.m}^{-3}$  bylo zaznamenáno na více než 80 % stanic. V lednu dále došlo k překročení hodnoty hodinového imisního limitu  $\text{SO}_2$  na třech stanicích (Ostrava-Fifejdy, Ostrava-Prívov a Ostrava-Mariánské Hory), imisní limit nebyl na daných lokalitách překročen.<sup>4)</sup> Překročení hodnoty hodinového imisního limitu  $\text{SO}_2$  v lednu i v dalších měsících roku 2018 na stanicích v Ostravě souvisí se sanačními pracemi na lagunách Ostramo.

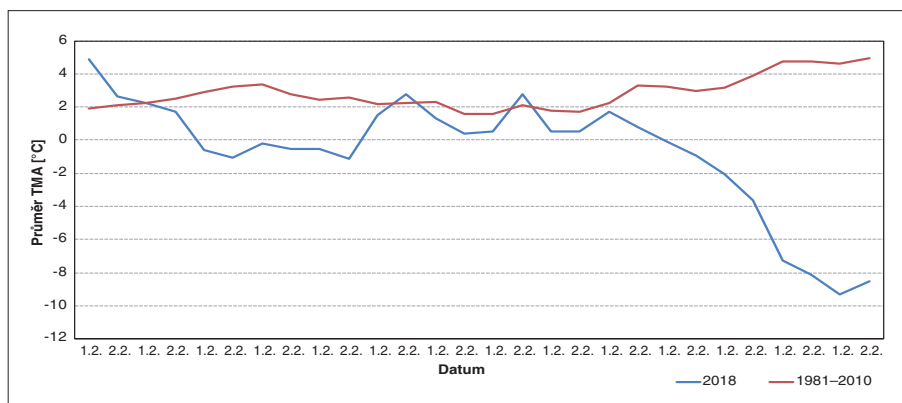
<sup>4)</sup> *Hodnota imisního limitu pro průměrnou hodinovou koncentraci  $\text{SO}_2$  je dle zákona o ochraně ovzduší č. 201/2012 Sb. v platném znění  $350 \mu\text{g.m}^{-3}$ . Legislativa připouští na dané lokalitě maximálně 24 překročení hodnoty imisního limitu za rok, při vyšším počtu je hodinový imisní limit považován za překročený.*



## Únor

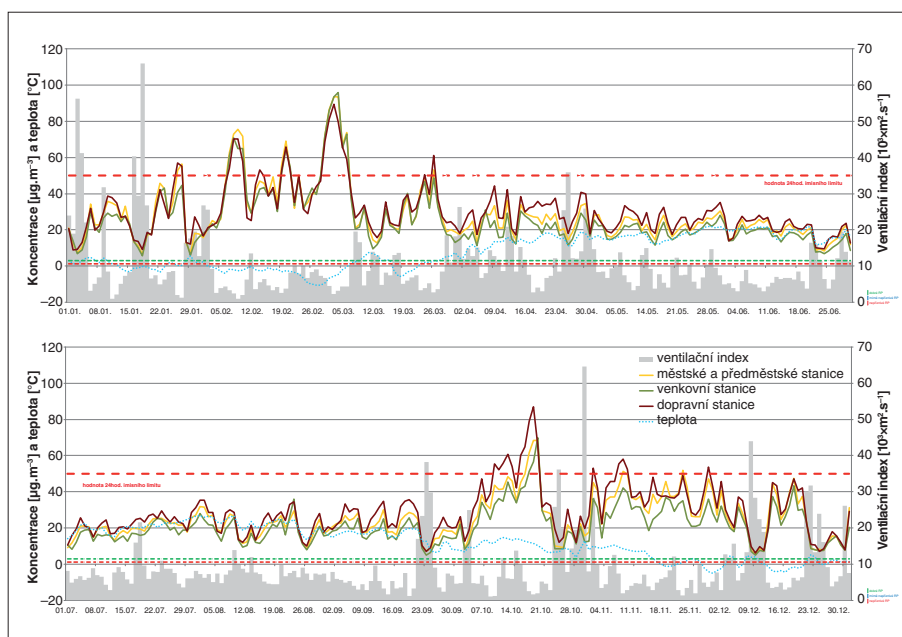
Nejvyšší únorová teplota 10,0 °C byla sice naměřena až 16. února v Kopistech (okres Most), ale nejvyšší průměr denních maximálních teplot v únoru 4,9 °C byl zaznamenán hned 1. února. Na obr. 5 je vidět, jak dlouhodobý průměr maximální denní teploty za období 1981 až 2010 v únoru postupně mírně roste v souladu s ročním chodem, v roce 2018 však klesal. V průběhu února se běžně vyskytovaly ledové dny (maximální denní teplota byla nižší než 0 °C). Nejnižší únorová naměřená teplota -28,8 °C byla 28. února na stanici Jelení, u mostu (okres Karlovy Vary), tento den byl i nejchladnějším dnem února (průměr denní minimální teploty poklesl na -15,9 °C). Únor byl jediný měsíc v roce, ve kterém nebyla na stanicích ČHMÚ pozorována žádná bouřka. Výška sněhu v únoru nedosáhla lednových maxim, na Lysé hoře v Rokytnici nad Jizerou (okres Semily) bylo 26. února 210 cm. Nejvyšší únorový denní úhrn srážek jen 16 mm byl naměřen 1. února na stanici Oskava (okres Šumperk). Během února se výraznější odtokové události nevyskytovaly. Pouze ve třetí dekádě se objevily ledové jevy, které ovlivnily průtoky na velké části toků, a vzhledem k nízkým teplotám se udržely až do konce února. Zaznamenané SPA byly způsobeny vzdušným ledovými jevy nebo zamrznutím měrného čidla. První smogové situace byly vyhlášeny na konci první únorové dekády na severní a střední Moravě. Celkem byly v únoru vyhlášeny čtyři smogové situace a dvě regulace z důvodu vysokých koncentrací PM<sub>10</sub>. Denní imisní limit PM<sub>10</sub> byl na konci února již překročen na průmyslové stanici Ostrava-Radvanice ZÚ.<sup>5)</sup> Hodnota hodinového imisního limitu SO<sub>2</sub> byla překročena na třech stanicích (Ostrava-Fifejdy, Ostrava-Přívoz a Ostrava-Mariánské Hory).

<sup>5)</sup> Hodnota imisního limitu pro průměrnou 24hodinovou koncentraci PM<sub>10</sub> je dle zákona o ochraně ovzduší č. 201/2012 Sb. v platném znění 50 µg.m<sup>-3</sup>. Legislativa připouští na dané lokalitě maximálně 35 překročení hodnoty imisního limitu za rok, při vyšším počtu je denní imisní limit považován za překročený.



Obr. 5 Průměr denní maximální teploty v únoru 2018 ve srovnání s denním normálem pro maximální teplotu za období 1981–2010 (průměr maximální denní teploty pro území ČR).

Fig. 5. The average maximum daily temperature in February 2018 in comparison with a daily normal of maximum temperature for the period of 1981–2010 (maximum daily temperature averages for the CR).

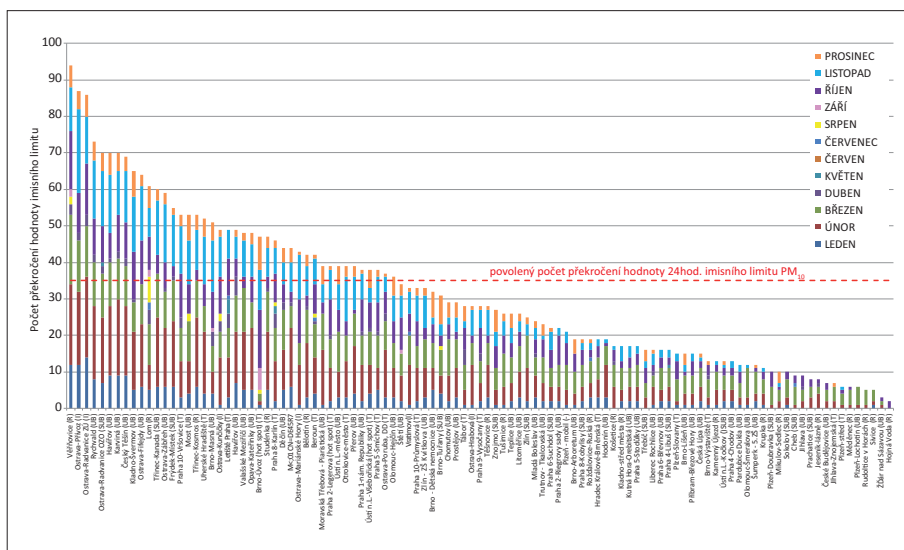


Obr. 6 Vývoj průměrných denních koncentrací PM<sub>10</sub> na stanicích AIM, celorepublikové denní teploty (T) a ventilačního indexu (VI) podle modelu ALADIN, rok 2018. Rozptylové podmínky (RP) jsou charakterizovány použitím VI [m<sup>2</sup>.s<sup>-1</sup>], kde VI ≤ 100 nepříznivé RP, 100 < VI ≤ 3000 mírně nepříznivé RP, VI > 3000 dobré RP.

Fig. 6. Annual course of the average daily concentrations of PM<sub>10</sub> at AIM stations, regional daily temperature (T) and ventilation index (VI) following the ALADIN model for 2018. Dispersion conditions (RP) are characterized using VI [m<sup>2</sup>.s<sup>-1</sup>], where VI ≤ 100 signifies unfavourable, 100 < VI ≤ 3000 slightly unfavourable, and VI > 3000 good dispersion conditions.

## Březen

Začátek března byl ve znamení velmi nízké teploty spojené s prouděním arktického vzduchu do střední Evropy. Nejnižší březnová teplota -27,5 °C byla naměřena 3. března na stanici Kořenov, Jizerka, rašeliniště (okres Jablonec nad Nisou). A hned 11. března byl nejteplejším dnem března. Maximální teplota na mnoha stanicích přesáhla 15 °C, nejtepleji bylo na stanici Praha, Karlov (19,5 °C). Další ochlazení s výskytem mrznoucího deště, mrholení, ledovky a náledí bylo zaznamenáno 17. března hlavně v jižních Čechách. V následujících dnech klesala ranní minimální teplota opět až k -20 °C – na stanici Kořenov, Jizerka, rašeliniště v první jarní den 21. března na -21,1 °C. Nástup jara tak nebyl v březnu úplně jednoduchý. Tento vpád studeného vzduchu byl navíc doprovázen silným



Obr. 7 Počet dnů, kdy průměrná denní koncentrace  $PM_{10}$  překročila hodnotu svého imisního limitu ( $50 \mu\text{g}\cdot\text{m}^{-3}$ ) na stanicích AIM, rok 2018.

Fig. 7. The number of days with the average daily concentration of  $PM_{10}$  exceeding the limit value ( $50 \mu\text{g}\cdot\text{m}^{-3}$ ) at the AIM stations, 2018.

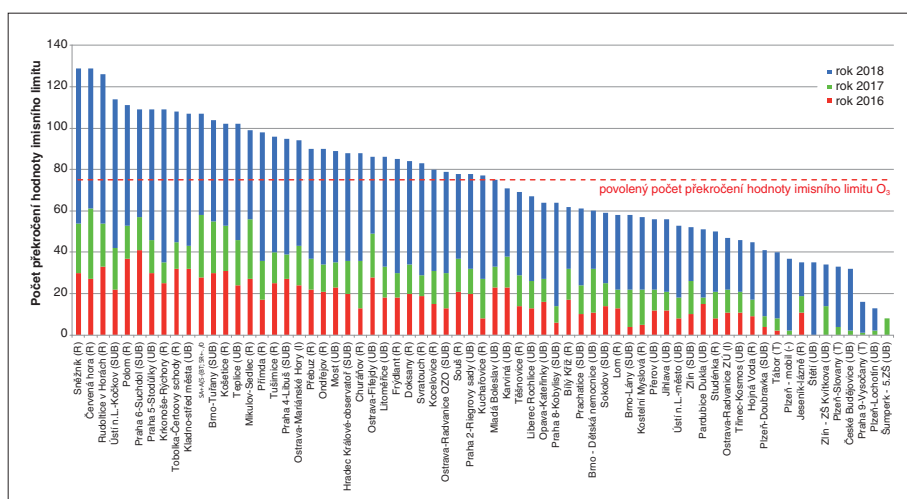
prouděním. Na Sněžce dosáhl 18. března denní maximum rychlosti větru  $38 \text{ m}\cdot\text{s}^{-1}$  a v Dolní Moravě na Slaměnce (okres Ústí nad Orlicí)  $36,1 \text{ m}\cdot\text{s}^{-1}$ . Nejvyšší březnový úhrn srážek  $35,9 \text{ mm}$  byl naměřen 31. března ve Žďánicích (okres Hodonín). V důsledku mrazivých period v průběhu března se na mnoha menších tocích tvořily či udržovaly ledové jevy, které ovlivnily měření ve vodoměrných profilech. Během celého měsíce průtoky jen mírně kolísaly v závislosti na srážkách, které byly relativně malé a výrazně četnější v první polovině března. Ve středních a vyšších polohách se však akumulovaly ve sněhové pokrývce a pozvolna odtávaly až během druhé poloviny měsíce. Celkem setrvalou tendenci hladin v první dekádě vystřídal při oteplení a srážkách mírný vzestup ve druhé dekádě března a v průběhu třetí dekády vodnosti opět mírně poklesly, přibližně mírně nad výchozí úroveň z počátku měsíce. Odtokové vlny nikde nebyly nebezpečné a kulminační stavy se jen ojediněle přiblížily úrovni 1. SPA. V březnu byly vyhlášeny čtyři smogové situace a dvě regulace z důvodu vysokých koncentrací  $PM_{10}$  (obr. 6). Denní imisní limit  $PM_{10}$  (obr. 7) byl v březnu překročen na dalších 8 lokalitách – Věřňovice (okres Karviná), Ostrava-Přívoz, Karviná, Havířov (okres Karviná), Rychvald (okres Karviná), Český Těšín (okres Karviná), Ostrava-Radvanice OZO, Třinec-Kanada (okres Frýdek-Místek).

## Duben

Začátkem dubna se ještě vyskytovaly ranní mrazy a 2. dubna byl na Luční boudě v Krkonoších zaznamenán poslední ledový den zimní sezóny (maximální denní teplota pod  $0 \text{ }^\circ\text{C}$ , a tedy celodenní mraz) s denním maximum teploty  $-1,0 \text{ }^\circ\text{C}$ . Nejnižší dubnová teplota  $-9,6 \text{ }^\circ\text{C}$  byla naměřena

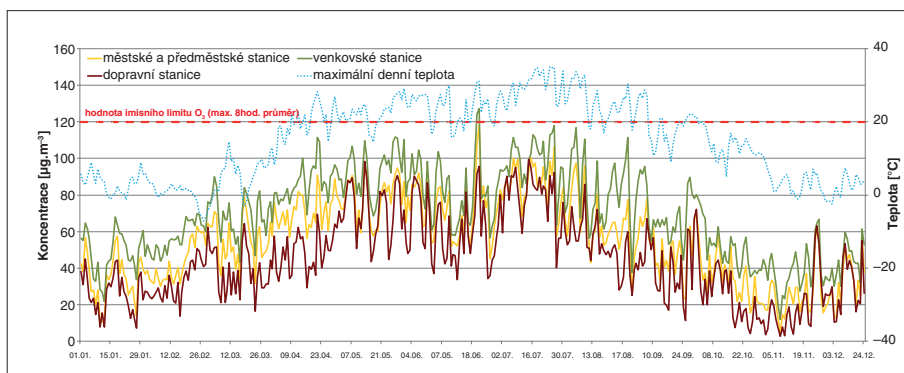
na 7. dubna ve Volarech (okres Prachatice). V dalších dnech už se začalo postupně oteplovat a 9. duben se stal prvním letním dnem v roce (maximální denní teplota  $25 \text{ }^\circ\text{C}$  a více) s nejvyšší teplotou v Ostravě, Dolní oblasti Vítkovice ( $26,7 \text{ }^\circ\text{C}$ ). V první polovině druhé dekády byl na horním toku Úpy v Horním Starém Městě, na horním Labi v profilu Špindlerův Mlýn a Vestřev od 11. do 15. dubna opakovaně překračován 1. SPA, v profilu Labská i 2. SPA, a to v závislosti na denním chodu teploty. V noci na 13. dubna bylo zataženo nebo skoro zataženo a proudil na naše území teplý vzduch od jihu. Noční teplota tak výrazně neklesala a zůstala pro duben nezvykle nad  $15 \text{ }^\circ\text{C}$  – nejvýše zůstala v Ústí nad Labem, Vaňově  $17,3 \text{ }^\circ\text{C}$ . Rozdíl mezi maximální a minimální den-

ní teplotou je denní amplituda, která byla v roce 2018 nejvyšší 21. dubna ve Volarech ( $30,5 \text{ }^\circ\text{C}$  s maximální teplotou  $26,5 \text{ }^\circ\text{C}$  a minimální  $-4,0 \text{ }^\circ\text{C}$ ). Nejvyšší dubnová teplota  $29,7 \text{ }^\circ\text{C}$  byla naměřena 29. dubna v Ostravě, Radvanicích. Jediným výraznějším srážkovým dnem byl 23. duben s maximem  $44,5 \text{ mm}$  v Lukovce (okres Teplice). Došlo tak k dalším mírným vzestupům hladin řek, avšak již bez dosažení SPA. Že byl měsíc duben teplotně mimořádně nadnormální (odchylka od dlouhodobého průměru  $+5,6 \text{ }^\circ\text{C}$ ), ukazuje i výskyt rekordních 13 letních dnů (dosavadní maximum bylo 11 letních dnů v dubnu v letech 2000, 2007 a 2009). Tendence hladin na tocích byla po většinu měsíce dubna převážně mírně klesající nebo setrvalá. V horských oblastech docházelo v důsledku vyšších teplot k odtávání sněhové pokrývky a zejména v povodí horního Labe a Úpy převažovala vzestupná tendence hladin. Na konci dubna byl denní imisní limit  $PM_{10}$  překročen již na 10 stanicích. V následujících měsících (duben až září) obecně dochá-



Obr. 8 Počet dnů, kdy maximální denní 8hodinová koncentrace  $O_3$  překročila hodnotu imisního limitu ( $120 \mu\text{g}\cdot\text{m}^{-3}$ ) na stanicích AIM, 2016–2018.

Fig. 8. The number of days with the daily maximum 8-hour  $O_3$  concentration exceeding the limit ( $120 \mu\text{g}\cdot\text{m}^{-3}$ ) at AIM stations, 2016–2018.



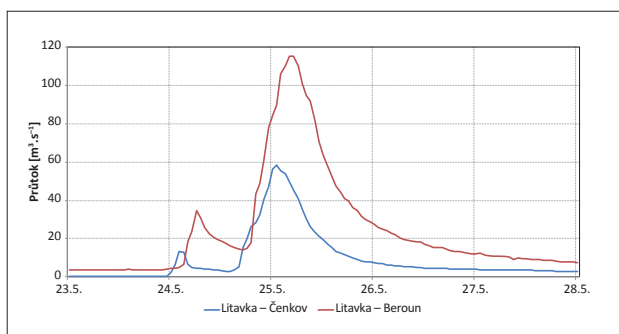
Obr. 9 Vývoj průměrných maximálních denních 8hodinových koncentrací  $O_3$  a celorepublikových maximální teploty ( $t_{max}$  podle modelu ALADIN), rok 2018.

Fig. 9. Course of the average daily maximum 8-hour  $O_3$  concentration, regional maximum temperature ( $t_{max}$  following the ALADIN model), 2018.

zí k méně častému překračování denního limitu  $PM_{10}$  v porovnání s obdobím leden až březen a říjen až prosinec. Naopak v tomto období nabývají většího významu zvýšené koncentrace přízemního ozonu  $O_3$  (obr. 8 a 9), tj. v období s příznivými podmínkami pro vznik  $O_3$  v ovzduší (sluneční záření, vysoká teplota, nízká relativní vlhkost vzduchu).

### Květen

I přes extrémně teplé dny nebyl v dubnu zaznamenán tropický den (maximální denní teplota 30 °C a více). 3. května byl tak na severovýchodě Moravy zaznamenán první tropický den v roce s maximální teplotou 31,6 °C v Ostravě, Dolní oblasti Vítkovice. Naopak teploty na západě území vystoupily jen na hodnoty kolem 16 °C. Nejnižší teplota -5,9 °C však byla zaznamenána 2. května na stanici Jelení, u mostu. Nejvyšší denní úhrn srážek poprvé v roce přesáhl 100 mm (112 mm) ve Spáleném Poříčí (okres Plzeň-jih). K přechodným vzestupům docházelo po intenzivních srážkách 16. května, kdy byl na Lužické Nise v Liberci krátce překročen 1. SPA. Ve větší míře stoupaly hladiny toků v období od 24. do 25. května po intenzivních srážkách se silnými bouřkami, které nejvíce zasáhly povodí horní Berounky, Litavky, horní Ohře a místy i přítoky Vltavy. Přivalové a následné trvalejší srážky rozvodnily během noci na 25. května řadu menších toků, z nichž některé při kulminacích dosáhly 3. SPA (24. května Obecnický potok v Obecnici při průtoku menším než 10letý průtok a Litavka v Příbrami při 2–5letém průtoku a 25. května v Čenkově při 20letém průtoku) a 2. SPA (24. května Úterský potok v Trpístech při 2letém průtoku, Červený potok v Hořovicích při 10–20letém průto-



Obr. 10 Vývoj povodňových vln od 23. května 2018 na Litavce v Berouně a v Čenkově.

Fig. 10. Flood hydrographs at the Litavka Stream in Beroun and Čenkov localities from 23<sup>rd</sup> May 2018 onwards.

ku, Klabava v Hrádku při 2letém průtoku, 25. května Litavka v Berouně (obr. 10) a Smutná v Ratajích při 5–10letém průtoku). Nadprůměrných denních průtoků, většinou 2 až 3násobných, dosahovaly pouze toky v povodí dolní Berounky, které byly zasaženy výraznější srážkovou činností ke konci měsíce. Na samém konci měsíce lokální intenzivní srážky nakrátko rozvodnily některé malé toky, nejvíce pak 31. května na úrovni 2. SPA Botič v Praze-Nuslích (při průtoku menším než 5letý průtok). Tendence hladin na tocích byla po většinu měsíce května setrvalá. 24. května

a 28. května byla v Dolním Bousově (okres Mladá Boleslav) zaznamenána první tropická noc v roce (minimální noční teplota neklesla pod 20 °C) s teplotou 20,8 °C. Imisní limit přízemního ozonu  $O_3$  vyjádřený jako maximální denní 8hodinová koncentrace byl v květnu překročen na venkovské stanici Červená hora v okrese Opava.<sup>6)</sup>

### Červen

K vzestupům hladin vodních toků docházelo již na počátku měsíce, kdy se po vydatných lokálních bouřkách nakrátko některé malé toky rozvodnily. V povodí Sázavy na Sázavce v Josefodole stoupla 1. června hladina krátce ke 2. SPA při 2–5letém průtoku, v povodí horní Jihlavy na úroveň 1. SPA vystoupala hladina Jihlavy v Bransouzích. Mělká brázda nízkého tlaku vzduchu nad střední Evropou a zejména frontální rozhraní nad Alpami způsobily 12. června na jihu území vznik silných bouřek a trvalejších srážek. Nejvíce srážek za srážkový den bylo naměřeno na šumavských stanicích Bučina, u Kvildy (okres Prachatice) 127 mm, Srní (okres Klatovy) 98,9 mm a Plechý, Rakouská louka (okres Prachatice) 81,9 mm. Na stanici Bučina, u Kvildy přišlo nepřetržitě od 16:40 do 22:40 SELČ (úhrn 115,2 mm) s nejvyšším hodinovým úhrnem od 18:20 do 19:10 SELČ (68,9 mm) a nejvyšším desetiminutovým úhrnem 18 mm v 18:40 SELČ. 12. až 13. června byly proto vzestupy toků pozorovány především v horní části toků odvodňujících Šumavu a Novohradské hory. Nejvýraznější vzestupy hladin byly zaznamenány v povodí Otavy, Teplé Vltavy a Úhlavy. Na Otavě v Rejštejně byl 12. června dosažen 3. SPA při 2letém průtoku a 13. června v profilu Sušice 2. SPA. Teplá Vltava v Lenoře dosáhla 13. června 2. SPA při 10letém průtoku. Vydatné srážky rozkolísaly menší toky i ve Středočeském kraji a v Praze. 12. června zaznamenal Botič v Praze-Nuslích vzestup na 2. SPA při 10letém průtoku a Rokytka ve Vysočanech 2. SPA při průtoku 5–10letém. Nejvyšší teplota 34,2 °C byla naměřena 21. června v Brně, Žabovřeskách a nejnižší -2,5 °C 26. června na stanici Kvilda-Perla (okres Prachatice) a Rokytské slati (okres Klatovy). Během třetí dekády června byly hladiny většinou setrvalé, později opět rozkolísané odtokovými vlnami ze srážek, které vrcholily postupně od 27. do 29. června.

<sup>6)</sup> Hodnota imisního limitu pro maximální denní 8hodinovou průměrnou koncentraci  $O_3$  je dle zákona o ochraně ovzduší č. 201/2012 Sb. v platném znění 120  $\mu\text{g.m}^{-3}$ . Legislativa připouští na dané lokalitě v průměru za tři roky maximálně 25 překročení hodnoty imisního limitu za rok, při vyšším počtu je imisní limit (max. denní 8hod. průměrná koncentrace) považován za překročený.



V oblasti Novohradských hor, Šumavy a Jeseníků se nakrátko rozvodnily některé menší toky. Nejvíce přitom vystoupily hladiny Černé v Ličově (2. SPA), Blanice v Blanickém Mlýnu a v Podedvorech a Volyňky v Sudslavicích (při 1. SPA). Imisní limit maximální denní 8hodinové koncentrace přízemního ozonu  $O_3$  byl v červnu překročen již na čtyřech venkovských stanicích – Červená hora, Rudolice v Horách (okres Most), Sněžník (okres Děčín), Polom (okres Rychnov nad Kněžnou).

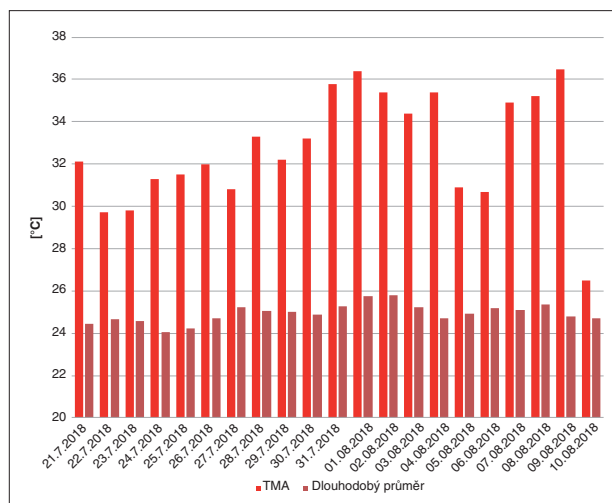
### Červenec

Ve známých lokalitách na Šumavě, v Krušných i Jizerských horách byly i v červenci zaznamenávány mrazové dny s minimální teplotou pod  $0\text{ }^{\circ}\text{C}$ . Nejnižší teplota  $-5,7\text{ }^{\circ}\text{C}$  byla naměřena 2. července na stanici Jelení, u mostu, poslední červencový mráz byl s teplotou  $-1,4\text{ }^{\circ}\text{C}$  zaznamenán 20. července na Rokytské slati. Na konci druhé dekády července byly hlavně na severovýchodě území poprvé v roce zaznamenány vydatné vícedenní srážky. Nejvyšší denní úhrn  $153,3\text{ mm}$  byl naměřen na Lysé hoře v Beskydech ( $230,0\text{ mm}$  za tři dny) a v Nýdku, Filipce (okres Frýdek-Místek)  $113,6\text{ mm}$  (třídenní úhrn  $198,3\text{ mm}$ ). Výraznější vzestupy byly ve druhé dekádě zaznamenány na Lužické Nise, kde po intenzivních srážkách došlo v profilu Liberec a Proseč nad Nisou 10. července ke krátkodobému překročení 1. SPA. Následkem vydatných srážek ve druhé dekádě měsíce vystoupily 18. a 19. července hladiny některých menších toků v povodí Odry a Bečvy až k úrovním 1. SPA. Na Ondřejnici v Rychalticích byla dne 18. července i krátkodobě dosažena úroveň pro 2. SPA při 2–5letém průtoku. Od 14. července byla každý den zaznamenána na některé stanici ČHMÚ maximální teplota  $30\text{ }^{\circ}\text{C}$  a vyšší (tropický den). Tato horká vlna trvala již 18 dní, když bylo změřeno nejvyšší denní maximum teploty  $37,3\text{ }^{\circ}\text{C}$  v Tuhani (okres Mělník) v poslední červencový den. Tato horká vlna však pokračovala i v srpnu. Měsíc červenec byl ve většině sledovaných povodí na území ČR odtokově výrazně podprůměrný. Nejméně vodné bylo povodí Moravy po Strážnici, kde průměrně odtékalo 21 % červencového průměrného odtoku. Vodnosti toků se během července nejčastěji pohybovaly mezi  $Q_{240d}$  až  $Q_{364d}$ . Celkem mělo na konci měsíce průtok pod úrovní  $Q_{355d}$  v průměru 32 % hlásných profilů (z toho 18 % profilů pod úrovní  $Q_{364d}$ ). V červenci došlo k vyhlášení 9 smogových situací z důvodu vysokých koncentrací přízemního ozonu  $O_3$ , zejména v Čechách a v aglomeraci O/K/F-M<sup>7)</sup>. Imisní limit přízemního ozonu  $O_3$  byl na konci července překročen na 17 stanicích. Došlo také ke dvěma překročením hodnoty imisního limitu  $SO_2$  na lokalitě Ostrava-Fifejdy.

### Srpen

Horká vlna z července trvala až do 10. srpna, ale nejvyšší maximální denní teplota  $38,0\text{ }^{\circ}\text{C}$  byla naměřena v Husinci, Řeži (okres Praha-východ) hned 1. srpna. Nejdelší horká vlna na jedné lokalitě (maximální denní teplota byla minimálně o  $5\text{ }^{\circ}\text{C}$  vyšší než dlouhodobý průměr maximální teploty v daný den) byla zaznamenána v Semčicích (okres Mladá Boleslav) od 21. července do 9. srpna. Maximální denní teplota v průběhu této 20 dní trvající horké vlny je na obr. 11. Průměr maximální teploty  $32,8\text{ }^{\circ}\text{C}$  v Semčicích za celé období je o  $7,8\text{ }^{\circ}\text{C}$  vyšší, než je dlouhodobý průměr maximální teploty za stejné období. Tato horká vlna byla hlavně na Moravě zakončena boufkami s nejvyšším denním úhrnem srážek  $68,1\text{ mm}$  v Horní Lomné (okres Frýdek-Místek). V srpnu se vyskytlo 24 tropických dní, nejvíce (20 dní) ve Strážnici (okres Hodonín). Poslední tropic-

<sup>7)</sup> Aglomerace Ostrava/Karviná/Frýdek-Místek.



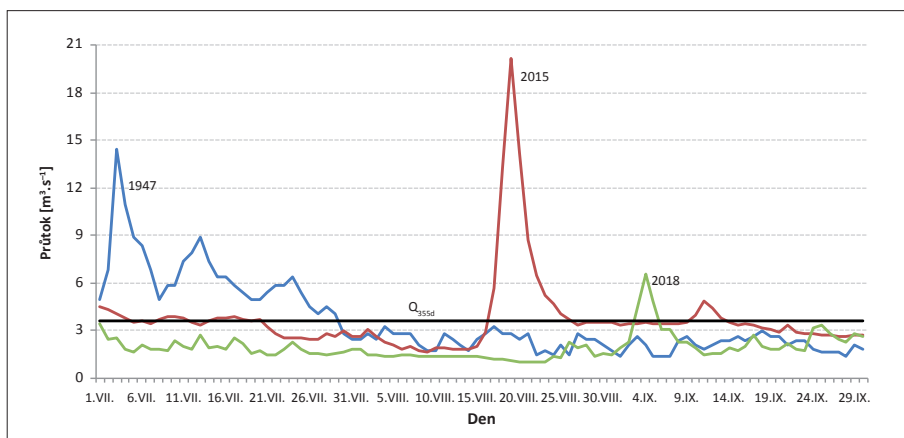
Obr. 11 Maximální denní teplota a dlouhodobý průměr maximální denní teploty v průběhu horké vlny od 21. 7. do 9. 8. 2018 v Semčicích.

Fig. 11. The maximum daily temperature and a daily normal of maximum temperature at the Semčice station for a period of heat wave between 21<sup>st</sup> July and 9<sup>th</sup> August 2018.

kou nocí s minimální teplotou  $23,2\text{ }^{\circ}\text{C}$  byla v tomto roce noc z 23. na 24. srpna v Mořkově (okres Nový Jičín). Nejnižší teplota  $-7,0\text{ }^{\circ}\text{C}$  z 27. srpna byla naměřena na Rokytské slati, mrazovým dnem však byl už 7. srpen v Kořenově, Jizerce, rašelišti. Téměř všechny toky měly průtok menší než je polovina dlouhodobého srpnového průměru, přičemž v polovině měrných profilů nedosáhl ani 25 % srpnového průměru. K nejméně vodným větším povodím patřily v srpnu především Orlice (23 %), Lužnice (7 %), Berounka (24 %) a Sázava (10 %). Průměrné srpnové vodnosti odpočívaly ve většině povodí rozmezí hodnot  $Q_{300d}$  až  $Q_{364d}$ . S postupně silícími projevy sucha během srpna v povrchových tocích také narůstal počet vodoměrných profilů, kde byl zaznamenán minimální průtok menší než  $Q_{355d}$ . Na počátku měsíce byl pozorován asi v 50 % hlásných stanic a maxima dosáhl počátkem třetí dekády srpna na 65 % profilů, přičemž 35 % profilů mělo průtok pod úrovní  $Q_{364d}$ . V srpnu pokračovaly dvě smogové situace vyhlášené na konci července. Navíc došlo k vyhlášení tří smogových situací z důvodu vysokých koncentrací přízemního ozonu  $O_3$ , a to v Ústeckém kraji, v aglomeraci Praha a zóně Střední Čechy. Imisní limit přízemního ozonu  $O_3$  byl na konci srpna překročen již na 30 stanicích. Zároveň došlo k překročení hodnoty hodinového imisního limitu  $SO_2$  na stanicích Ostrava-Fifejdy a Ostrava-Přivoz.

### Září

Měsíc začal výraznou několikadenní srážkovou epizodou s denními úhrny 1. září, například  $89,1\text{ mm}$  v Dřevohosticích (okres Přerov) nebo  $77,3\text{ mm}$  v Přerově. Reakcí na tyto srážky bylo všeobecné rozkolísání hladin, vzhledem k předchozímu suchu však byly vzestupy nevýrazné a pouze krátkodobé. Večer 1. září byl krátce dosažen 1. SPA na Dřevnici v profilu Kašava nad nádrží (2. září krátce i 2. SPA) a na Olešnici v Kokorech. Další kolísání hladin, již bez dosažení SPA, se projevilo po vydatnějších srážkách 13. a 14. září. 21. září byl poslední tropický den s denním maximem teploty  $31,5\text{ }^{\circ}\text{C}$  v Brandýse nad Labem, Staré Boleslavi (okres Praha-východ), nejvyšší maximální teplota  $32,7\text{ }^{\circ}\text{C}$  však byla naměřena už 12. září v Ústí nad Labem, Vaňově. Třetí a poslední srážková situace v měsíci byla zaznamenána 21. a 23. září. Během této situace byl



Obr. 12 Průměrné denní průtoky za období červenec–září u hydrologicky suchých let 1947, 2015 a 2018 na dolním toku Sázavy v profilu Nespeky, dříve Pořičtí nad Sázavou. V grafu je vyznačen limit pro indikaci hydrologického sucha ( $Q_{355d}$ ).

Fig. 12. The average daily flow (July–September) in drought years of 1947, 2015 and 2018 downstream of the Sázava River at Nespeky (formerly Pořičtí nad Sázavou). The limit for hydrological drought ( $Q_{355d}$ ) is indicated in the diagram.

23. září velmi krátce překročen 1. SPA na Botiči v Praze-Nuslích při 2letém průtoku. 23. a 24. září přecházelo přes naše území výrazné frontální rozhraní s rychlostí větru nad  $30 \text{ m}\cdot\text{s}^{-1}$  – Sněžka  $36,2 \text{ m}\cdot\text{s}^{-1}$ , Javorový  $31 \text{ m}\cdot\text{s}^{-1}$  a Klínovec  $30,8 \text{ m}\cdot\text{s}^{-1}$ . Na Rokytské slati byla 26. září naměřena nejnižší minimální teplota  $-10,7 \text{ }^\circ\text{C}$ , tento den se tak stal prvním ledovým dnem nadcházející zimní sezóny. Měsíc září byl na území ČR dalším odtokově výrazně podprůměrným měsícem. Většina toků měla průtok menší než polovina dlouhodobého zářijového průměru, přičemž během celého měsíce bylo více než ve třetině měrných profilů méně než  $25\% Q_{IX}$ . K nejméně vodným větším povodím patřily v září především Orlice (pod  $10\% Q_{IX}$ ), Cidlina, Mrlina (pod  $5\% Q_{IX}$ ), Lužnice (kolem  $7\% Q_{IX}$ ) a Sázava ( $10\% Q_{IX}$ ). Průměrné zářijové vodnosti (obr. 12) odpovídaly ve většině povodí rozmezí hodnot  $Q_{300d}$  až  $Q_{364d}$ . Počet vodoměrných profilů, kde byl zaznamenán minimální průtok  $Q_{355d}$  byl na začátku měsíce pozorován asi v  $50\%$  hlásných stanic (z toho cca  $17\%$  stanic pouze  $Q_{364d}$ ) a na konci měsíce u přibližně  $40\%$  (z toho cca  $12\% Q_{364d}$ ). Imisní limit přízemního ozonu  $\text{O}_3$  byl v září překročen na 34 stanicích. Denní imisní limit  $\text{PM}_{10}$  byl na konci září překročen na 11 stanicích. V září rovněž došlo k překročení hodnoty hodinového imisního limitu  $\text{SO}_2$  na stanicích Ostrava-Fifejdy a Ostrava-Přívoz.

### Říjen

Poslední letní den byl 14. října s denním maximem teploty  $25,1 \text{ }^\circ\text{C}$  v Husinci, Řeži a  $25,0 \text{ }^\circ\text{C}$  v Doksanech, nejvyšší maximální denní teplota  $25,7 \text{ }^\circ\text{C}$  byla však v Husinci, Řeži naměřena už 11. října. Nejnižší minimální teplota  $-11,5 \text{ }^\circ\text{C}$  byla zaznamenána 22. října na stanici Jelení, u mostu. Nejvyšší denní úhrn srážek  $75,4 \text{ mm}$  byl naměřen na Labské boudě (okres Trutnov) 23. října. Toto období bylo zajímavé i hydrologicky. První větší úhrny srážek byly zaznamenány 24. října zejména v horských oblastech na severu a severovýchodě republiky. V důsledku toho došlo k všeobecnému rozkolísání hladin s celkově vzestupnou tendencí. Výraznější přechodné vzestupy byly zaznamenány zejména v povodí Jizery, horní Vltavy a Lužnice. Následovaly tři dny srážkově méně významné, až 28. říjen byl dalším dnem s významnými srážkovými úhrny. Opakovaně došlo k dalším přechodným výrazným vzestupům hladin, v Čechách zejména v povodí Jizery, Lužické Nisy, horního Labe, Úpy, Metuje a Stěnavy a na Moravě v povodí Odry,

horní Moravy a Bečvy. Žádný ze vzestupů vodních hladin v říjnu nezpůsobil dosažení stupňů povodňové aktivity. Teplotně velmi zajímavá situace se vyvinula v noci z 29. na 30. října. Díky přílivu teplého vzduchu od jihovýchodu byla noc extrémně teplá, ráno se teplota na našem území pohybovala mezi  $16$  až  $20 \text{ }^\circ\text{C}$ , jen na jihozápadě a západě Čech bylo chladnější s teplotou v intervalu od  $12$  do  $16 \text{ }^\circ\text{C}$ . Nejvyšší noční minimální teplota byla na stanici Mošnov  $19,8 \text{ }^\circ\text{C}$ . Tato hodnota je nejvyšší zaznamenanou noční minimální teplotou v říjnu na našem území – předchozí maximum minimální noční teploty  $18,9 \text{ }^\circ\text{C}$  bylo naměřeno ve Vizovicích 1. října 1975 a v Bystřici pod Hostýnem 8. října

2009. Noční maximální teplota však dosáhla hodnoty  $21,4 \text{ }^\circ\text{C}$  v čase  $00:50 \text{ SEČ}$ . Tato noční maximální teplota se zároveň stala nejvyšší maximální denní teplotou pro 30. říjen na stanici Mošnov (předchozí maximum  $21,1 \text{ }^\circ\text{C}$  bylo naměřeno 30. října 2004 ve 13 hodin). Noční vzestup teploty byl navíc v Mošnově nebývale rychlý. V  $19:21 \text{ SEČ}$  byla teplota vzduchu  $8,2 \text{ }^\circ\text{C}$  a ve  $20:00 \text{ SEČ}$  už  $18,9 \text{ }^\circ\text{C}$ . Za 40 minut tak došlo ke zvýšení teploty o  $10,7 \text{ }^\circ\text{C}$ . V severních pohraničních horách byla v tuto noc zaznamenána i vysoká rychlost větru nad  $35 \text{ m}\cdot\text{s}^{-1}$  –  $51,5 \text{ m}\cdot\text{s}^{-1}$  na Sněžce,  $37,1 \text{ m}\cdot\text{s}^{-1}$  na Lysé hoře,  $36,8 \text{ m}\cdot\text{s}^{-1}$  na Šeráku a  $35,8 \text{ m}\cdot\text{s}^{-1}$  ve Svatouchu (okres Chrudim). Tři čtvrtiny toků měly průtok menší, než je polovina dlouhodobého říjnového průměru, přičemž téměř ve čtvrtině měrných profilů nedosáhl ani  $25\% Q_X$ . K nejméně vodným větším povodím patřila v říjnu především povodí Orlice ( $20\% Q_X$ ), Sázavy ( $25\% Q_X$ ), dolní Moravy ( $20\% Q_X$ ) a některé přítoky středního Labe, zejména Chrudimka, Novohradka, Doubrava, Vrchlice a Mrlina (kolem  $20\% Q_X$ ). Na většině území ČR se v měsíci říjnu vyskytlo delší, přibližně dvacetidenní, suché období bez srážek. Hladiny většiny toků zůstávaly setrvalé nebo jen slabě kolísaly či klesaly. Průměrné říjnové vodnosti odpovídaly ve většině povodí rozmezí hodnot  $Q_{300d}$  až  $Q_{364d}$ . Počet vodoměrných profilů, kde byl pozorován minimální průtok  $Q_{355d}$ , odpovídal na začátku měsíce asi  $45\%$  hlásných stanic (z toho  $15\%$  stanic pouze  $Q_{364d}$ ), na konci měsíce přibližně pak  $25\%$  stanic (z toho cca  $6\% Q_{364d}$ ). V říjnu byly vyhlášený 2 smogové situace z důvodu vysokých koncentrací  $\text{PM}_{10}$ . Denní imisní limit  $\text{PM}_{10}$  byl na konci října překročen celkem na 25 stanicích. Dále byla překročena hodnota hodinového imisního limitu  $\text{SO}_2$  na stanici Ostrava-Fifejdy.

### Listopad

Hned 1. listopadu vystoupila odpolední teplota až na  $21,5 \text{ }^\circ\text{C}$  ve Vidnavě (okres Jeseník). Srážkově byl listopad opět nevýrazný, nejvyšší denní úhrn jen  $24,7 \text{ mm}$  byl naměřen 2. listopadu v Orlickém Záhoří (okres Rychnov nad Kněžnou). Výrazná teplotní inverze se vyvinula 12. listopadu hlavně v Čechách. Její spodní hladina se nacházela pod  $1000 \text{ m n. m.}$  a horní hranice zhruba ve výšce  $1200 \text{ m n. m.}$  Pod inverzí se odpolední teplota pohybovala kolem  $8 \text{ }^\circ\text{C}$  a denní amplituda teploty byla nevýrazná. V místech, kde se inverze rozrušila, jako např. na východě a severovýchodě Moravy a ve

Tab. 1 Denní maximum teploty [°C] v roce 2018.

Table 1. The highest maximum daily temperature [°C] in 2018.

ID stanice	Název	Okres	Nadm. výška [m n. m.]	Datum	Maximální teplota [°C]
P7REZP01	Husinec, Řež	Praha-východ	250	1. 8.	38,0
U1DOKS01	Doksany	Litoměřice	158	1. 8.	37,9
P2TUHA01	Tuhaň	Mělník	160	1. 8.	37,4
U1ULMA01	Ústí nad Labem, Vaňov	Ústí nad Labem	150	1. 8.	37,3
U2CELI01	Česká Lípa	Česká Lípa	246	1. 8.	37,2

Tab. 2 Denní minimum teploty [°C] v roce 2018.

Table 2. The lowest minimum daily temperature [°C] in 2018.

ID stanice	Název	Okres	Nadm. výška [m n. m.]	Datum	Minimální teplota [°C]
L7JUMO01	Jelení, u mostu	Karlovy Vary	852	28. 2.	-28,8
C7JESL01	Kvilda-Perla	Prachatice	1 058	15. 2.	-28,4
P7KJRA01	Kořenov, Jizerka, rašelinště	Jablonec nad Nisou	858	3. 3.	-27,5
C7ROSL01	Rokytská slát	Klatovy	1 100	15. 2.	-27,2
L7JELE01	Jelení	Karlovy Vary	852	25. 2.	-27,1

Tab. 3 Nejvyšší denní úhrn srážek [mm] v roce 2018.

Table 3. The highest daily precipitation amount [mm] in 2018.

ID stanice	Název	Okres	Nadm. výška [m n. m.]	Datum	Denní úhrn [mm]
O1LYSA01	Lysá hora	Frýdek-Místek	1 322	18. 7.	153,3
O1NYFI01	Nýdek, Filipka	Frýdek-Místek	745	18. 7.	113,6
O1OSCE01	Ostravice	Frýdek-Místek	435	18. 7.	99,4
C1SRNI01	Srní	Klatovy	857	12. 6.	98,9
L1SPOR01	Spálené Poříčí	Plzeň-jih	420	24. 5.	94,2

Tab. 4 Nejvyšší třídenní úhrn srážek [mm] v roce 2018.

Table 4. The highest value of three-day sum of precipitation [mm] in 2018.

ID stanice	Název	Okres	Nadm. výška [m n. m.]	Datum	Úhrn [mm]
O1LYSA01	Lysá hora	Frýdek-Místek	1 322	17.–19. 7.	230,0
O1NYFI01	Nýdek, Filipka	Frýdek-Místek	745	17.–19. 7.	198,3
O1HOL001	Horní Lomná	Frýdek-Místek	582	17.–19. 7.	118,9
L3KLIN01	Klínovec	Karlovy Vary	1 236	10.–12. 6.	115,8
O1JABL01	Jablunkov	Frýdek-Místek	380	17.–19. 7.	112,0

Tab. 5 Nejvyšší výška celkové sněhové pokrývky<sup>9)</sup> [cm] v roce 2018.

Table 5. The highest value of snow cover [cm] in 2018.

ID stanice	Název	Okres	Nadm. výška [m n. m.]	Datum	Celková výška sněhu [cm]
C7BLVR01	Březník, hřeben	Klatovy	1 350	21. 1.	223
C7PLCH01	Plechý, Rakouská louka	Prachatice	1 344	21. 1.	213
P4RLHO01	Rokytnice nad Jizerou, Lysá hora	Semily	1 310	19. 3.	211
H1LBOU01	Labská bouda	Trutnov	1 320	29. 3.	206
P4VRUZ01	Vítkovice, Růženčina zahrádka	Semily	1 375	2. 4.	174
C7BUCI01	Bučina, u Kvildy	Prachatice	1 152	21. 1.	160

Tab. 6 Nejvyšší výška nového sněhu [cm] v roce 2018.

Table 6. The highest value of fresh snow [cm] in 2018.

ID stanice	Název	Okres	Nadm. výška [m n. m.]	Datum	Výška nového sněhu [cm]
H1LBOU01	Labská bouda	Trutnov	1 320	3. 1.	35
H1PECS01	Pec pod Sněžkou	Trutnov	816	3. 1.	34
O1LYSA01	Lysá hora	Frýdek-Místek	1 322	11. 12.	31
O1LORY01	Lomnice	Bruntál	595	18. 1.	30
O1SERA01	Šerák	Jeseník	1 328	3. 1.	30
U1NOVE01	Nová Ves v Horách	Most	725	11. 12.	25

Slezsku, nebo v místech nad spodní hranicí inverze (např. na Šumavě) vystoupila odpovídající teplota i nad 18 °C – Karviná a Ropice (okres Frýdek-Místek) 18,5 °C, Horská Kvilda (okres Klatovy) 19,1 °C. Právě na Horské Kvildě byla zajímavá i velká denní amplituda teploty 24,1 °C (minimální teplota byla –5,0 °C). Velký rozdíl mezi teplotním minimem a maximem způsobuje hlavně suchý vzduch, který se nad spodní hladinou inverze nacházel, téměř bezoblačná obloha a samozřejmě také poloha stanice. Nejnižší teplota –22,7 °C byla zaznamenána 28. listopadu na Březníku (okres Klatovy), ve Starých Hutích (okres České Budějovice) byla v tento den naměřena nejvyšší listopadová výška sněhu 22 cm. Většina toků měla průměrný měsíční průtok menší, než je polovina dlouhodobého listopadového průměru, přičemž téměř ve čtvrtině měrných profilů nedosáhl ani 25 %  $Q_{XI}$ . Nejmenší průtoky (34, resp. 22 %  $Q_{XI}$ ) vykazovala povodí Dyje a Moravy. Průměrné vodnosti toků se na začátku měsíce listopadu nejčastěji pohybovaly mezi  $Q_{355d}$  až  $Q_{180d}$ . V průběhu měsíce se vodnosti většiny toků postupně snižovaly a ke konci měsíce již dosahovaly hodnot v rozmezí  $Q_{364d}$  až  $Q_{300d}$ . Na začátku listopadu se vyskytoval  $Q_{355d}$  asi ve 30 % hlásných stanic (z toho v 11 % stanic byl pouze  $Q_{364d}$ ) a na konci měsíce přibližně ve 46 % stanic (z toho v 15 % byl  $Q_{364d}$ ). Na konci listopadu byl denní imisní limit PM<sub>10</sub> překročen již na 38 stanicích. Pražové hodnoty PM<sub>10</sub> pro vyhlášení smogové situace byly překročeny na několika lokalitách SVRS<sup>8)</sup>, avšak nebyly splněny další zákonné podmínky pro vyhlášení smogové situace či regulace.

### Prosinec

Nejvyšší úhrn srážek 55,5 mm v Prášílech (okres Klatovy) a 54,2 mm v Železných Rudě, Špičák byl naměřen během srážkové situace 3. prosince. Tato srážková situace způsobila vzestupy zejména v povodí Otavy, kde byl 4. prosince v profilech Rejstěj a Sušice krátkodobě dosažen 1. SPA. Vzestupy s krátkodobým překročením 1. SPA byly také zaznamenány 9. prosince na Divoké Orlici v profilu Orlické Záhoří. Nejnižší minimální denní teplota –20,8 °C byla 13. prosince naměřena opět na stanici Jelení, u mostu. První arktický den zimní sezóny byl 15. prosince na Sněžce (maximální denní teplota –10,4 °C). 22. prosince byla zaznamenána poslední bouřka v roce na stanicích Vatín (Žďár nad Sázavou), Ústí nad Orlicí, Plzeň, Mikulka a Bolevec, Červená (okres Opava) a Mírov, Míroveček (okres Šumperk). Nejvyšší výška nového sněhu 31 cm byla zaznamenána 11. prosince na Lysé hoře, kde byla rovněž dosažena

<sup>8)</sup> Smogový varovný a regulační systém.

<sup>9)</sup> Kurzívou měření automatickým čidlem.



Tab. 7 Statistika význačných dnů v roce 2018.

Table 7. The review of significant days in 2018.

	První	Poslední	Počet v ČR <sup>10)</sup> (průměr 1901–2000)	Maximální počet	
				Stanice	Počet (průměr 1901–2000)
tropický (TMA≥30)	3. května	21. září	71 (35)	Doksany	51 (9)
letní (TMA≥25)	9. dubna	14. října	144 (101)	Brno, Žabovřesky	119 (67)
mrazový (TMI<0)	7. srpna	20. července	275 (236)	Rokytská sláť	230 (NA <sup>11)</sup> )
ledový (TMA<0)	25. září	3. dubna	147 (141)	Sněžka	115 (133)
arktický (TMA≤-10)	15. prosince	22. března	22 (17)	Sněžka	20 (13)
s tropickou nocí (TMI≥20)	28. května	24. srpna	30 (8)	Praha, Klementinum	17(2)

nejvyšší výška celkové sněhové pokrývky 127 cm dne 31. prosince. Hydrologicky významnější situace nastala po vydatných dešťových srážkách na začátku třetí prosincové dekády. Nejvýraznější vzestupy hladin byly zaznamenány zejména na tocích odvodňujících Šumavu, kde dešťové srážky v kombinaci s odtávající sněhovou pokrývkou způsobily 24. prosince dosažení 2. SPA na Otavě v profilech Rejštejn při 2letém průtoku a Sušice. 1. SPA byl opakovaně překročen 22. a 24. prosince na Teplé Vltavě v Lenoře při 2letém průtoku, Vltavě v Chlumu (23. a 24. prosince), v povodí horní Otavy na Vydře v Modravě (22. a 24. prosince), Křemelné v profilu Stodůlky (24. prosince), Blanici v Blanickém Mlýně (22. a 24. prosince) a Otavě v Písku (24. prosince). Během prosince došlo k překročení na čtyřech stanicích – Ústí n. L.-město, Moravská Třebová-Piaristická (okres Svitavy), Ústí n. L.-Všebořická a Olomouc-Hejčín. Na konci roku 2018 tak byl denní imisní limit PM<sub>10</sub> překročen na 40 % stanic AIM (tj. 42 ze 106 stanic s dostatečným počtem dat pro hodnocení). Nejvyšší počet překročení byl zaznamenán na stanicích aglomerace Ostrava/Karviná/Frydek-Místek (O/K/F-M).

<sup>10)</sup> Den se vyskytl alespoň na jedné stanici v ČR.

<sup>11)</sup> Stanice měří od roku 2005.

#### Literatura:

- Česká televize, 2018. Zpravodajství České televize ČT24 [online]. [cit. 20. 1. 2018] Dostupné z WWW: <https://ct24.ceskatelevize.cz/domaci/2363041-hromadna-nehoda-uzavrela-dalnici-d1-na-liberecku-bojuji-se-snehem>.
- ČHMÚ, 2019. Portál Českého hydrometeorologického ústavu [online]. [cit. 2. 1. 2019]. Dostupné z WWW: <http://www.chmi.cz>.
- eMS, 2019. Meteorologický slovník výkladový a terminologický, ČMeS [online]. [cit. 2. 1. 2019]. Dostupné z WWW: <http://slovník.cmes.cz>.
- Infomet, 2019. Informační stránky Českého hydrometeorologického ústavu, Infomet. [online] [cit. 2. 1. 2019]. Dostupné z WWW: <http://www.infomet.cz>.
- ŠTĚPÁNEK, P., 2005. Variabilita teploty vzduchu na území České republiky v období přístrojových měření (Air Temperature Fluctuations in the Czech Republic in the Period of Instrumental Measurements). Disertační práce, Geografický ústav PřF MU, Brno. 136 s.
- TOLASZ, R. a kol., 2007. Atlas podnebí Česka. Praha: ČHMÚ, Olomouc: UP Olomouc, 1. vydání, 256 s., ISBN 978-80-86690-26-1, ISBN 978-80244-1626-7.

Lektor (Reviewer): RNDr. Luboš Němec

## INFORMACE – RECENZE

### OPUSTIL NÁS MILAN KUBOŠ

V úterý 15. ledna nás opustil ve věku nedožitých 87 let kolega a dlouholetý spolupracovník RNDr. Milan Kuboš. Narodil se na Valašsku v Drnholci nad Lubinou (nyní Kopřivnice). Po maturitě na Střední průmyslové škole elektrotechnické ve Frenštátě zahájil v roce 1954 studium meteorologie na Fakultě letecké a elektronické Vojenské akademie v Brně. Po promoci v roce 1959 a odborné praxi na letišti začal pracovat na Hlavním povětrnostním ústředí Československé armády, nejprve na oddělení krátkodobých, později dlouhodobých předpovědí počasí. Události, které následovaly po roce 1968, byly příčinou jeho nedobrovolného odchodu z armády.

Od 1. června 1970 začal díky vstřícnému (a v té době i odvážnému) postoji vedení pracovat na Observatoři ČHMÚ Praha-Libuš a tam pracoval až do svého odchodu do důcho-

du v závěru roku 1992. Většinu svého pracovního času věnoval vedení oddělení aerologie a přízemních pozorování. Zde ovšem neuplatňoval nějaké „oficiální manýry“, ale vlastním příkladem strhával ostatní k nadstandardním pracovním výkonům. Aktivně se podílel na vývoji několika generací tuzemských radiosond, nakonec dovedl sondážku k nejmodernější technologii firmy Vaisala. Jeho kamarádský přístup stmeloval pracovní kolektiv i na sportovní a společenské úrovni.

Svou pracovní aktivitu si prodloužil až do úplného odchodu do důchodu na oddělení klimatologie v Komofanech. Patřil i pak k aktivním členům pražské pobočky České meteorologické společnosti. Svoji pracovitost a pověstný elán jistě doplňoval (po dlouhou dobu 1977–2012) na své milované chalupě v Panských Duběnkách.

Jan Strachota



# CHARAKTERISTIKY KONVEKČNÍCH A VRSTEVNATÝCH SRÁŽEK NA STANICÍCH V ČESKÉ REPUBLICE V LETECH 1982–2016

Zuzana Rulfová, Romana Beranová, Jan Kyselý, Ústav fyziky atmosféry AV ČR, v. v. i., Boční II 1401,  
141 00 Praha 4-Spořilov, rulfova@ufa.cas.cz, rber@ufa.cas.cz, kyselý@ufa.cas.cz

**Characteristics of convective and stratiform precipitation at stations in the Czech Republic over 1982–2016 period.** We analyse characteristics of convective and stratiform precipitation at 11 stations in the Czech Republic over 1982–2016 period. The 6-hour precipitation amounts are disaggregated into predominantly convective and stratiform types using an algorithm based on weather state and type of cloudiness. The results show that stratiform precipitation dominates at all stations in all seasons except for summer when the proportions of stratiform and convective precipitation are approximately balanced on average. Convective precipitation prevails in summer especially at lower-elevated stations and in the south-western part of the region. Dependence on altitude is stronger for stratiform than convective precipitation consistently across seasons. In summer, the proportion of convective precipitation sharply increases with rising daily temperature. Trends in the mean characteristics of convective precipitation were positive over 1982–2016 in all three seasons in which convective precipitation is important (spring, summer and autumn) while characteristics of stratiform precipitation showed predominantly decreasing trends. Since stratiform precipitation in spring is crucial for replenishment of soil moisture, its observed decrease may intensify drought in the early vegetation period. Furthermore, increase of intense convective and stratiform precipitation may have important consequences, e.g. for soil erosion and occurrence of floods.

**KLÍČOVÁ SLOVA:** srážky konvekční – srážky vrstevnaté – trendy – Česká republika – extrémny

**KEYWORDS:** convective precipitation – stratiform precipitation – trends – the Czech Republic – extremes

## 1. ÚVOD

Ve středních zeměpisných šířkách se vyskytují srážky pocházející z konvekční a vrstevnaté oblačnosti. Konvekční srážky vypadávají z kupovitých oblaků, zejména z oblaků druhu Cumulus a Cumulonimbus, se vyskytují ve formě lokálních přeháněk různé intenzity a mohou být doprovázeny bouřkovou aktivitou (Houze 1993). Jako vrstevnaté srážky můžeme označit srážky vypadávající z vrstevnatých oblaků, zejména druhu Nimbostratus, výjimečně i Altostratus. Tyto srážky jsou většinou déletrvající, mívají menší intenzitu a zasahují větší území (Houze 1993).

Protože jsou srážky hlavním zdrojem vody v ČR a ovlivňují charakter naší krajiny, může změna srážkového režimu ovlivnit mnoho lidských činností. Mírnější trvalé srážky vrstevnatého původu jsou stěžejní pro půdní vlhkost a jejich pokles může přispívat ke vzniku nebo prohlubování období sucha (např. Spinoni et al. 2015; Zahradníček et al. 2015; Potopová et al. 2018). Na druhou stranu nadbytek silných vrstevnatých srážek může vést k rozsáhlým povodním. Nárůst četnosti a intenzity konvekčních srážek může do budoucna znamenat i nárůst dalších nebezpečných jevů, jako jsou bouřky s výskytem krup nebo přivalové deště vedoucí k tzv. bleskovým povodním a sesuvům půdy. Z těchto důvodů je důležité při studiu srážek rozlišovat jejich původ (vrstevnatý vs. konvekční).

Při dělení srážek na konvekční a vrstevnaté dochází k jistému zjednodušení, protože v některých případech neexistuje jasná hranice mezi těmito typy (např. konvekce vnořená do vrstevnatého oblaku nebo přechod jednoho typu srážek na druhý během sledované akumulační doby). I přesto je toto dělení užitečné v různých meteorologických a klimatologických aplikacích. Mnoho autorů se zabývá studiem různých meteorologických charakteristik konvekčních a vrstevnatých srážek (např. Sokol, Bližňák 2009; Rulfová, Kyselý 2013; Molnar et al. 2015; Han et al. 2016; Belachsen et al. 2017; Bližňák et al. 2018) a jejich vlivem na hydrologické veličiny. Pozorované konvekční a vrstevnaté srážky lze také použít

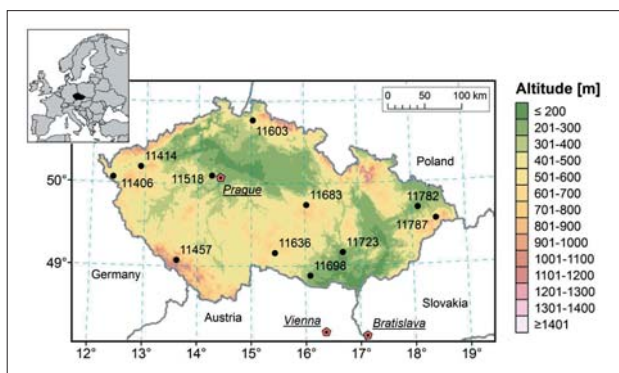
pro validaci klimatických modelů (Kyselý et al. 2016), které simulují konvekční a velkoplošné srážky odděleně pomocí rozdílných parametrizací (Dai 2006), a pro analýzu změn srážkových charakteristik dle scénářů budoucího klimatu (Fischer et al. 2015; Rulfová et al. 2017).

Pro rozlišení konvekčních a vrstevnatých srážek se používají metody zaměřené zejména na identifikaci konvekce, ať už z pozemních pozorování oblačnosti, průběhu počasí a intenzity srážek (např. Pešice et al. 2003; Tremblay 2005; Llasat et al. 2007; Berg, Hearer 2013; Ruiz-Leo et al. 2013; Gaál et al. 2014), nebo radarových a satelitních dat obsahujících informace o plošném rozložení výstupných pohybů, vodním obsahu oblaku nebo teplotě horní vrstvy oblačnosti (např. Sempere-Torres et al. 2000; Anagnostou 2004; Lam et al. 2010). Výhodou metod založených na radarových a satelitních datech je vysoká hustota těchto dat a jejich uložení v pravidelné síti bodů. Nevýhodou je, že srážkové úhrny nejsou v těchto případech měřeny přímo, ale jsou odvozeny z jiných naměřených proměnných (např. odrazivosti). Další nevýhodou je kratší délka časových řad.

V této práci je představen a aplikován nedávno navržený algoritmus pro rozlišení srážek na převážně konvekční a vrstevnaté s využitím informací ze zpráv SYNOP (Rulfová, Kyselý 2013). Na rozdíl od některých výše zmíněných metod se nezaměřuje jen na identifikaci a klasifikaci intenzivních srážek, ale na celý rozsah hodnot bodových srážkových úhrnů. Tento algoritmus je aplikován na 35leté časové řady 6hodinových úhrnů srážek z 11 stanic v ČR. Výsledné časové řady konvekčních a vrstevnatých srážek jsou analyzovány z hlediska základních klimatologických charakteristik (roční chod, závislost na nadmořské výšce, závislost na teplotě) a jejich trendů a navazují na práci Rulfové a Kyselého (2013).

## 2. DATA

Data použitá v této práci pocházejí z databáze zpráv SYNOP (pozemní synoptická pozorování). Seznam 11 stanic v ČR, jejich poloha a nadmořská výška jsou shrnuty v tab. 1



Obr. 1 Poloha použitých stanic (převzato z Rulfové, Kyselého 2013).

Fig. 1. Location of selected stations (adopted from Rulfová, Kyselý 2013).

Tab. 1 Seznam použitých stanic a jejich charakteristiky.

Table 1. List of studied stations and their characteristics.

WMO kód	Název stanice	Zeměpisná délka [°]	Zeměpisná šířka [°]	Nadmořská výška [m n. m.]
11723	Brno-Tuřany	16,70	49,16	241
11782	Ostrava-Mošnov	18,12	49,69	251
11698	Kuchařovice	16,09	48,88	334
11518	Praha-Ruzyně	14,26	50,10	364
11603	Liberec	15,03	50,77	398
11406	Cheb	12,39	50,07	471
11636	Kostelní Myslová	15,44	49,16	569
11414	Karlovy Vary	12,91	50,20	603
11683	Svratouch	16,03	49,74	737
11457	Churáňov	13,61	49,07	1118
11787	Lysá hora	18,45	49,55	1322

a znázorněny na obr. 1. Stanice jsou zhruba rovnoměrně rozloženy po celém území ČR a jsou zde zahrnuty stanice od nížinných po horské (viz tab. 1). Data pokrývají období 1982–2016 a obsahují kromě jiného 6hodinové úhrny srážek, hodinové informace o stavu a průběhu počasí, druhu oblačnosti a teplotě. Je zřejmé, že tyto stanice nemohou zachytit plošné rozložení srážek, zejména konvektivních. Jedná se nicméně o kompletní soubor stanic na našem území s malým počtem výpadků v řadách meteorologických prvků ze zpráv SYNOP za uvedené období.

Data prošla standardní kontrolou kvality. Časové řady 6hodinových úhrnů srážek obsahují na většině stanic zanedbatelné procento chybějících údajů (méně než 0,1 %), nejvíce údajů chybí na stanicích Kuchařovice (data za 4 měsíce leden–duben 1989) a Cheb (data za 3 měsíce říjen–prosinec 1993). Některé chybějící (pokud se nejednalo o delší souvislé období) nebo chybné údaje 6hodinových úhrnů srážek byly doplněny na základě porovnání údajů s denními úhrny z klimatických měření.

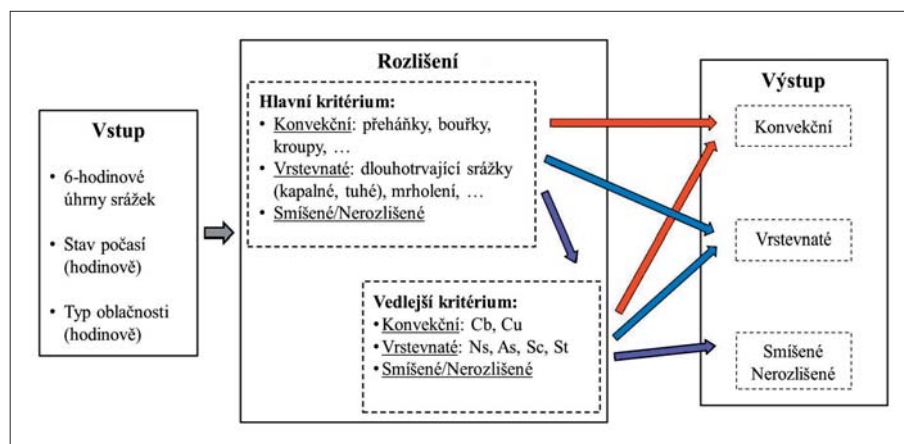
### 3. ALGORITMUS NA ROZLIŠENÍ KONVEKČNÍCH A VRSTEVNATÝCH SRÁŽEK

Schéma algoritmu na rozlišení srážek na konvektivní a vrstevnaté je znázorněno na obr. 2. Algoritmus vyhodnocuje 6hodinový úhrn srážek nejprve na základě hlavního kritéria, které bere v úvahu informace o stavu počasí. Pro konvektivní srážky jsou typickými projevy přeháňky (kódy 80–90) a bouřky (kódy 91–99). Dále jsou zde zahrnuty i přeháňky a bouřky beze srážek na stanici v době pozorování, které odpovídají situacím, kdy srážky přestaly padat před termínem pozorování nebo se vyskytly v blízkosti stanice (kódy 17–19, 25–27, 29). Pro vrstevnaté srážky jsou typické mrholení (kódy 50–59), déšť (ne ve formě přeháněk, kódy 60–69) a sněžení (ne ve formě přeháněk, kódy 70–79). Srážky jsou označeny jako převážně konvektivní, pokud se během daného 6hodinového intervalu vyskytnou pouze projevy konvektivních srážek nebo projevy silných konvektivních srážek v kombinaci s projevy slabých vrstevnatých srážek. Obdobné kritérium je použito i pro klasifikaci vrstevnatých srážek. V případě, kdy se vyskytnou projevy konvektivních i vrstevnatých srážek současně a není možné určit, zda úhrn pocházející z jednoho typu je vůči druhému zanedbatelný, nebo informace o stavu a průběhu počasí chybí, je použito vedlejší kritérium využívající informace o druhu oblačnosti. Konvektivní srážky pocházejí z oblaků Cumulonimbus (Cb) a Cumulus (Cu), zatímco výskyt vrstevnatých srážek souvisí zejména s oblaky typu Nimbostratus (Ns), popřípadě

Tab. 2 Procento úhrnu konvektivního, vrstevnatého a smíšeného původu získaného pomocí algoritmu v jednotlivých sezónách a za celý rok: průměr (minimum–maximum) z 11 stanic.

Table 2. Percentage of convective, stratiform and mixed precipitation amounts in all-year data and individual seasons: average (minimum–maximum) over 11 stations.

	Jaro	Léto	Podzim	Zima	Rok
Konvektivní	29,1 (19,0–37,7)	48,8 (36,9–55,1)	14,7 (9,9–22,2)	6,6 (1,9–11,8)	29,5 (20,0–36,9)
Vrstevnaté	63,3 (51,5–76,1)	44,1 (33,8–58,7)	78,5 (65,1–87,1)	87,4 (76,7–96,7)	63,5 (53,0–75,5)
Smíšené	7,6 (3,5–12,5)	7,1 (3,5–10,1)	6,8 (1,7–12,7)	6,0 (1,4–11,6)	7,0 (2,8–11,5)



Obr. 2 Schéma algoritmu na rozlišení konvektivních a vrstevnatých srážek (upraveno podle Rulfové a Kyselého 2013).

Fig. 2. Scheme of the algorithm for subdividing of convective and stratiform precipitation (adjusted according to Rulfová and Kyselý 2013).

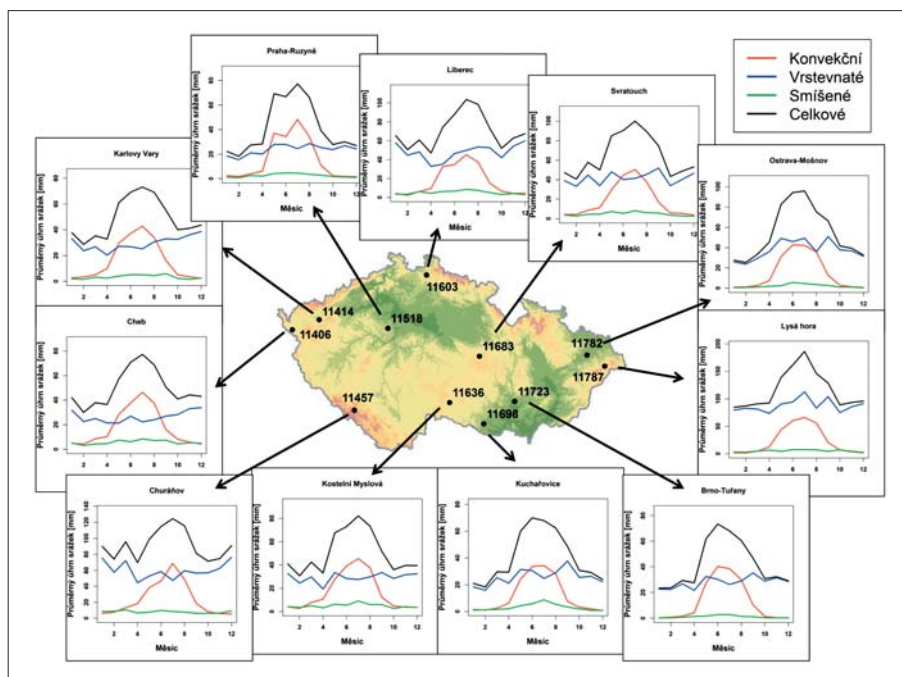
Stratocumulus (Sc), Stratus (St) a Altostratus (As). Malé procento srážek, které zůstane nerozlišené i po aplikaci vedlejšího kritéria, je označeno jako smíšené/nerozlišené. Algoritmus je podrobněji popsán a vyhodnocen v práci Rulfové a Kyselého (2013).

Pokud uvažujeme celkové roční úhrny na jednotlivých stanicích, pak se na nich srážky vrstevnatého původu podílejí 53–76 % a konvekčního původu 20–37 % (tab. 2). Podíl smíšených/nerozlišených srážek je podobný ve všech ročních obdobích a představuje v průměru asi 6–8 %.

#### 4. VLASTNOSTI KONVEKČNÍCH A VRSTEVNATÝCH SRÁŽEK

##### 4.1 Roční chod srážek

Ve střední Evropě mají srážky obvykle typický roční chod s maximem v červnu a červenci a minimem v lednu a únoru (Tolász 2007). Tento roční chod je dán ročním chodem konvekčních srážek, neboť vrstevnaté srážky přispívají k cel-

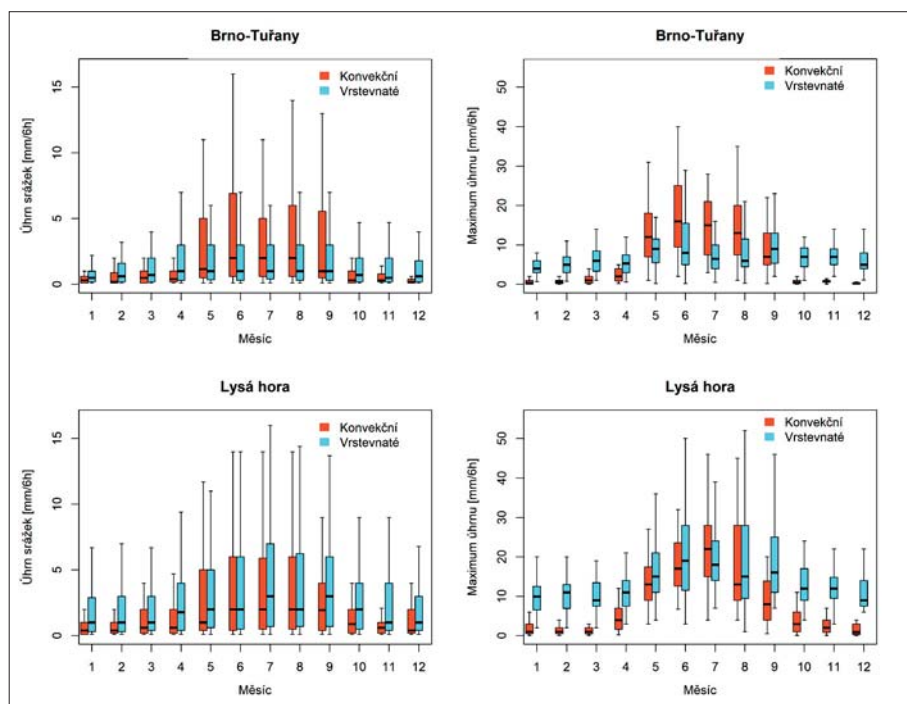


Obr. 3 Průměrné měsíční úhrny konvekčních, vrstevnatých, smíšených a celkových srážek na jednotlivých stanicích za období 1982–2016.

Fig. 3. Annual regime of monthly precipitation amounts over 1982–2016 period by particular types.

kovému úhrnu srážek během celého roku přibližně rovnoměrně (obr. 3). Srážky z vrstevnaté oblačnosti dominují na všech stanicích ve všech sezónách kromě léta (tab. 2).

V létě je konvekčních srážek vzhledem k ostatním ročním obdobím nejvíce díky vhodným meteorologickým podmínkám, které přispívají ke vzniku a rozvoji srážkové konvekce. Ani v létě však nedominují konvekční srážky na všech stanicích (v průměru přes všechny stanice je letní úhrn z 49 % konvekčního původu a z 44 % vrstevnatého původu): převažují na níže položených stanicích a na jihozápadě území, zatímco vrstevnaté srážky i během léta převládají na stanicích na severu a severovýchodě území (Lysá hora, Ostrava-Mošnov a Liberec) (obr. 3). Nejvíce vrstevnatých srážek vzhledem k celkovému letnímu úhrnu (58,7 %) je na nejvýše položené stanici Lysá hora, která je více ovlivňována srážkovými systémy tlakových níží nad východní Evropou (Hanslian et al. 2000; Řezáčová et al. 2005; Květoň, Žák 2018). Srážky v takových případech pocházejí z velké části z vrstevnaté oblačnosti a jejich intenzita je zde zesílena díky nadmořské výšce a vlivu návětří.



Obr. 4 Příklad krabicových grafů 6hodinových nenulových úhrnů konvekčních a vrstevnatých srážek v jednotlivých měsících (vlevo) a jejich maxim (vpravo). Střední „krabicová“ část diagramu je shora ohraničena 3. kvartilem, zespodu 1. kvartilem a mezi nimi se nachází linie vymezující medián. Vousy reprezentují 1,5násobek mezikvartilového rozpětí.

Fig. 4. Example of boxplots of convective and stratiform precipitation for each month: all non-zero 6-hour precipitation amounts (left), and maximum monthly 6-hour precipitation amounts (right). The bottom and top of the box are the first and third quartiles, and the band inside the box shows the median. The marks represent the 1.5\*interquartile range.



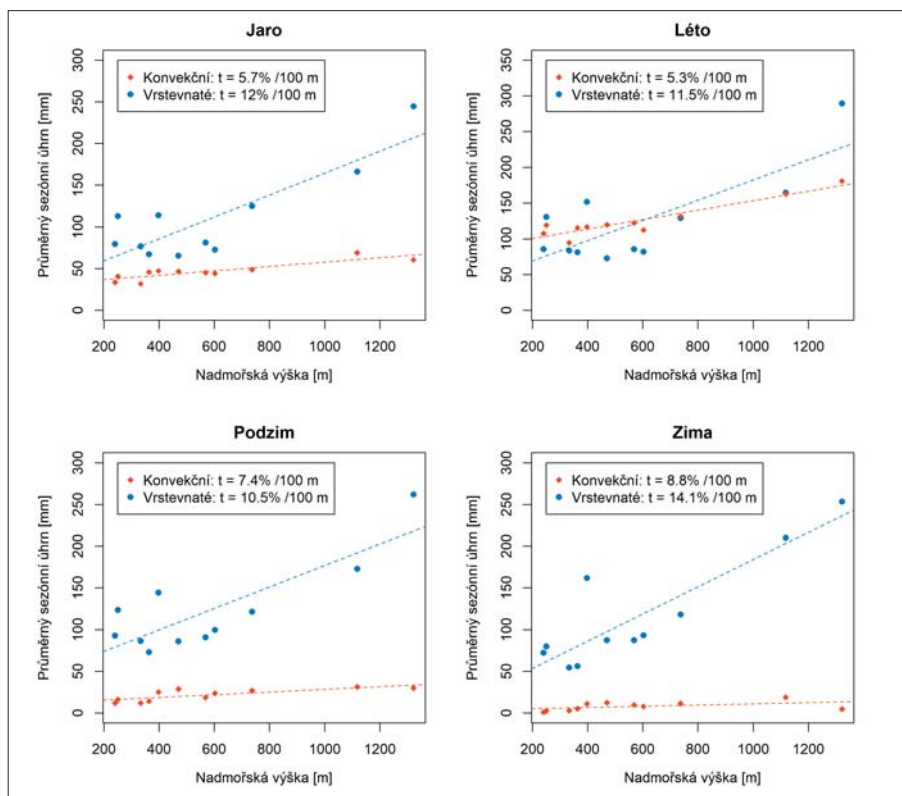
## 4.2 Závislost srážek na nadmořské výšce

V létě pocházejí silné srážky (nad 5 mm/6 hod) na většině stanic převážně z konvekčního oblačnosti (pro ilustraci uvádíme stanicu Brno-Tuřany na obr. 4 nahoře). Na horské stanici Lysá hora jsou silné srážky konvekčního i vrstevnatého původu (obr. 4), což může souviset i s výraznější závislostí vrstevnatých srážek na nadmořské výšce (obr. 5). Sklon lineární regrese, kterou je tato závislost vyjádřena, zůstává relativně neměnný pro konvekční i vrstevnaté srážky ve všech ročních obdobích (nárůst o 10–14 % na 100 metrů pro vrstevnaté srážky a 5–9 % na 100 metrů pro konvekční). V případě sezónních maxim 6hodinového úhrnu srážek je závislost na nadmořské výšce slabší než pro sezónní úhrny (nárůst o 5–7 % na 100 metrů pro vrstevnaté srážky a 2–3 % na 100 metrů pro konvekční, neukázáno). I když je zřejmé, že uvedené hodnoty byly odvozeny z velmi omezené množiny stanic, v níž zejména na vyšší polohy nejsou dostatečně zastoupeny, podobné výsledky získali i Sokol a Bližňák (2009) a Bližňák et al. (2018), kteří studovali vztah srážek a nadmořské výšky na krátkodobých úhrnech z radarových dat v teplé polovině roku.

## 4.3 Závislost srážek na teplotě

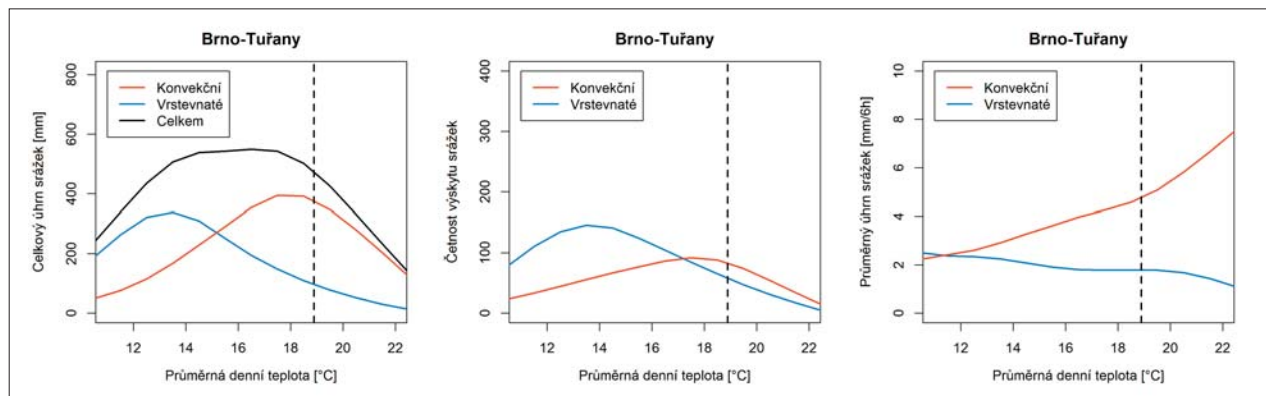
Vzhledem k měnícím se klimatickým podmínkám se v současnosti často diskutuje možný vliv vzrůstající teploty na podíl konvekčních a vrstevnatých srážek (např. Lenderink, van Meijgaard 2008; 2010). Závislost četnosti a velikosti 6hodinového úhrnu konvekčních a vrstevnatých srážek na průměrné

denní teplotě vzduchu byla studována pro letní sezónu, kdy je v průměru podíl konvekčních a vrstevnatých úhrnů srážek v našich podmínkách vyrovnaný (obr. 6, příklad pro stanicu Brno-Tuřany). Konvekční a vrstevnaté srážky byly rozděleny do skupin na základě průměrných denních teplot (po 1 °C) a v rámci těchto skupin pak byly vypočítány charakteristiky konvekčních a vrstevnatých srážek, a to celkový úhrn, četnost a průměrný 6hodinový úhrn. Úhrn srážek je v létě při nižších teplotách tvořen spíše srážkami vrstevnatého původu a při vyšších teplotách (nad 15 °C u níže položených stanic a 11–13 °C



Obr. 5 Závislost průměrného sezónního úhrnu srážek za období 1982–2016 na nadmořské výšce ( $t$  reprezentuje relativní změnu úhrnu konvekčních nebo vrstevnatých srážek v % na 100 výškových metrů).

Fig. 5. Relation between mean seasonal precipitation amount over 1982–2016 period and altitude ( $t$  represents relative change of convective or stratiform precipitation amount in % per 100 m).



Obr. 6 Příklad závislosti celkového úhrnu (vlevo), četnosti (uprostřed) a průměrného 6hodinového úhrnu (vpravo) konvekčních a vrstevnatých srážek na průměrné denní teplotě v létě. Vertikální přerušovaná čára vyznačuje dlouhodobý průměr denní teploty v letní sezóně. V grafu je zobrazen rozsah teplot s výskytem minimálně 10 dní se srážkami konvekčního nebo vrstevnatého původu (v intervalu 1 °C).

Fig. 6. Example of relation between total amount (left), frequency (middle) and mean 6-hour precipitation amount (right) of convective and stratiform precipitation and mean daily temperature in summer. Seasonal mean of mean daily temperature is depicted by vertical dashed line. Temperature range with at least 10 days of convective or stratiform precipitation (in 1 °C wide intervals) is depicted.



u stanic s nadmořskou výškou nad 500 m n. m.) je převážně původu konvektivního (obr. 6, vlevo). Na všech stanicích se ve dnech s nižší teplotou (na většině stanic pod 15 °C) vyskytují častěji vrstevnaté srážky, jejichž četnost s teplotou klesá (obr. 6, uprostřed). Výskyt konvektivních srážek s teplotou nejprve roste a poté klesá. Průměrný 6hodinový úhrn konvektivních srážek je zpravidla větší než u vrstevnatých srážek (i pro teploty výrazně pod letním průměrem) a s narůstající teplotou se tento rozdíl zvětšuje (obr. 6, vpravo). Při teplotách nad dlouhodobým průměrem denní teploty pro danou stanic v létě (na obr. 6 naznačena přerušovanou vlnitou čarou) pozorujeme buď rychlejší nárůst průměrného 6hodinového úhrnu konvektivních srážek s teplotou (Brno-Tuřany, Kuchařovice, Kostelní Myslová, Cheb, Karlovy Vary), stagnaci (Liberec, Ostrava-Mošnov, Churáňov), nebo i pokles (Praha-Ruzyně, Svratouch, Lysá hora). Průměrný 6hodinový úhrn vrstevnatých srážek s teplotou na většině stanic mírně klesá.

Podobnou analýzu provedli Berg a Haerter (2013) pro celoroční data v Nizozemsku a dospěli k závěru, že konvektivní srážky se častěji vyskytují při vyšších teplotách a při překročení asi 12 °C mají větší intenzitu než srážky vrstevnaté, což odpovídá i našim výsledkům. Z tohoto důvodu se předpokládá, že s nárůstem teploty poroste i relativní podíl konvektivních srážek (Berg, Haerter 2013; Berg et al. 2013). Z analýzy provedené na datech z klimatických modelů (Fischer et al. 2015; Rulfová et al. 2017) vyplývá, že s narůstající teplotou se může v létě zvyšovat podíl konvektivních srážek (způsobený nejen nárůstem úhrnu konvektivních srážek, ale i poklesem úhrnu vrstevnatých srážek). Nárůst konvektivních srážek v teplejším klimatu ale může být limitován dostupnou vlhkostí (např. Berg et al. 2009; Peleg et al. 2018).

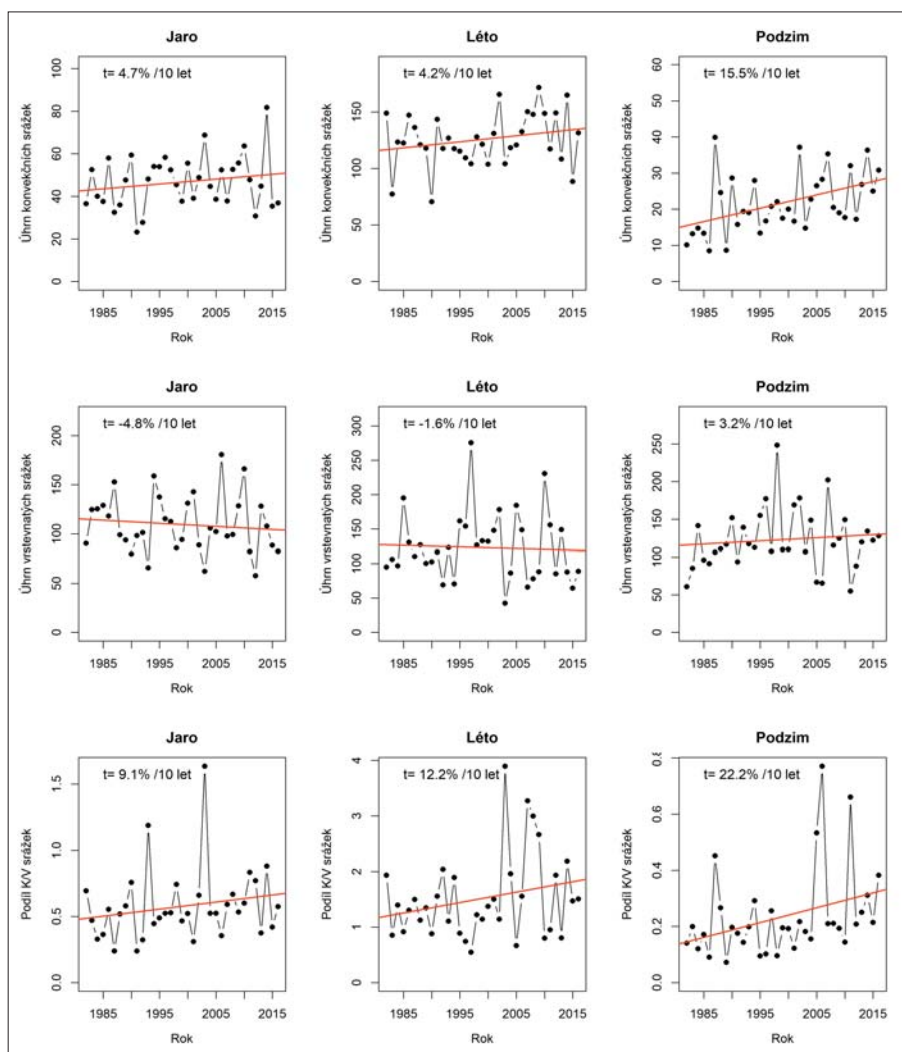
Nárůst podílu úhrnu konvektivních a vrstevnatých srážek je už patrný v pozorovaných datech (obr. 7). Nejvíce konvektivních srážek vzhledem k celkovému úhrnu se vyskytlo na jaře a v létě 2003, kdy Evropu zasáhla vlna veder s vysokým deficitem srážek (např. Black et al. 2004; Kyselý 2010). Podle výsledků byl tento deficit ve střední Evropě způsoben nedostatkem vrstevnatých srážek (obr. 7).

#### 4.4 Trendy srážek

Pro základní analýzu trendů srážek jsme zvolili čtyři charakteristiky: úhrn srážek (*Úhrn*), počet dní se srážkami (úhrn > 0,5 mm; *Dny*), maximum denního úhrnu srážek (*R1D*) a maximum 6hodinového úhrnu (*R6h*) za sezónu. Charakteristiky byly analyzová-

ny ve třech sezónách: jaro, léto a podzim. Zima byla z analýzy vynechána z důvodu malého výskytu konvektivních srážek. Pro odhad velikosti trendu jsme použili lineární regresi a statistickou významnost jsme určili pomocí bootstrapu (např. Efron, Tibshirani 1993; Davison, Hinkley 2005). Pro výpočet intervalů spolehlivosti bylo použito 1000 převzorkování metodou bootstrap. Velikosti trendů jsou vyjádřeny jako relativní změna studované charakteristiky v %/10 let, což umožňuje snadší porovnání trendů mezi jednotlivými charakteristikami i v rámci různých sezón.

Z důvodu velké prostorové proměnlivosti srážek a relativně malého studovaného území jsme analyzovali průměrné časové řady jednotlivých charakteristik srážek pro celou ČR. Nejdříve byly časové řady charakteristik na jednotlivých stanicích vyděleny jejich průměrem a následně byla vytvořena průměrná časová řada z těchto „bezrozměrných“ časových řad ze všech stanic na daném území. Velikosti trendů charakteristik v průměrné řadě pro ČR jsou shrnuty v tab. 3. Časové řady sezónních úhrnů konvektivních a vrstevnatých srážek jsou znázorněny na obr. 7.



Obr. 7 Časová řada úhrnů konvektivních a vrstevnatých srážek v jednotlivých sezónách za období 1982–2016 a jejich vzájemného podílu (úhrn konvektivních srážek/úhrn vrstevnatých srážek). Zobrazeny jsou průměrné hodnoty přes 11 stanic. Trend je odhadnutý pomocí lineární regrese ( $t$  reprezentuje relativní změnu v % za 10 let).

Fig. 7. Time series of convective and stratiform precipitation amounts in particular seasons over 1982–2016 period and their ratio (convective/stratiform precipitation). Values averaged over the stations are displayed. The trend is estimated using linear regression ( $t$  represents relative change in % per 10 years).

Tab. 3 Velikosti trendů (vyjádřených jako relativní změna studované charakteristiky v %/10 let) zprůměrovaných charakteristik srážek za roky 1982–2016 pro celé území ČR. \* (\*\*\*) označuje statistickou významnost trendu na hladině významnosti 0,1 (0,05).

Table 3. Trend magnitudes (expressed as relative changes of the examined characteristics in %/10 years) of averaged precipitation characteristics in the Czech Republic over 1982–2016. \* (\*\*\*) denotes trend significant at the 0.1 (0.05) level.

	Konvekční	Vrstevnaté	Celkové
<b>Jaro</b>			
Úhrn	4,7	-4,8	0,7
Dny	9,9 **	-7,0 **	-1,2
R1D	-5,0	0,0	-1,3
R6h	-5,8 **	2,5	-1,8
<b>Léto</b>			
Úhrn	4,2 *	-1,6	3,2
Dny	4,6 *	-4,9 *	0,3
R1D	2,6	3,1	5,3 *
R6h	1,1	0,6	2,5
<b>Podzim</b>			
Úhrn	15,5 **	3,2	6,8 *
Dny	18,3 **	-2,5	0,9
R1D	6,4	9,1 **	9,7 **
R6h	7,4	5,1	6,3 **

Sezónní úhrny konvekčního původu rostou ve všech studovaných sezónách (statisticky významně v létě a na podzim). Trendy počtu dní s konvekčními srážkami jsou ve všech sezónách rostoucí a statisticky významné. Prostorově zprůměrované charakteristiky maxim konvekčních srážek (*R1D*, *R6h*) mají klesající trend na jaře a rostoucí v létě a na podzim; velikosti těchto trendů jsou malé a kromě *R6h* na jaře statisticky nevýznamné. Zde je také třeba uvést, že tyto charakteristiky srážkových extrémů jsou ve větší míře než celkové sezónní úhrny nebo počty dní se srážkami ovlivněny velkou prostorovou proměnlivostí srážek, která může být ve studovaných datech zachycena jen omezeně, a mohou tedy ve větší míře záviset na konkrétním souboru analyzovaných stanic.

Trendy sezónních úhrnů a počtu dní se srážkami vrstevnatého původu jsou oproti konvekčním srážkám převážně klesající a statisticky méně významné ve všech studovaných sezónách. Trendy prostorově zprůměrovaných maxim vrstevnatých srážek jsou ve všech sezónách kladné. Největší a statisticky významné kladné trendy maxim vrstevnatých srážek se vyskytují na podzim. Pro jejich interpretaci však platí podobné omezení, jaké je naznačeno výše, i když v případě vrstevnatých srážek v menším rozsahu.

Trendy charakteristik celkových srážek odrážejí zejména chování konvekčních srážek. Na podzim jsou kladné a statisticky významné trendy úhrnu a počtu dní se srážkami pro celkové srážky způsobeny zejména kladnými trendy konvekčních srážek. Převažující kladné trendy celkových srážek v létě a na podzim a záporné na jaře odpovídají výsledkům práce Beranové a Kyselého (2018), kteří analyzovali trendy charakteristik celkových srážek (nerozdělených podle původu) na 162 stanicích v ČR v letech 1961–2012. Relativně malé a statisticky nevýznamné trendy úhrnu a počtu dní se srážkami pro celkové srážky na jaře a v létě jsou výsledkem kombinace kladného trendu konvekčních srážek a záporného trendu vrstevnatých srážek. To odpovídá i výsledkům Martínkové a Hanela (2016), kteří rozdělili pozorované srážky v ČR z let 1966–2006 na pře-

vážně konvekční a vrstevnaté a zjistili, že počet událostí a úhrn konvekčního původu v teplé části roku v tomto období rostl, zatímco pro vrstevnaté srážky klesal. Martínková a Hanel (2016) použili metodu rozdělení srážek na konvekční a vrstevnaté, která byla popsána v článku Ruiz-Lea et al. (2013) a která je založená na předpokladu, že závislost úhrnu srážek (z dané třídy intenzit) za daný časový interval vzhledem k intenzitě srážek lze vyjádřit exponenciálou (odpovídající vrstevnatým srážkám) modifikovanou perturbacemi (odpovídajícími konvekčním srážkám). Ačkoli tato metoda klasifikuje všechny úhrny s vysokými intenzitami jako konvekční, což ne vždy platí (např. silné srážky vedoucí k povodním v roce 2002 byly převážně vrstevnatého původu), její výsledky podporují naše zjištění.

Záporné trendy maximálních celkových srážek se vyskytují pouze na jaře. V ostatních sezónách převažují kladné trendy, což koresponduje i s prací Hanela et al. (2016), jejíž autoři analyzovali změny charakteristik krátkodobých (30 min až 24 h) silných srážek v ČR v letech 1961–2011 a zjistili, že pro většinu charakteristik převažují v teplé polovině roku rostoucí trendy na většině stanic. Převaha kladných trendů denních maxim srážek v létě a na podzim na většině stanic v ČR byla zjištěna i v práci Beranové a Kyselého (2018). Analýza založená na datech ze zpráv SYNOP je tedy v rámcovém souhlasu s těmito pracemi, přestože mohla využít jen podstatně menší počet časových řad.

## 5. ZÁVĚR

Pomocí algoritmu založeného na informacích ze zpráv SYNOP o stavu počasí a druhu oblačnosti jsme vytvořili časové řady 6hodinových úhrnů převážně konvekčních a vrstevnatých srážek na 11 stanicích na území ČR. Na základě analýzy časových řad z let 1982–2016 bylo ukázáno, že:

- Vrstevnaté srážky převažují nad konvekčními na všech stanicích ve všech sezónách kromě léta. V létě konvekční srážky dominují zejména na níže položených stanicích a v jihozápadní části území, zatímco na stanicích na severu a severovýchodě území převládají i v létě spíše srážky vrstevnaté.
- Úhrny vrstevnatých srážek narůstají s nadmořskou výškou rychleji než u konvekčních srážek a tato závislost je přibližně stejná ve všech ročních obdobích.
- V létě podíl konvekčních a vrstevnatých srážek silně závisí na průměrné denní teplotě. S rostoucí teplotou je konvekčních srážek vzhledem k celkovému úhrnu více a vrstevnatých méně. Na nížinných stanicích převažují konvekční srážky nad vrstevnatými při průměrné denní teplotě nad 15 °C. To se odráží i na podílu konvekčních srážek v celkovém letním úhrnu. Při vysokých teplotách ovšem úhrn i četnost konvekčních srážek klesají, což bývá způsobeno zejména nedostatkem vlhkosti.
- Počet dní s konvekčními srážkami a jejich úhrn v období 1982–2016 rostl a tento trend byl statisticky významný na jaře, v létě i na podzim. Trendy silných konvekčních srážek (sezónní maxima) byly menší, na jaře klesající a v létě a na podzim rostoucí.
- Na rozdíl od konvekčních srážek průměrné vrstevnaté srážky (úhrn a počet dní se srážkami) v období 1982–2016 spíše klesaly. Tento pokles byl nejvýraznější na jaře, což je zvláště kritické období z hlediska doplňování půdní vlhkosti, a pravděpodobně přispěl ke zvyšující se četnosti sucha v této části roku. Trendy maxim vrstevnatých srážek byly rostoucí ve všech studovaných sezónách a statisticky významné zejména na podzim.

U všech získaných výsledků je nutné brát v potaz, že vycházejí z bodových měření srážek, která nemohou vystihnout plošný charakter srážkových událostí.

Zjištěný nárůst konvekčních srážek a pokles jarních vrstevnatých srážek se v budoucnu může v souvislosti s dalším růstem teplot prohlubovat. Rulfová et al. (2017) vyhodnotili možné scénáře ze souboru simulací regionálních klimatických modelů ve střední Evropě a zjistili, že průměrné konvekční i vrstevnaté srážky mohou být podle těchto scénářů na konci 21. století v porovnání s dnešní situací vyšší ve všech ročních obdobích kromě léta, kdy lze očekávat pokles úhrnů vrstevnatých srážek. Tato změna souvisí zejména s nárůstem intenzity srážek, zatímco počty dní se srážkami mohou klesat. I přes mnohé nedostatky v zachycení srážkových charakteristik současnými klimatickými modely může být užitečné k těmto výsledkům přihlížet mj. při návrhu adaptačních opatření proti dlouhodobému suchu a přivalovým srážkám.

#### Poděkování:

*Příspěvek vznikl s podporou Programu podpory perspektivních lidských zdrojů – Mzdová podpora postdoktorandů na pracovištích AV ČR. Naše poděkování dále patří P. Pešicemu a P. Sedláčkovi za pomoc s přípravou, dekodováním a kontrolou dat SYNOP. Děkujeme také recenzentům za jejich podnětné připomínky.*

#### Literatura:

- ANAGNOSTOU, E. N., 2004. A convective/stratiform precipitation classification algorithm for volume scanning weather radar observations. *Meteorological Applications*, Vol. **11**, s. 291–300.
- BELACHSEN, I., MARRA, F., PELEG, N., MORIN, E., 2017. Convective rainfall in a dry climate: Relations with synoptic systems and flash-flood generation in the Dead Sea region. *Hydrology and Earth System Sciences*, Vol. **21**, s. 5165–5180.
- BERANOVÁ, R., KYSELÝ, J., 2018. Trends of precipitation characteristics in the Czech Republic over 1961–2012, their spatial patterns and links to temperature and the North Atlantic Oscillation. *International Journal of Climatology*, Vol. **38**, Suppl. 1, s. E596–E606. doi: 10.1002/joc.5392.
- BERG, P., HAERTER, J. O., THEJLL, P., PIANI, C., HAGEMANN, S., CHRISTENSEN, J. H., 2009. Seasonal characteristics of the relationship between daily precipitation intensity and surface temperature. *Journal of Geophysical Research*, Vol. **144**, D18102.
- BERG, P., MOSELEY, C., HAERTER, J. O., 2013. Strong increase in convective precipitation in response to higher temperatures. *Nature Geosciences*, Vol. **6**, s. 181–185.
- BERG, P., HAERTER, J. O., 2013. Unexpected increase in precipitation intensity with temperature – A result of mixing of precipitation types? *Atmospheric Research*, Vol. **119**, s. 56–61.
- BLACK, E., BLACKBURN, M., HARRISON, G., HOSKINS, B., METHVEN, J., 2004. Factors contributing to the summer 2003 European heatwave. *Weather*, Vol. **59**, s. 217–223.
- BLIŽŇÁK, V., KAŠPAR, M., MÜLLER, M., 2018. Radar-based summer precipitation climatology of the Czech Republic. *International Journal of Climatology*, Vol. **38**, s. 677–691.
- DAI, A., 2006. Precipitation characteristics in eighteen coupled climate models. *Journal of Climate*, Vol. **19**, s. 4605–4630.
- DAVISON, A. C., HINKLEY, D. V., 2005. Bootstrap methods and their applications. New York: Cambridge University Press. ISBN 0-521-57471-4.
- EFRON, B., TIBSHIRANI, R. J., 1993. An introduction to the Bootstrap. Monographs on Statistics and Applied Probability 57, Chapman and Hall, London. ISBN 0-412-04231-2.
- FISCHER, A. M., KELLER, D. E., LINIGER, M. A., RAJCZAK, J., SCHÄR, C., APPENZELLER, C., 2015. Projected changes in precipitation intensity and frequency in Switzerland: a multi-model perspective. *International Journal of Climatology*, Vol. **35**, s. 3204–3219.
- GAÁL, L., MOLNAR, P., SZOLGAY, J., 2014. Selection of intense rainfall events based on intensity thresholds and lightning data in Switzerland. *Hydrology and Earth System Sciences*, Vol. **18**, s. 1561–1573.
- HAN, X., XUE, H., ZHAO, C., LU, D., 2016. The role of convective and stratiform precipitation in the observed precipitation trends in Northwest China during 1961–2000. *Atmospheric Research*, Vol. **169**, s. 139–146.
- HANEL, M., PAVLÁSKOVÁ, A., KYSELÝ, J., 2016. Trends in characteristics of subdaily precipitation extremes and rainfall erosivity in the Czech Republic. *International Journal of Climatology*, Vol. **36**, s. 1833–1845.
- HANSLIAN, D., BRÁZDIL, R., ŠTEKL, J., KAKOS, V., 2000. Vliv cyklon středomořského původu na vysoké denní úhrny srážek na Milešovce a Lysé hoře v období 1961–1995. *Meteorologické zprávy*, roč. **53**, č. 2, s. 33–41. ISSN 0026-1173.
- HOUZE JR., R. A., 1993. Cloud Dynamics, International Geophysics Series 53, Academic Press. ISBN 9780080959955.
- KVĚTOŇ, V., ŽÁK, M., 2018. Vliv Středomořských tlakových níží na četnost výskytu vydatných srážek a kalamitních sněžení ve vybraných regionech České republiky. *Meteorologické zprávy*, roč. **71**, č. 2, s. 45–58. ISSN 0026-1173.
- KYSELÝ, J., 2010. Recent severe heat waves in central Europe: how to view them in a long-term prospect? *International Journal of Climatology*, Vol. **30**, s. 89–109.
- KYSELÝ, J., RULFOVÁ, Z., FARDA, A., HANEL, M., 2016. Convective and stratiform precipitation characteristics in an ensemble of regional climate model simulations. *Climate Dynamics*, Vol. **46**, s. 227–243.
- LAM, H. Y., LUINI, L., DIN, J., CAPSONI, C., PANAGOPOULOS, A. D., 2010. Stratiform and convective rain discrimination for equatorial region. Paper presented at the Proceeding, 2010 IEEE Student Conference on Research and Development – Engineering: Innovation and Beyond, SCORED 2010, s. 112–116.
- LENDERINK, G., VAN MEJGAARD, E., 2008. Increase in hourly precipitation extremes beyond expectations from temperature changes. *Nature Geosciences*, Vol. **1**, s. 511–514.
- LENDERINK, G., VAN MEJGAARD, E., 2010. Linking increases in hourly precipitation extremes to atmospheric temperature and moisture changes. *Environmental Research Letters*, Vol. **5**, 025208 (9 s.).
- LLASAT, M. C., CEPERUELO, M., RIGO, T., 2007. Rainfall regionalization on the basis of the precipitation convective features using a raingauge network and weather radar observations. *Atmospheric Research*, Vol. **83**, s. 415–426.
- MARTÍNKOVÁ, M., HANEL, M., 2016. Evaluation of relations between extreme precipitation and temperature in observational time series from the Czech Republic. *Advances in Meteorology*, ID 2975380 (9 s.).
- MOLNAR, P., FATICHI, S., GAÁL, L., SZOLGAY, J., BURLANDO, P., 2015. Storm type effects on super Clausius-Clapeyron scaling of intense rainstorm properties with air temperature. *Hydrology and Earth System Sciences*, Vol. **19**, s. 1753–1766.
- PELEG, N., MARRA, F., FATICHI, S., MOLNAR, P., MORIN, E., SHARMA, A., BURLANDO, P., 2018. Intensification of con-



- vective rain cells at warmer temperatures observed from high-resolution weather radar data. *Journal of Hydrometeorology*, Vol. **19**, s. 715–726.
- PEŠICE, P., SULAN, J., ŘEZÁČOVÁ, D., 2003. Convection precursors in the Czech territory. *Atmospheric Research*, Vol. **67–69**, s. 523–532.
- POTOPOVÁ, V., ŠTĚPÁNEK, P., ZAHRADNÍČEK, P., FARDA, A., TÜRKOTT, L., SOUKUP, J., 2018. Projected changes in the evolution of drought on various timescales over the Czech Republic according to Euro-CORDEX models. *International Journal of Climatology*, Vol. **38**, s. 939–954.
- RUIZ-LEO, A. M., HERNÁNDEZ, E., QUERALT, S., MAQUEDA, G., 2013. Convective and stratiform precipitation trends in the Spanish Mediterranean coast. *Atmospheric Research*, Vol. **119**, s. 46–55.
- RULFOVÁ, Z., KYSELÝ, J., 2013. Disaggregating convective and stratiform precipitation from station weather data. *Atmospheric Research*, Vol. **134**, s. 100–115.
- RULFOVÁ, Z., BERANOVÁ, R., KYSELÝ, J., 2017. Climate change scenarios of convective and large-scale precipitation in the Czech Republic based on EURO-CORDEX data. *International Journal of Climatology*, Vol. **37**, s. 2451–2465.
- ŘEZÁČOVÁ, D., KAŠPAR, M., MÜLLER, M., SOKOL, Z., KAKOS, V., HANSLIAN, D., PEŠICE, P., 2005. A comparison of the flood precipitation episode in August 2002 with historic extreme precipitation events on the Czech territory. *Atmospheric Research*, Vol. **77**, s. 354–366.
- SEMPERE-TORRES, D., SANCHEZ-DIEZMA, R., ZAWADZKI, I., CREUTIN, J. D., 2000. Identification of stratiform and convective areas using radar data with application to the improvement of DSD analysis and Z-R relations. *Physics and Chemistry of the Earth*, Vol. **25**, s. 985–990.
- SOKOL, Z., BLIŽŇÁK, V., 2009. Areal distribution and precipitation-altitude relationship of heavy short-term precipitation in the Czech Republic in the warm part of the year. *Atmospheric Research*, Vol. **94**, s. 652–662.
- SPINONI, J., NAUMANN, G., VOGT, J., BARBOSA, P., 2015. European drought climatologies and trends based on a multi-indicator approach. *Global and Planetary Change*, Vol. **127**, s. 50–57.
- TOLASZ, R., 2007. Atlas podnebí Česka: Climate atlas of Czechia. Praha: Český hydrometeorologický ústav. ISBN 978-80-86690-26-1.
- TREMBLAY, A., 2005. The stratiform and convective components of surface precipitation. *Journal of the Atmospheric Sciences*, Vol. **62**, s. 1513–1528.
- ZAHRADNÍČEK, P., TRNKA, M., BRÁZDIL, R., MOŽNÝ, M., ŠTĚPÁNEK, P. et al., 2015. The extreme drought episode of August 2011–May 2012 in the Czech Republic. *International Journal of Climatology*, Vol. **35**, s. 3335–3352.

Lektoři (Reviewers): RNDr. Lenka Crhová,  
Mgr. Ladislav Gaál, Ph.D.

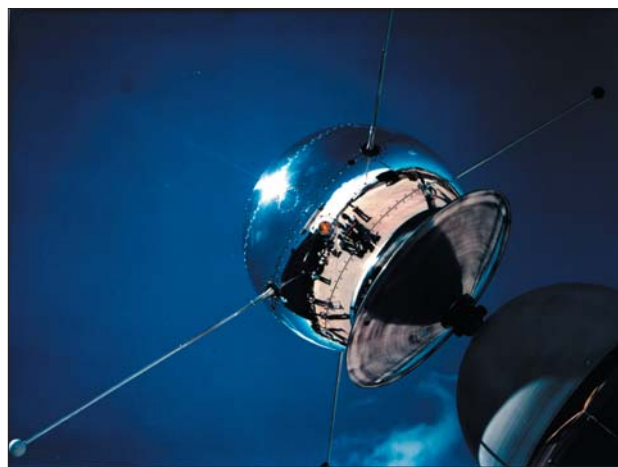
## INFORMACE – RECENZE

### VANGUARD 2 – 60. VÝROČÍ STARTU PRVNÍ EXPERIMENTÁLNÍ METEOROLOGICKÉ DRUŽICE

17. února 1959 byl vypuštěn Vanguard 2, první experimentální družice zaměřená na studium atmosféry Země (pro to se někdy – trochu nepřesně – označuje jako „první meteorologická družice“).

Ve srovnání se současnými meteorologickými družicemi se jednalo o velmi jednoduchou technologii a plánované experimenty. Prvním z nich bylo pokusné snímání rozložení oblačnosti v pásu kolem rovníku, přibližně do 35° zeměpisné šířky, které mělo být realizováno jednoduchými kamerami, snímajícími ve viditelném oboru, s využitím rotace družice. Vzhledem k problémům rotace (způsobených při oddělení družice od posledního, třetího stupně nosné rakety) byla data z těchto kamer téměř nepoužitelná. Tento přístroj se odmlčel po 18 dnech provozu.

Druhým experimentem bylo studium vlivu vysokých hladin atmosféry na dráhu družice (brzdění družice zbytkovou atmosférou) při průletu družice perigeem – nejnižším bodem protáhlé eliptické oběžné dráhy. Kromě atmosféry se na změnách dráhy rovněž podílí tlak slunečního větru a nerovnoměrnosti gravitačního pole Země. Pro zaměřování dráhy byla družice vybavena jednoduchým radiomajákem, který se odmlčel po 26 dnech provozu (družice nebyla vybavena solárními panely a byla závislá pouze na bateriích). Díky moderním metodám sledování umělých těles na oběžné dráze Země se ale Vanguard 2 pro studium vlivu atmosféry na dráhu družic používá dodnes. V současné době je zároveň jedním z nejstarších umělých těles na oběžné dráze Země, v nejbližším bodě své dráhy se dostává do vzdálenosti pouhých cca 560 km nad zemský povrch, v nejbližším bodě je vzdálena 2950 km. Dle současných předpokladů dru-



žice vydrží na oběžné dráze ještě cca dvě až tři staletí, než se její rychlost vlivem tření o vysokou atmosféru sníží natolik, že nakonec v atmosféře, kterou celý svůj „život“ studovala, zanikne (při finálním vstupu do atmosféry v ní shoří). Nejstarším umělým tělesem, které je doposud na oběžné dráze, je družice Vanguard 1, první družice vybavena solárními panely.

První družicí, která již poskytovala meteorologická pozorování v operativním režimu, byla přibližně o rok později družice TIROS-1, jejíž 60. výročí startu si připomeneme příští rok, 1. dubna 2020.

Zdroj informací: NASA, NOAA, a další odkazy uvedené na [https://en.wikipedia.org/wiki/Vanguard\\_2](https://en.wikipedia.org/wiki/Vanguard_2)

Martin Setvák



# PREKRAČOVANIE KRITICKÝCH ÚROVNÍ OZÓNU NA VÝŠKOVOM TRANZEKTE VO VYSOKÝCH TATRÁCH

Hana Pavlendová, Národné lesnícke centrum – Lesnícky výskumný ústav Zvolen, T. G. Masaryka 22, 960 92 Zvolen, pavlendova@nlcsk.org

Svetlana Bičárová, Ústav vied o Zemi Slovenskej akadémie vied, Stará Lesná, 059 60 Tatranská Lomnica, bicarova@ta3.sk

Zuzana Sitková, Národné lesnícke centrum – Lesnícky výskumný ústav Zvolen, T. G. Masaryka 22, 960 92 Zvolen

**Ozone critical level exceedances at altitudinal line transect at High Tatra Mts.** Ambient ozone is an important pollutant for forests trees. Phytotoxic ozone doses (POD) and accumulated ozone exposure indices (AOT) were evaluated for spruce (*Picea abies* (L.) Karst.) on five plots at the southern and northern vertical line transect at High Tatra Mts.  $POD_1$  values ranged from 12.5 to 21.4  $mmol \cdot m^{-2}$  PLA at the end of the main vegetation season in particular years of the considered period of 2014–2016. AOT40 index varied between 6.9 and 24.9 ppm·h. Critical levels of  $POD_1$  and AOT40 recommended for the protection of spruce were exceeded at all the plots in all the years under consideration. Both indices, namely AOT40, derived only from ozone concentration, and  $POD_1$ , that considers even environmental conditions, indicate an adverse effect of ozone to spruce at High Tatra Mts.

**KLÚČOVÉ SLOVÁ:** tok ozónový – expozícia akumulovaná – úroveň kritická – smrek – Vysoké Tatry

**KEYWORDS:** ozone flux – accumulated exposure – critical level – spruce – High Tatra Mts.

## 1. ÚVOD A ROZBOR PROBLEMATIKY

Prízemný ozón patrí k významným znečisťujúcim polutantom ovplyvňujúcim lesné ekosystémy Európy. Okrem priameho poškodenia a vplyvu na produkciu prispieva k oslabeniu lesných drevín, čo môže spôsobiť ich väčšiu náchylnosť na poškodenie ostatnými biotickými a abiotickými škodlivými činiteľmi (Matyssek et al. 2014). Preto je aj v súčasnosti dôležitým predmetom monitoringu a hodnotenia kvality ovzdušia (EEA 2018).

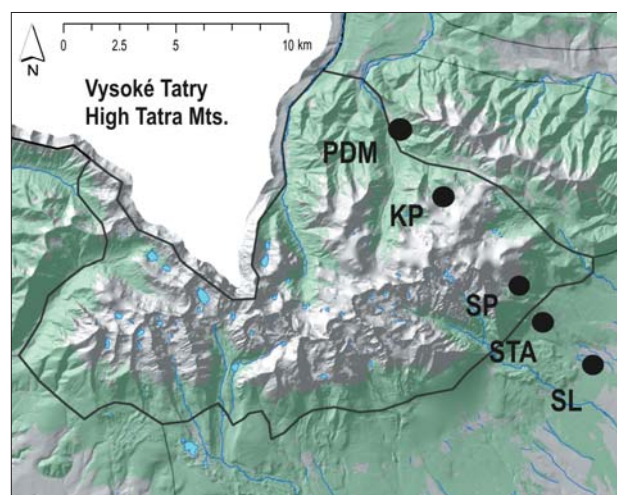
Koncentrácie prízemného ozónu závisia od komplexu chemických procesov a meteorologických vplyvov. Meteorologické podmienky a prítomnosť prekursorov tvorby ozónu patria medzi dva najvýznamnejšie faktory ovplyvňujúce tvorbu ozónu (Comrie 1994). Zvýšené koncentrácie  $O_3$  sa vyskytujú v smere prúdenia od veľkých zdrojov emisií prekursorov tvorby ozónu (najmä veľkých sídelných a priemyselných aglomerácií). V odľahlých oblastiach bez priamych zdrojov znečistenia zohráva pri epizódach vysokých koncentrácií ozónu nezanedbateľnú úlohu popri lokálnej tvorbe aj diaľkový prenos ozónu a jeho prekursorov, ako aj tvorba ozónu počas transportu (Graber et al. 1995). Zvýšené koncentrácie ozónu počas fotochemicky priaznivého počasia vo vyšších polohách až po hornú hranicu lesa zase naznačujú vplyv emisií biogénnych uhľovodíkov, ktorý je pravdepodobne významnejší, ako sa doteraz predpokladalo (Kremler 2006).

Európska komisia definovala kritické hodnoty ozónovej záťaže pre vegetáciu formou indexu expozície AOT40 (Accumulated Ozone Exposure Over a Threshold of 40 ppb), ktorý vyjadruje počet hodín s prekročením limitnej hranice 40 ppb. Kritická úroveň indexu AOT40 5 ppm·h, stanovená na ochranu lesných ekosystémov, býva pravidelne prekračovaná takmer na celom území Slovenska, vo vyšších nadmorských výškach často už v prvej polovici vegetačnej sezóny (Mindáš, Škvarenina 2004; Pavlenda et al. 2014). Kritická úroveň AOT40 je jednoduchý, na vstupné dáta nenáročný spôsob hodnotenia potenciálneho vplyvu ozónu na lesné dreviny (jediným vstupom sú koncentrácie ozónu).

Najnovšie metódy hodnotenia ozónovej záťaže sú orientované na sledovanie toku ozónu do vnútorných štruktúr rastlinných buniek a vyjadrenie ozónovej dávky prijatej rastlinou.

Kritické úrovne definované pre fytotoxickú ozónovú dávku POD (Phytotoxic Ozone Dose) zohľadňujú nielen samotnú vonkajšiu koncentráciu  $O_3$ , ale aj množstvo  $O_3$  vstupujúce do rastlinného tkaniva cez prieduchový systém. Prenikanie  $O_3$  do bunkových štruktúr povrchu tkaniva závisí od prieduchovej alebo stomatálnej vodivosti a environmentálnych faktorov. Tento koncept je však oproti predchádzajúcemu oveľa náročnejší na vstupné údaje (Pihl-Karlsson et al. 2004; Matyssek et al. 2007). V súčasnosti je na modelovanie stomatálneho toku (stomatálnej depozície) ozónu najčastejšie používaný multiplikatívny depozičný model  $DO_3SE$  (Deposition of Ozone for Stomatal Exchange) (Emberson et al. 2007; Karlsson et al. 2007) ktorý bol vyvinutý vo výskumnom centre Európskeho monitorovacieho a hodnotiaceho programu (European Monitoring and Evaluation Programme – EMEP).

V tejto práci sú vyhodnotené merania koncentrácií ozónu



Obr. 1 Výškový transekt výskumných plôch použitých v štúdiu (severný: PDM – Tatranská Javorina – Podmuráň, KP – Kolové pleso; južný: SL – Stará Lesná, STA – Tatranská Lomnica – Štart, SP – Skalnáté Pleso, LS – Lomnický štít).

Fig. 1. Vertical line transect of study sites (Northern: PDM – Tatranská Javorina – Podmuráň, KP – Kolové pleso; Southern: SL – Stará Lesná, STA – Tatranská Lomnica – Štart, SP – Skalnáté Pleso, LS – Lomnický štít).

Tab. 1 Stručný popis výskumných plôch na výškovom tranzekte vo Vysokých Tatrách.

Table 1. Brief description of study sites along altitudinal line transect at High Tatra Mts.

ID plochy	Názov lokality	Nadm. výška [m n. m.]	Skupina lesných typov	Hlavné drevinové druhy*	Pôdny typ	Dlhodobé priemery 1960-91	
						Teplota [°C]	Zrážky [mm]
SL	Stará Lesná	810	<i>Pineto-Piceetum</i>	sm, br, bo, sc, jx	Kambizem glejová	5,4	740
STA	Tatranská Lomnica – Štart	1 150	<i>Lariceto-Piceetum</i>	sm, sc	Podzol kambizemný	4,0	968
SP	Skalnaté Pleso	1 770	<i>Mugethum acidifilum</i>	ks, sm	Ranker podzolový	0,8	1 220
LS	Lomnický štít	2 634				-0,8	1 499
KP	Kolové pleso	1 550	<i>Mugethum acidifilum</i>	ks, sm, lb	Ranker podzolový	2,0	1 493
PDM	Tatranská Javorina – Podmuráň	1 100	<i>Acereto Piceetum</i>	sm, jd, jb, bk, jh	Podzol kambizemný	3,8	1 225

\* sm – smrek obyčajný, br – breza previsnutá, bo – borovica lesná, sc – smrekovec opadavý, jx – jelša sivá, ks – borovica horská kosodrevina, lb – borovica limbová, jd – jedľa biela, bk – buk lesný, jb – jarabina vtáčia, jh – javor horský

\*sm – Norway spruce, br – silver birch, bo – Scots pine, sc – European larch, jx – grey alder, ks – dwarf mountain pine, lb – Swiss stone pine, jd – silver fir, bk – European beech, jb – rowan berry, jh – sycamore maple

nu, index AOT40 a PODY pre drevinu smrek obyčajný (*Picea abies* (L.) Karst.) na výskumných plochách nachádzajúcich sa na výškovom tranzekte vo Vysokých Tatrách. Prezintované výsledky sú výstupom riešenia projektu „Mapovanie fyto-toxických ozónových dávok v prostredí Vysokých Tatier“ z rokov 2014–2016.

## 2. METÓDY A ÚDAJE

### 2.1 Priestorové rozloženie výskumných plôch

Výskumné plochy boli situované na výškovom tranzekte s južnou a severnou expozíciou vo východnej časti Vysokých Tatier. Spoločným vrcholom oboch výškových tranzektov je Lomnický štít (2634 m n. m.). Priestorové rozloženie a stručný popis výskumných plôch sú uvedené na obrázku 1 a v tabuľke 1.

Na týchto plochách boli zabezpečené kontinuálne merania koncentrácie prízemného ozónu, meteorologických parametrov a pôdnych charakteristík potrebných pre výpočet ozónových indexov (AOT a POD) a hodnotenie vplyvu O<sub>3</sub> na lesné dreviny v horskom prostredí.

### 2.2 Meteorologické údaje

Pre výpočet POD<sub>Y</sub> bolo potrebné realizovať merania meteorologických prvkov a pôdnych vlhkosťných charakteristík, ako sú teplota (*AT*, air temperature [°C]) a vlhkosť vzduchu (*AH*, air humidity [%]), globálna radiácia (*GR*, global radiation [W·m<sup>-2</sup>]), rýchlosť vetra (*WS*, wind speed [m·s<sup>-1</sup>]), tlak vzduchu (*P*, pressure [Pa]) a vodný pôdny potenciál (*SWP*, soil water potential [MPa]). Meteorologické merania prebiehali na voľnej ploche s využitím automatických meteorologických staníc umiestnených v blízkosti ozónového analyzátoru. Na lokalitách Stará Lesná, T. Javorina – Podmuráň a Skalnaté Pleso boli merania meteorologických prvkov realizované pomocou meracieho systému Physicus (PHYSICUS s. r. o.). Meteorologické merania na stanici Štart a Kolové pleso sa vykonávajú s využitím automatických meteorologických staníc výrobcu EMS Brno (www.emsbrno.cz), zostavenej z centrálnej pamäte (dataloger EdgeBox V8) a série senzorov na meranie teploty a vlhkosti vzduchu (EMS33), slnečného žiarenia (EMS11), smeru a rýchlosti vetra (MetOne 034B) a úhrnov zrážok (MetOne 370, Met One Instruments Inc.)

(obr. 2). Meteorologické údaje boli do datalogerov ukladané v 10 až 30minútovom intervale a následne spracovávané podľa potreby do agregovaných hodinových, denných alebo mesačných hodnôt. Digitálne meteorologické stanice a senzory výrobcu Physicus a EMS Brno neboli počas výskumu kalibrované, nakoľko boli na lokality inštalované ako nové, čím bolo možné sa oprieť jednak o termíny kalibrácie senzorov deklarované dodávateľom, ako aj o presnosť meraní, ktoré uvádza výrobca. Napriek tomu prebiehala počas riešenia pravidelná údržba staníc a kontrola senzorov. V prípade potreby boli čidlá kalibrované alebo vymieňané individuálne. Merania SWP prebiehali na kaž-

dej lokalite priamo v poraste, v troch rôznych hĺbkach pôdy (10, 20 a 40 cm) pomocou sadrových bločkov (Delmhorst Instrument, NJ, USA) a datalogera MicroLog SP3 (EMS Brno, CZ), do ktorého boli údaje automaticky zaznamenávané v hodinovom intervale.



Obr. 2 Ukážka prístrojového vybavenia na výskumnej ploche Kolové pleso (v popredí meteostanica EMS Brno, v pozadí prenosný ozónový analyzátor 2B Tech napájaný solárnym panelom).

Fig. 2. Example of instrumentation at the Kolové pleso study site (meteorological EMS station Brno in the front, portable ozone analyzer 2B Tech powered by solar panel at the back).

### 2.3 Ozónové údaje

Merania koncentrácií ozónu na výskumných plochách Tatranská Lomnica – Štart a Kolové pleso prebiehali počas vegetačnej sezóny prenosnými analyzátormi typu 2B Technology M106-L, meranie je založené na princípe UV-fotometrie. Nasávací otvor bol umiestnený v štandardnej výške 2 m nad úrovňou terénu. Napájali sa s pomocou akumulátora, ktorý bol napojený na fotovoltaický panel (obr. 2). Na výskumných plochách Stará Lesná, Skalnaté Pleso, Lomnický štít a Tatranská Javorina – Podmuráň, kde je zabezpečená dodávka elektrickej energie z verejnej siete, meranie prebiehalo kontinuálne počas celého roku, analyzátormi typu Horiba APOA360 (Stará Lesná), Thermo Electron 49C (Skalnaté Pleso, Tatranská Javorina) a 2B Technology M106-L (Lomnický štít). Nasávacie otvory boli umiestnené v rôznych výškach nad úrovňou terénu, čo bolo zohľadnené aj v samotnom výpočte AOT40 a  $POD_1$  tabulkovým prepočtom na výšku porastu (CLRTAP 2017) (Stará Lesná – 4 m, Skalnaté Pleso – 2 m, Lomnický štít – 12 m, Tatranská Javorina – 2 m). Ozónové analyzátory boli pravidelne kalibrované akreditovaným laboratóriom v pôsobení SHMÚ s cieľom zabezpečiť kvalitu, presnosť a vzájomnú kompatibilitu.

### 2.4 Výpočet expozičných dávok ozónu

Negatívny vplyv ozónu na lesné ekosystémy bol posudzovaný prostredníctvom indexu AOT40 a  $POD_y$ . Index AOT40 i fytotoxické ozónové dávky  $POD_y$  sme počítali s využitím multiplikatívneho depozičného modelu  $DO_3SE$  (Emberson et al. 2000). Index AOT40 je expozičná hodnota ozónu, ktorý predstavuje sumu hodinových koncentrácií prevyšujúcich 40 ppb, je vypočítaný z denných hodín počas vegetačnej sezóny (v tomto prípade apríl–október). Kritická úroveň pre ochranu lesných ekosystémov je v súčasnosti stanovená na 5 ppm·h. Kým AOT40 je expozičný limit a jediným vstupným údajom sú koncentrácie ozónu,  $POD_y$  je imisný limit založený na princípe modelovania stomatálneho toku ozónu do rastliny a do jeho výpočtu vstupujú viaceré environmentálne parametre. Do depozičného modelu  $DO_3SE$  boli z nameraných údajov pripravené kompletne vstupné dáta (hodinové hodnoty) pre roky 2014–2016: teplota vzduchu, sýtosťný doplnok,

zrážky, vietor, tlak vzduchu, koncentrácie ozónu, globálne žiarenie a bilancia žiarenia (priamo meraná na plochách SL a SP). Chýbajúce údaje, spôsobené napríklad poruchou prístroja alebo výpadkom v dobíjaní batérií, boli doplnené podľa korelácie s najbližšími stanicami, samostatne južná a severná časť transektu.

Pri výpočte stomatálnych tokov ozónu sa okrem meraných koncentrácií ozónu a meteorologických parametrov berú do úvahy aj ďalšie dôležité parametre prostredia a hodnotenej dreviny, ktoré boli namerané, prípadne laboratórne analyzované (SWP, fyzikálne vlastnosti pôd) alebo prebrané zo všeobecnej parametrizácie modelu (listová plocha, fenológia a fyziológia príslušných rastlinných druhov, pôdne charakteristiky záujmovej lokality a pod.). Parametrizáciu modelu sme prebrali z CLRTAP (2010) a z vlastných meraní.

Tab. 2 Štatistika priemerných hodinových teplôt vzduchu [ $^{\circ}C$ ] a ročných úhrnov zrážok [mm] na výskumných lokalitách v rokoch 2014–2016.

Table 2. Statistics of average hourly air temperatures [ $^{\circ}C$ ] and annual total precipitation [mm] at study sites during 2014–2016.

Štatistika teplôt vzduchu [ $^{\circ}C$ ] a úhrnov zrážok [mm] 2014	Stará Lesná 810 m n. m.	Štart 1 150 m n. m.	Skalnaté Pleso 1 770 m n. m.	Kolové pleso* 1 550 m n. m.	T. Javorina** 1 100 m n. m.
N	8 760	8 760	8 760	5 016	6 480
Priemer	7,7	6,4	4,3	6,3	7,2
Medián	7,7	6,4	4,4	7,1	7,6
STD	7,7	7,2	6,1	6,9	7,1
Minimum teplota	-17,7	-17,0	-18,9	-21,4	-19,4
Maximum teplota	28,4	27,3	21,8	24,9	26,5
N	365	365	365	209	270
Priemer denný úhrn	2,5	3,3	4,5	3,0	4,1
Suma (ročný úhrn) zrážok	930	1 204	1 653	1 101	1 512
Maximum denný úhrn	51,6	46,8	53,0	76,8	99,9
Štatistika teplôt vzduchu [ $^{\circ}C$ ] a úhrnov zrážok [mm] 2015	Stará Lesná 810 m n. m.	Štart 1 150 m n. m.	Skalnaté Pleso 1 770 m n. m.	Kolové pleso 1 550 m n. m.	T. Javorina 1 100 m n. m.
N	8 760	8 760	8 760	8 760	8 760
Priemer	7,2	6,1	3,9	3,9	5,6
Medián	6,6	5,5	4,0	3,5	5,3
STD	8,7	8,2	7,6	7,9	8,5
Minimum teplota	-19,2	-15,3	-16,1	-18,0	-18,0
Maximum teplota	31,8	29,5	23,1	27,3	29,9
N	365	365	365	365	365
Priemer denný úhrn	1,7	2,4	3,4	3,4	2,8
Suma (ročný úhrn) zrážok	621	870	1 257	1 239	1 027
Maximum denný úhrn	31,7	53,2	60,8	83,0	84,3
Štatistika teplôt vzduchu [ $^{\circ}C$ ] a úhrnov zrážok [mm] 2016	Stará Lesná 810 m n. m.	Štart 1 150 m n. m.	Skalnaté Pleso 1 770 m n. m.	Kolové pleso 1 550 m n. m.	T. Javorina 1 100 m n. m.
N	8 784	8 784	8 784	8 784	8 784
Priemer	6,5	5,5	3,0	3,1	5,0
Medián	5,9	5,1	3,2	3,2	4,8
STD	8,9	8,2	7,5	7,9	8,2
Minimum teplota	-18,7	-16,1	-18,4	-19,2	-19,7
Maximum teplota	29,2	26,5	22,4	25,3	26,9
N	366	366	366	366	366
Priemer denný úhrn	2,0	3,0	4,4	4,8	4,2
Suma (ročný úhrn) zrážok	727	1 097	1 601	1 745	1 545
Maximum denný úhrn	39,5	40,2	53,7	1 17,0	94,2

\*Na lokalite Kolové pleso sú dostupné údaje od 1. 6. 2014.

\*Data for the Kolové pleso site available since 1 June 2014.

\*\*Na lokalite Tatranská Javorina – Podmuráň sú dostupné údaje od 1. 4. 2014.

\*\*Data for the Tatranská Javorina – Podmuráň location available since 1 April 2014.



POD<sub>Y</sub> je akumulovaná hodnota stomatálnych tokov, ktoré v čase vegetačného obdobia prekročili úroveň  $Y \text{ nmol}\cdot\text{m}^{-2}\cdot\text{s}^{-1}$ . Úroveň  $Y$  je definovaná osobitne pre rôzny typ drevín, v súčasnosti je tímom expertov jednotne stanovená na  $1 \text{ nmol}\cdot\text{m}^{-2}\cdot\text{s}^{-1}$  (Mills et al. 2011). Kritická úroveň POD<sub>1</sub> bola pre drevinu smrek podľa staršej verzie manuálu navrhovaná na  $8 \text{ mmol}\cdot\text{m}^{-2}$  PLA (projected leaf area) (CLRTAP 2010), podľa najnovších poznatkov je navrhnutá na  $9,2 \text{ mmol}\cdot\text{m}^{-2}$  PLA (CLRTAP 2017).

### 3. VÝSLEDKY

#### 3.1 Meteorologické parametre

Zo spracovania základných štatistík meteorologických údajov nameraných vo Vysokých Tatrách vyplýva (tab. 2), že v rokoch 2014–2016 sa priemerné hodinové teploty vzduchu na výskumných lokalitách pohybovali v rozpätí od  $-21,4 \text{ }^\circ\text{C}$  (minimum na Kolovom plese dňa 30. 12. 2014) do  $31,8 \text{ }^\circ\text{C}$  (maximum v Starej Lesnej dňa 30. 8. 2015). Priemerná ročná teplota dosahovala v závislosti od nadmorskej výšky lokality od  $4,3$  do  $7,7 \text{ }^\circ\text{C}$  v roku 2014, v roku 2015 od  $3,9$  do  $7,2 \text{ }^\circ\text{C}$  a v roku 2016 od  $3,0$  do  $6,5 \text{ }^\circ\text{C}$ . Priemerná teplota v Starej Lesnej počas vegetačnej sezóny (apríl–september) dosiahla hodnoty vyššie ako priemer z rokov 2000–2009 pre túto lokalitu ( $12,7$ ;  $13,3$ ;  $13,0$  vs.  $12,5 \text{ }^\circ\text{C}$ ) (Bičárová et al. 2013).

V roku 2014 boli na výskumných plochách v Starej Lesnej, na Štarte a Skalnatom Plese namerané najvyššie ročné úhrny ( $930 \text{ mm}$ ,  $1\,204 \text{ mm}$  a  $1\,653 \text{ mm}$ ). Pre Kolové pleso a Tatranskú Javorinu nemáme merané zrážky od začiatku roka, ale aj na týchto lokalitách predpokladáme najvyššie ročné úhrny zrážok. V poradí druhý zrážkovo najbohatší bol rok 2016, rok 2015 bol na zrážky najchudobnejší (tab. 2). Ročné zrážkové úhrny kolísali v intervale od  $621 \text{ mm}$  (najnižšia hodnota v Starej Lesnej v roku 2015) do  $1\,745 \text{ mm}$  (najvyššia hodnota na Kolovom plese v roku 2016, kompletne údaje za rok 2014 pre túto stanicu nie sú k dispozícii). Maximálny denný úhrn zrážok bol zistený na lokalite Kolové pleso dňa 17. 7. 2016 ( $117 \text{ mm}$ ) a 15. 5. 2014 v Tatranskej Javorine ( $99,9 \text{ mm}$ ). Podľa našich meraní boli vegetačné sezóny v rokoch 2014–2016 mimoriadne teplé a to na všetkých piatich stanicach. Podľa klimatologickej analýzy SHMÚ bol rok 2016 vo všeobecnosti na Slovensku mimoriadne teplý a najmä veľmi bohatý na atmosférické zrážky (Štastný et al. 2017). V mesačných agregáciách hodnôt sa v rokoch 2014 a 2016 ako významné prejavili výdatné júlové úhrny zrážok na všetkých lokalitách a nižšia miera žiarenia na lokalite Kolové pleso.

#### 3.2 Koncentrácie ozónu

Počas vegetačného obdobia rokov 2014–2016 boli maximálne hodnoty koncentrácií ozónu dosiahnuté v rôznom období. V roku 2014 boli vysoké koncentrácie zaznamenané v jarných mesiacoch (apríl–máj), ktoré pretrvávali až do júla. Po tomto období nastal mierny pokles až do konca vegetačného obdobia. Rok 2015 bol typický dvojitým maximom, ktoré sa vyskytlo v apríli a v auguste. V roku 2016 bolo zaznamenané iba jedno výrazné jarné maximum v máji. Priemerné hod-

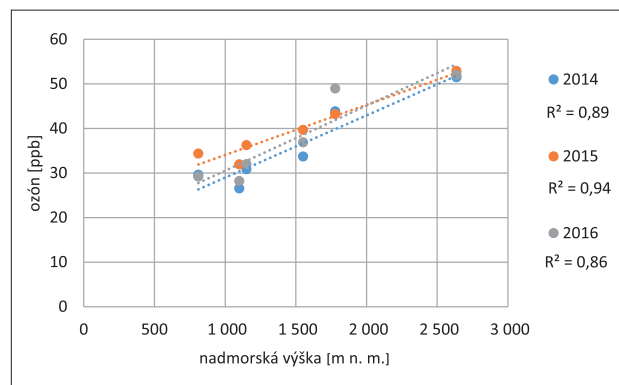
Tab. 3 Hodnoty priemerných koncentrácií ozónu v období apríl–október [ppb] a rozsahu ich meraní v rokoch 2014–2016 na výskumných plochách v Vysokých Tatrách.

Table 3. Average values and range of ozone concentrations [ppb] from April to October 2014–2016 in study sites at High Tatra Mts.

ID plochy	Názov lokality	2014			2015			2016		
		priemer	min	max	priemer	min	max	priemer	min	max
SL	Stará Lesná	29,6	4,3	74,1	34,4	4,9	73,6	29,2	3,7	64,0
STA	Tatranská Lomnica – Štart	30,9	3,1	72,1	36,3	5,4	76,1	32,0	0,3	70,8
SP	Skalnaté Pleso	43,8	10,2	75,0	43,2	15,0	78,8	49,0	10,0	81,2
LS	Lomnický štít	51,5	19,3	77,7	52,9	18,9	89,7	52,1	18,0	86,0
KP	Kolové pleso	33,7*	2,8	83,9	39,7	1,8	83,0	36,9	1,3	87,4
PDM	Tatranská Javorina – Podmuráň	26,5	1,9	84,5	32,0	2,3	82,0	28,2	1,7	68,6

\*Meranie sa začalo 21. 5. 2014.

\*Measurements started on 21 May 2014.



Obr. 3 Závislosť koncentrácií ozónu počas vegetačnej sezóny (apríl–október) od nadmorskej výšky.

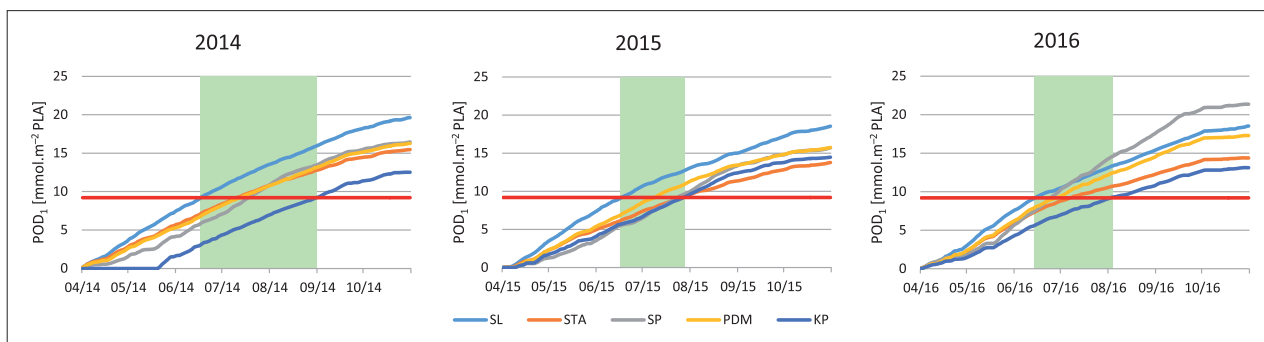
Fig. 3. Ozone concentration in relation to altitude during vegetation period (April–October).

noty pre vegetačnú sezónu (apríl–október) sa na týchto lokalitách pohybovali v roku 2014 od  $26,5$  do  $51,5 \text{ ppb}$ , v roku 2015 v rozsahu od  $32,0$  do  $52,9 \text{ ppb}$  a v roku 2016 od  $28,2$  do  $52,1 \text{ ppb}$  (tab. 3). Hodinové maximum ( $89,7 \text{ ppb}$ ) bolo zaznamenané na Lomnickom štíte dňa 12. 8. 2015. Pravdepodobne z dôvodu celkovo nižších priemerných teplôt a vyššej vlhkosti vzduchu v rokoch 2014 a 2016 boli v porovnaní s rokom 2015 zaznamenané o niečo nižšie priemerné hodnoty ozónových koncentrácií (s výnimkou plochy na Skalnatom Plese v roku 2016). Koncentrácie prízemného ozónu počas vegetačného obdobia všetkých sledovaných rokov boli ovplyvňované priebehom počasia a v porovnaní s meraniami v predchádzajúcom období s dostupnými údajmi o  $\text{O}_3$  koncentráciách dosahovali v rokoch 2014 a 2016 podpriemerné hodnoty (Bičárová et al. 2013).

Koncentrácie ozónu počas vegetačnej sezóny (apríl–október) na sledovanom výškovom transekte stúpali s nadmorskou výškou, medzi koncentraciami a nadmorskou výškou existuje stredne silná lineárna závislosť (regresný koeficient  $r^2$  sa v jednotlivých rokoch pohyboval od  $0,86$  do  $0,94$ ). Vzhľadom k tomu, že merania na viacerých stanicach sa začali až koncom marca, resp. v apríli, nie je možné korektne vyhodnotiť ročný priebeh koncentrácií.

#### 3.3 Hodnoty POD<sub>1</sub> a AOT40

Výsledky indexov POD<sub>Y</sub> a AOT40 vypočítaných pomocou modelu DO<sub>3</sub>SE pre všetky sledované lokality sú uvedené



Obr. 4 Vývoj fitotoxických ozónových dávok  $POD_1$  a prekračovanie kritických úrovní pre smrek v roku 2014–2016 na lokalitách Stará Lesná (SL), Štart (STA), Skalnate Pleso (SP), Tatranská Javorina (PDM) a Kolové pleso (KP). Červenou čiarou je vyznačená kritická úroveň  $POD_1$  ( $9,2 \text{ mmol}\cdot\text{m}^{-2} \text{ PLA}$ ) pre drevinu smrek (*Picea abies* (L.) Karst.).

Fig. 4. Course of phytotoxic ozone dose  $POD_1$  and exceedances of critical level for spruce during 2014–2016 period at study sites of Stará Lesná (SL), Štart (STA), Skalnate Pleso (SP), Tatranská Javorina (PDM) and Kolové pleso (KP). The species specific critical level of  $POD_1$  for Norway spruce (*Picea abies* (L.) Karst.) ( $9.2 \text{ mmol}\cdot\text{m}^{-2} \text{ PLA}$ ) is marked by red line.

Tab. 4 Hodnoty  $POD_0$ ,  $POD_1$  ( $\text{mmol}\cdot\text{m}^{-2} \text{ PLA}$ ) a AOT40 ( $\text{ppm}\cdot\text{h}$ ) pre drevinu smrek na výskumných plochách v Vysokých Tatrách počítané z obdobia apríl–október rokov 2014–2016.

Table 4. Values of  $POD_0$ ,  $POD_1$  ( $\text{mmol}\cdot\text{m}^{-2} \text{ PLA}$ ) and AOT40 ( $\text{ppm}\cdot\text{h}$ ) for spruce in study sites at the High Tatra Mts. calculated for the period from April to October during 2014–2016 period.

ID plochy	Názov lokality	2014			2015			2016		
		$POD_0$	$POD_1$	AOT40	$POD_0$	$POD_1$	AOT40	$POD_0$	$POD_1$	AOT40
SL	Stará Lesná	29,5	19,6	6,9	28,0	18,6	13,1	28,3	18,5	7,9
STA	Tatranská Lomnica – Štart	25,0	15,5	8,7	23,3	13,8	16,5	23,7	14,4	13,6
SP	Skalnate Pleso	26,1	16,5	10,8	24,7	15,7	12,8	30,9	21,4	24,9
KP	Kolové pleso	19,4*	12,5*	7,8*	23,6	14,5	17,8	22,0	13,1	12,6
PDM	Tatranská Javorina – Podmuráň	25,4	16,3	11,3	25,2	15,8	16,8	26,2	17,3	14,6

\* Meranie sa začalo 21. 5. 2014.

\* Measurements started on 21 May 2014.

v tabuľke 4. Z týchto výsledkov vyplýva, že hodnoty  $POD_1$  pre drevinu smrek obyčajný (*Picea abies* (L.) Karst.) sa pohybovali od  $13,1 \text{ mmol}\cdot\text{m}^{-2} \text{ PLA}$  na Kolovom plese roku 2016 (1550 m n. m.) do  $21,4 \text{ mmol}\cdot\text{m}^{-2} \text{ PLA}$  na Skalnatom plese v tom istom roku (1778 m n. m.) (tab. 4). Druho špecifická kritická úroveň pre smrek ( $CL_{SPEC}$ : species specific critical level)  $9,2 \text{ mmol}\cdot\text{m}^{-2} \text{ PLA}$  bola prekračená vo všetkých hodnotených rokoch. Pri dosiahnutí tejto kritickej úrovne (KÚ) je očakávaná strata na prírastku (2 %) ešte únosná (CLRTAP 2017).

$POD_1$  pre smrek dosahovala relatívne vysoké hodnoty v porovnaní s listnatými drevinami, najmä kvôli dlhšiemu vegetačnému obdobiu, ktoré je obmedzené iba teplotou. KÚ bola v roku 2014 najmenej prekračená na lokalite Kolové pleso o 36 % (meranie na tejto lokalite bolo spustené s oneskorením oproti ostatným staniciam, 21. 5. 2014) a najviac na lokalite s najnižšou nadmorskou výškou v Starej Lesnej o 113 %. V roku 2015 bolo zaznamenané najnižšie na lokalite T. Lomnica – Štart o 50 %, naopak, najvyššie prekračenie opäť na lokalite Stará Lesná (o 102 %). V roku 2016 bola KÚ na lokalite Kolové pleso prekračená o 42 % a na Skalnatom Plese až o 132 % (obr. 2). K prekračovaniu KÚ dochádzalo od polovice júna až do prelomu júla a augusta. Podľa dosiahnutých výsledkov  $POD_1$  v rokoch 2014–2016 nejavili závislosť od nadmorskej výšky. Okrem koncentrácií ozónu sú  $POD_y$  závislé od ostatných parametrov prostredia, ktoré ovplyvňujú tok ozónu do rastliny. Kým v nižších nadmorských výškach

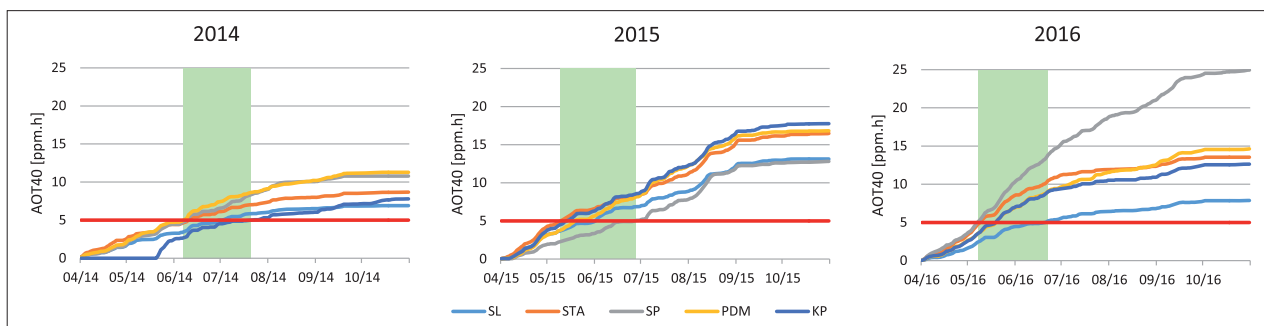
je hlavným limitujúcim faktorom ovplyvňujúcim tok ozónu dostatok pôdnej vlhkosti, vo vyšších polohách je hlavným limitujúcim faktorom suma žiarenia, teplota a dĺžka trvania vegetačnej sezóny.

Index AOT40 dosahoval hodnoty od 6,9 ppm·h (Stará Lesná, 2014) do 24,9 ppm·h (Skalnate Pleso, 2016) (tab. 4). Podobne ako  $CL_{SPEC}$  pre  $POD_1$  tak aj KÚ pre AOT40 stanovená pre ochranu lesných ekosystémov 5 ppm·h bola v rokoch 2014–2016 prekračená na všetkých sledovaných lokalitách.

Zistili sme rozsah prekračenia od 38 % v Starej Lesnej do 126 % v Tatranskej Javorine v roku 2014, od 156 % na Skalnatom Plese do 256 % na Kolovom plese v roku 2015, a od 58 % v Starej Lesnej do 398 % na Skalnatom Plese v roku 2016 (obr. 3). K najskoršiemu prekračeniu KÚ došlo na lokalite Skalnate Pleso (8. 5. 2016), k najneskoršiemu na lokalitách Stará Lesná (29. 6. 2014) a Kolové pleso (21. 7. 2014 – meranie začalo 21. 5. 2014). Kritická úroveň AOT40 bola prekračená v priebehu mája a júna. Rovnako ako pri  $POD_1$ , ani u AOT40 sme nezistili významnú závislosť od nadmorskej výšky. Vysoké hodnoty AOT40 v roku 2015 boli ovplyvnené nadpriemernými koncentraciami ozónu počas vegetačnej sezóny, ale aj aktuálnymi poveternosťnými podmienkami, najmä vysokou teplotou a vyššími dávkami slnečného žiarenia v letnom období. Model  $DO_3SE$  umožňuje výpočet AOT40 s využitím rovnakých vstupných parametrov ako pri výpočte tokov ozónu. To znamená, že denné hodiny sú definované úrovňou globálnej radiácie vyššej ako  $50 \text{ W}\cdot\text{m}^{-2}$  a vegetačná sezóna je definovaná na základe zemepisnej šírky (pri všeobecnej parametrizácii modelu) namiesto fixne stanoveného vegetačného obdobia apríl–september.

#### 4. DISKUSIA

Už v minulosti sa vyskytli pokusy posudzovať poškodenie ozónom na základe aktívneho príjmu ozónu rastlinou. Za týmto účelom sa dodnes využívajú najmä metódy na prin-



Obr. 5 Vývoj indexu AOT40 a prekračovanie kritických úrovní pre smrek v roku 2014–2016 na lokalitách Stará Lesná (SL), Štart (STA), Skalnaté Pleso (SP), Tatranská Javorina (PDM) a Kolové pleso (KP). Červenou čiarou je vyznačená kritická úroveň AOT40 (5 ppm·h) pre lesné dreviny.

Fig. 5. Course of index AOT40 and exceedances of critical level for spruce during 2014–2016 period at study sites of Stará Lesná (SL), Štart (STA), Skalnaté Pleso (SP), Tatranská Javorina (PDM) and Kolové pleso (KP). The critical level of AOT40 for forest tree species (5 ppm·h) is marked by red line.

cípe eddy-kovariancie (Kammer et al. 2019). Napríklad Zeller a Nikolov (2000), určili v roku 1996 celkový stomatálny tok do jedľovo-smrekového porastu  $1,72 \text{ g-O}_3\text{-m}^{-2}\text{-rok}^{-1}$ , čo zodpovedá  $\text{POD}_0$  cca  $35,83 \text{ mmol}\cdot\text{m}^{-2}\text{ PLA}\cdot\text{rok}^{-1}$ , to je zhruba o 1/3 viac ako bolo dosahované  $\text{POD}_0$  na výskumných plochách vo Vysokých Tatrách ( $19,43\text{--}30,92 \text{ mmol}\cdot\text{m}^{-2}\text{ PLA}\cdot\text{rok}^{-1}$ ) (tab. 4). Okrem toho navrhli index POUPULA (Physiological Ozone Uptake Per Unit of Leaf Area), ktorý predstavoval celkový tok ozónu do rastliny vydelený listovou plochou. Musselman a Massman (1998) uvažovali aj s detoxifikačnou kapacitou rastliny, ktorú v súčasnosti poznáme pod pojmom  $Y$ .

Druhovo špecifické hodnoty  $\text{POD}_1$  pre smrek sa na výskumných plochách vo Vysokých Tatrách pohybovali v rozsahu od  $13,1$  do  $21,4 \text{ mmol}\cdot\text{m}^{-2}\text{ PLA}$  a hodnoty AOT40 v rozsahu od  $6,9$  ppm·h do  $24,9$  ppm·h. Podobné výsledky boli zistené aj výskumom realizovaným v Českej republike, kde v roku 2009 boli pre smrek na lokalite Bílý Kříž dosiahnuté hodnoty  $\text{POD}_1$   $14,1 \text{ mmol}\cdot\text{m}^{-2}\text{ PLA}$  a AOT40 na úrovni  $11,6$  ppm·h. (Zapletal et al. 2012). V porovnaní s pilotnou štúdiou, ktorú sme vykonali po prvom roku merania na našich výskumných plochách (Bičárová et al. 2016), bol rozsah výsledkov pre  $\text{POD}_1$  vyšší v porovnaní s citovanou štúdiou z Čiech. Hodnota AOT40 bola približne na rovnakej úrovni.

V roku 2017 bol revidovaný manuál ICP Vegetation časť III. Mapovanie kritických úrovní pre vegetáciu (III. Mapping critical levels for vegetation) (CLRTAP 2017). Novo definovaná kritická úroveň pre ochranu smreka sa zvýšila z  $8 \text{ mmol}\cdot\text{m}^{-2}\text{ PLA}$ , (CLRTAP 2010) na  $9,2 \text{ mmol}\cdot\text{m}^{-2}\text{ PLA}$ . Pri dosiahnutí kritickej úrovne sú škody na prírastku 2 % ešte akceptovateľné. Pôvodná i upravená kritická úroveň boli prekročené na všetkých sledovaných plochách a vo všetkých troch rokoch merania (obr. 2) vo Vysokých Tatrách.

Prekročenia o 36 až 132 % by teoreticky mali viesť k strate na prírastku u smreka o 2,7–4,3 % v roku 2014, 3,0–4,1 % v roku 2015 a 2,9–5,5 % v roku 2016 (CLRTAP 2017), čo však nie je až taká vysoká strata, ako by sa mohla javiť pri prekračovaní KÚ až o 132 %. Pri hodnotení potenciálneho rizika ozónu prostredníctvom fyto toxických ozónových dávok pre lesné ekosystémy je navyše potrebné vziať do úvahy fakt, že súčasne navrhované kritické úrovne  $\text{POD}_1$  pre buk a smrek vychádzajú z experimentov na mladých jedincoch do 15 rokov (napr. Braun a Flückiger 1995; Büker et al. 2015; Karlsson et al.

2004). U lesných drevín zvyčajne mladé jedince reagujú inak ako dospelé a v budúcnosti bude nevyhnutné revidovať navrhované kritické úrovne na základe podrobného, tzv. „dose-effect“ výskumu na dospelých drevinách (CLRTAP 2017).

Prekračovanie kritickej úrovne AOT40 býva vo fotochemicky priaznivých rokoch výrazne vyššie ako prekračovanie kritickej úrovne  $\text{POD}_1$  a väčšinou nezodpovedá skutočnému poškodeniu lesných drevín. V predchádzajúcich prácach bolo preukázané, že akumulovaný stomatálny tok ( $\text{POD}_1$ ) lepšie vyjadruje vplyv ozónu na lesné dreviny (pokles prírastku, viditeľné poškodenie a pod.) než expozičný index AOT40 (Emberson et al. 2007).

## 5. ZÁVER

V štúdií sme sa zamerali na hodnotenie prekračovania kritických úrovní ozónu prostredníctvom inovovaných prístupov, ktoré využívajú fúziu priamych meraní a modelových výpočtov na zisťovanie stomatálnych tokov ozónu do rastliny. Výsledky modelového výpočtu  $\text{POD}_1$  i AOT40 naznačujú, že lesné porasty Vysokých Tatier sú vystavené vysokému riziku poškodenia prízemným ozónom, najmä vo vyšších nadmorských výškach. Pre ďalšie použité imisných limitov pre fyto toxické ozónové dávky bude nevyhnutné spresnenie stanovíšťa a druhovo špecifických parametrov, ktoré ovplyvňujú stomatálny príjem ozónu rastlinou (tzv. lokálna parametrizácia modelu). Napriek nespornému prínosu nového konceptu  $\text{POD}$ , jeho širšie uplatnenie je obmedzené z dôvodu požiadavky na vstupné údaje a potreby špecifikácie parametrov pre modelový výpočet. Na väčšine lesných monitorovacích plôch nie je k dispozícii potrebné meracie vybavenie, potrebná je tiež presnejšia parametrizácia modelových vstupov. Hodnotenie potenciálneho rizika ozónu je možné iba prostredníctvom expozičných imisných limitov, akým je všeobecne používaný AOT40.

### Podakovanie:

Táto práca bola podporovaná Agentúrou na podporu výskumu a vývoja na základe zmlúv č. APVV-0429-12 a APVV-16-0325. Za poskytnutie meteorologických údajov z lokality Tatranská Lomnica – Štart ďakujeme Technickej univerzite vo Zvolene a jej pracovníkom, ktorí meteorologickú stanicu prevádzkujú (doc. K. Střelcová, PhD., Ing. A. Leštiánska, PhD.). Za spoluprácu pri realizácii ozónových meraní na Lomnickom štíte ďakujeme pracovníkom Ústavu experimentálnej fyziky SAV (R. Langer, M. Kollárik, S. Štefánik) a podpore projektu VEGA 0155-18.



#### Literatúra:

- BIČÁROVÁ, S., PAVLEDOVÁ, H., FLEISCHER, P., 2013. Vulnerability to ozone air pollution in different landforms of Europe. In: SETHI, R. (ed.): Air pollution: Sources, prevention and health effects. Nova Science Publishers, New York, s. 25–63. ISBN 978-1-62417-746-0.
- BIČÁROVÁ, S., SITKOVÁ, Z., PAVLEDOVÁ, H., 2016. Ozone phytotoxicity in the Western Carpathian Mountains in Slovakia. *Lesnícký časopis/Forestry Journal*, Vol. **62**, s. 77–88, ISSN 0323-1046.
- BRAUN, S., FLÜCKIGER, W., 1995. Effects of ambient ozone on seedlings of *Fagus sylvatica* L. and *Picea abies* (L.) Karst. *New Phytologist*, Vol. **129**, s. 33–44, ISSN 1469-8137.
- BÜKER, P., FENG, Z., UDDLING, J., BRIOLAT, A., ALONSO, R. et al., 2015. New flux based dose-response relationships for ozone for European forest tree species. *Environmental Pollution*, Vol. **206**, s. 163–174, ISSN 0269-7491.
- CLRTAP, 2010. Mapping Critical Levels for Vegetation, Chapter III of Manual on methodologies and criteria for modelling and mapping critical loads and levels and air pollution effects, risks and trends. UNECE Convention on Long range Transboundary Air Pollution, [www.icpmapping.org](http://www.icpmapping.org).
- CLRTAP, 2017. Mapping Critical Levels for Vegetation, Chapter III of Manual on methodologies and criteria for modelling and mapping critical loads and levels and air pollution effects, risks and trends. UNECE Convention on Long range Transboundary Air Pollution, [www.icpmapping.org](http://www.icpmapping.org).
- COMRIE, A. C., 1994. A synoptic climatology of rural ozone pollution at three forest sites in Pennsylvania. *Atmospheric Environment*, Vol. **28**, s. 1601–1617, ISSN 1352-2310.
- EEA, 2018. Air quality in Europe – 2018 report, EEA Report No 12/2018 [online]. European Environment Agency [cit. 29. 10. 2018]. Dostupné WWW: <https://www.eea.europa.eu/publications/air-quality-in-europe-2018>, ISSN 1977-8449.
- EMBERSON, L. D., ASHMORE, M. R., CAMBRIDGE, H. M., SIMPSON, D., TUOVINEN, J.-P., 2000. Modelling stomatal ozone flux across Europe. *Environmental Pollution*, Vol. **109**, s. 403–413, ISSN 0269-7491.
- EMBERSON, L. D., BÜKER, P., ASHMORE, M. R., 2007. Assessing the risk caused by ground level ozone to European forest trees: A cause study in pine, beech and oak across different climate regions. *Environmental Pollution*, Vol. **147**, s. 454–466, ISSN 0269-7491.
- GRABER, W. K., ANDREANI-AKSOYGLU, S., KELER, J. E., ROSSELET, C. M., 1995. Multi-parcel Lagrangian model for quantification of influence of alpine air mass exchange on photo-oxidant production. *Atmospheric Environment*, Vol. **29**, s. 2961–2976, ISSN 1352-2310.
- KAMMER, J., LAMAUD, E., BONNEFOND, J. M., GARRIGOU, D., FLAUD, P. M., PERRAUDIN, E., VILLENAVE, E., 2019. Ozone production in a maritime pine forest in water-stressed conditions. *Atmospheric Environment*, Vol. **197**, s. 131–140.
- KARLSSON, P. E., BRAUN, S., BROADMEADOW, M., ELVIRA, S., EMBERSON, L. et al., 2007. Risk assessment for forest trees: The performance of the ozone flux versus AOT concepts. *Environmental Pollution*, Vol. **146**, s. 608–616, ISSN 0269-7491.
- KARLSSON, P. E., MEDIN, E. L., OTTOSSON, S., SELLEDE´N, G., WALLIN, G. et al., 2004. A cumulative ozone uptake-response relationship for the growth of Norway spruce saplings. *Environmental Pollution*, Vol. **128**, s. 405–417, ISSN 0269-7491.
- KREMLER, M., 2006. Modelovanie výmeny látok medzi zložkami prírodného prostredia: Prízemný ozón. [Dizertačná práca], Bratislava: FMFI UK, 170 s.
- MATYSSEK, R., BYTNEROWICZ, A., KARLSSON, P.-E., PAOLETTI, E., SANZ, M., SCHAUB, M., WIESER, G., 2007. Promoting the flux concept for European forest trees. *Environmental Pollution* Vol. **146**, s. 587–607, ISSN 0269-7491.
- MATYSSEK, R., KOZOVITS, A. R., SCHNITZLER, J. P., PRETZSCH, H., DIELER, J., WIESER, G., 2014. Forest Trees Under Air Pollution as a Factor of Climate Change. In: TAUSZ, M., GRULKE, N. (eds): Trees in a Changing Environment. Plant Ecophysiology, Vol. **9**. Springer, Dordrecht, s. 117–163, ISBN 978-94-017-9100-7.
- MILLS, G., PLEIJEL, H., BRAUN, S., BÜKER, P., BERMEJO, V. et al., 2011. New stomatal flux-based critical levels for ozone effects on vegetation. *Atmospheric Environment*, Vol. **45**, s. 5064–5068, ISSN 1352-2310.
- MINĐÁŠ, J., ŠKVARENINA, J., 2004. Lesy Slovenska a znečistenie ovzdušia. Zvolen: Technická univerzita vo Zvolene, 149 s., ISBN 80-228-1413-X.
- MUSSELMAN, R. C., MASSMAN, W. J., 1998. Ozone flux to vegetation and its relationship to plant response and ambient air quality standards. *Atmospheric Environment*, Vol. **33**, s. 5–73, ISSN 1352-2310.
- PAVLEDA, P., PAJTÍK, J., PRIWITZER, T. et al., 2014. Monitoring lesov Slovenska. Správa za ČMS Lesy za rok 2013. Zvolen: NLC-LVÚ Zvolen, 143 s., ISBN 978-80-8093-195-7.
- PIHL-KARLSSON, G., KARLSSON, P. E., SOJA, G., VANDERMEIREN, K., PLEIJEL, H., 2004. Test of the short-term critical levels for acute ozone injury on plants – improvements by ozone uptake modelling and the use of an effect threshold. *Atmospheric Environment*, Vol. **38**, s. 2237–2245, ISSN 1352-2310.
- ŠĽASTNÝ, P., FAŠKO, P., PECHO, J., LABUDOVÁ, L., IVANÁKOVÁ, G. et al., 2017. Rok 2016: mimoriadne teplý a veľmi bohatý na atmosférické zrážky [online]. Slovenský hydrometeorologický ústav. Aktuality SHMÚ. [cit. 17. 1. 2018]. Dostupné z WWW: <http://www.shmu.sk/sk/?-page=2049&id=796>.
- ZAPLETAL, M., PRETEL, J., CHROUST, P., CUDLÍN, P., EDWARDS-JONÁŠOVÁ, M., URBAN, O. et al., 2012. The influence of climate change on stomatal ozone flux to a mountain Norway spruce forest. *Environmental Pollution*, Vol. **169**, s. 267–273, ISSN 0269-7491.
- ZELLER, K. F., NIKOLOV, N. T., 2000. Quantifying simultaneous fluxes of ozone, carbon dioxide and water vapor above a subalpine forest ecosystem. *Environmental Pollution*, Vol. **107**, s. 1–20, ISSN 0269-7491.

Lektori (Reviewers): doc. RNDr. Iva Hůnová, CSc.,  
RNDr. Ladislav Metelka, CSc.

## FACE (OZONE FREE-AIR CONTROLLED EXPOSURE FACILITY) V ITALSKÉM SESTO FIORENTINO: EXPERIMENTY ZAMĚŘENÉ NA SLEDOVÁNÍ VLIVU PŘÍZEMNÍHO OZONU NA ROSTLINY V REÁLNÝCH PODMÍNKÁCH

Přízemní ozon (dále v textu  $O_3$ ) hraje zásadní roli v atmosférické chemii (Prinn 2003; Singh, Fabian 2003; Monks et al. 2015). Kromě toho, že je sám o sobě významným oxidačním činidlem, je prekursorem oxidačního činidla ještě mnohem účinnějšího, a sice radikálu  $\bullet OH$ , a tak se zcela zásadně podílí na zvýšení oxidační kapacity atmosféry. Tím napomáhá k odstraňování řady látek oxidačními reakcemi a přispívá k samočištění atmosféry (Finlayson-Pitts, Pitts Jr. 1997; Seinfeld, Pandis 1998).  $O_3$  je též významným skleníkovým plynem a přispívá tak ke klimatické změně (Isaksen 2003; Simpson et al. 2014). Na rozdíl od ozonu stratosférického má přízemní ozon prokazatelně toxické účinky na biosféru, které se při zvýšených koncentracích projevují negativními účinky na veškerou živou přírodu včetně člověka (EEA 2016). I v ČR jsou dosahované koncentrace  $O_3$  vysoké (ČHMÚ 2018) a mají značný fytotoxický potenciál (Hůnová, Schreiberová 2012).

Nelze se tedy divit, že výzkumu monitorování i modelování  $O_3$  je věnována stále značná pozornost a mezinárodní odborná komunita se setkává na nejrůznějších konferencích, seminářích a workshopech několikrát do roka. V květnu 2018 se konala v italské Florencii mezinárodní konference „Ozone and Plant Ecosystems“ věnovaná ovlivnění rostlinných ekosystémů přízemním ozonem a probírajícím toto téma z nejrůznějších aspektů. V rámci konference byla uspořádána odborná exkurze do unikátního zařízení pro studium účinků zvýšených koncentrací  $O_3$  a ostatních stresových faktorů na vegetaci v běžných podmínkách prostředí, navrženého, realizovaného a provozovaného italskou Národní vědeckou radou (National Research Council, NRC) v Sesto Fiorentino, na jinak poměrně nezajímavém předměstí Florencie.

Zařízení známé pod akronymem  $FO_3X$  (Free air  $O_3$  exposure) je unikátním systémem pro sledování vlivu zvýšených koncentrací  $O_3$  na vegetaci v reálných podmínkách (Paoletti et al. 2017). Sestává z devíti ploch o rozměrech  $5 \times 5 \times 2$  m, na kterých mohou být regulovány a měřeny imisní koncentrace  $O_3$ . Experimentální uspořádání umožňuje zkoumat účinky nejen  $O_3$ , ale i jiných abiotických stresových faktorů – a to buď samostatně, nebo ve vzájemné kombinaci – na řadu vegetačních parametrů. Jedná se zejména o růst, charakteristiky kořenového systému, výměnu plynů, emise biogenních těkavých organických látek (BVOC, Biogenic Volatile Organic Compounds), obsah živin, antioxidanty. Každá plocha je vybavena sofistikovaným systémem vertikálních tenkých teflonových trubiček opatřených miniaturními otvory, které zajišťují přívod a disperzi normálního okolního vzduchu a ozonu v celém objemu  $50 \text{ m}^3$ . Simulují se tři rozdílné režimy: expozice běžným vzduchem z okolí (AA, ambient air), expozice střední úrovni  $O_3$  ( $O_3I$ ) a expozice zvýšenou úrovní  $O_3$  ( $O_32$ ). Každý z těchto režimů je replikován třikrát, aby bylo zajištěno získání spolehlivých, nenáhodných výsledků. Exponované rostliny mohou být pěstovány buď přímo v půdě, nebo v květináčích. Je možné sledovat i to, jak rostliny reagují na  $O_3$  při současném stresu navozeném půdním suchem, zvýšenou salinitou, různou dostupností živin v půdě apod. V podrobném časovém rozlišení (1 min–1 hod) se sledují i hlavní envi-



Obr. 1 Pohled na zařízení umožňující exponovat rostliny zasazené v květináčích, nebo přímo v půdě různým koncentracím  $O_3$ . Foto: I. Hůnová



Obr. 2 Makroskopická poškození asimilačního aparátu zvýšenými koncentracemi  $O_3$ , se projevují typickými bronzovými skvrnami mezi žilnatou na svrchní straně listů. Foto: I. Hůnová

ronmentální charakteristiky důležité pro život rostlin: tedy fotosynteticky aktivní záření (část spektra slunečního záření, kterou jsou rostliny schopny využít při fotosyntéze, 400–700 nm), rychlost a směr větru, teplota vzduchu, relativní vlhkost vzduchu a obsah vody v půdě. Experimenty na tomto zařízení byly zahájeny v r. 2015. Počáteční hladiny zvýšených koncentrací ozonu byly nastaveny na  $1,2 \times AA$  a  $1,4 \times AA$ , a trvaly od 1. června do 15. října. Od té doby je experimentální zařízení provozované NRC využíváno v mezinárodním měřítku a umožňuje sledovat působení  $O_3$  na nejrůznější druhy rostlin i dřevin (Fernandes et al. 2019; Hoshika et al. 2018; Zhang et al. 2018). Zařízení je dosti vytížené. Obdobných systémů, a to vesměs na nižší technické úrovni, je jinde na světě v provozu totiž jen velmi málo, a to konkrétně pouze ve Skandinávii (Oksanen 2003), USA (Karnosky et al. 2007) a v Japonsku (Watanabe et al. 2013).

Provozovatelé tohoto jedinečného zařízení, které umožňuje na základě experimentů sledovat změny základních životních funkcí rostlin při různých expozicích přízemního ozonu v kombinaci s jinými environmentálními faktory, zejména těmi, které doprovázejí klimatickou změnu, vítají širokou mezinárodní spolupráci, která by umožnila maximální využití tohoto systému. Nabízejí tak zájemcům poskytnutí kvalitního vědeckého zázemí se špičkovým technickým vybavením pro



jejich experimenty, kryté ovšem finančně vlastními získanými granty. Otevírají tím novou zajímavou možnost, jak posunout vědecké poznání v souvislosti s působením přízemního ozonu na vegetaci a ekosystémy.

#### Literatura:

- EEA, 2016. Air quality in Europe – 2016 report. European Environment Agency, Luxembourg.
- FERNANDES, F. F., ESPOSITO, M. P., GONCALVES DA SILVA, M. R., CARDOSO-GUSTAVSON, P., FURLAN M.C. et al., 2019. The passion fruit liana (*Passiflora edulis* Sims, Passifloraceae) is tolerant to ozone. *Science of the Total Environment*, Vol. **656**, s. 1091–1101.
- FINLAYSON-PITTS, B. J., PITTS, J. N. Jr., 1997. Tropospheric Air Pollution: Ozone, Airborne Toxics, Polycyclic Aromatic Hydrocarbons, and Particles. *Science*, Vol. **276**, s. 1046–1052.
- HOSHIKA Y., MOURA B., PAOLETTI E., 2018. Ozone Risk Assessment in three Oak Species as Affected by Soil Water Availability. *Environmental Science and Pollution Research*, Vol. **25**, s. 8125–8136.
- HŮNOVÁ, I., SCHREIBEROVÁ, M., 2012. Ambient ozone phytotoxic potential over the Czech forests as assessed by AOT40. *iForest*, Vol. **5**, s. 153–162.
- ISAKSEN, I. S. A., 2003. Ozone-climate interactions. Air Pollution Research Report No. 81. EC, Brussels, Belgium.
- KARNOSKY, D. F., WERNER, H., HOLOPAINEN, T., PERCY, K., OKSANEN E et al., 2007. Free-air exposure systems to scale up ozone research to mature trees. *Plant Biology*, Vol. **9**, s. 181–190.
- MONKS, P. S., ARCHIBALD, A. T., COLETTE, A., COOPER, O., COYLE, M. et al., 2015. Tropospheric ozone and its precursors from the urban to the global scale from air quality to short-lived climate forcer. *Atmos. Chem. Phys.*, Vol. **15**, s. 8889–8973.
- PAOLETTI, E., MATERASSI, A., FASANO, G., HOSHIKA, Y., CARRIERO, G., SILAGHI, D., BADEA, O., 2017. A new-generation 3D ozone FACE (free Air Controlled Exposure). *Science of the Total Environment*, Vol. **575**, s. 1407–1414.
- OKSANEN, E., 2003. Responses of selected birch (*Betula pendula* Roth) clones to ozone change over time. *Plant, Cell and Environment*, Vol. **26**, s. 875–886.
- PRINN, R. G., 2003. Ozone, hydroxyl radical, and oxidative capacity, s. 1–19. In: *The Atmosphere* (ed. R.F. Keeling) Vol. **4 Treatise in Geochemistry** (eds. H. D. Holland, K. K. Turekian) Elsevier-Pergamon, Oxford.
- SEINFELDT, J. H., PANDIS, S. N., 1998. Atmospheric Chemistry and Physics. New York.
- SINGH, O. N., FABIAN, P., 2003. Atmospheric Ozone: a Millennium Issue. EGU Special Publication Series 1. Copernicus, Berlin, s. 147.
- SIMPSON, D., ARNETH, A., MILLS, G., SOLBERG, S., UDDLING, J., 2014. Ozone – the persistent menace: Interactions with the N cycle and climate change. *Current Opinion in Environmental Sustainability* 9–10, 9–19.
- WATANABE, M., HOSHIKA, Y., INADA, N., WANG, X., MAO, Q., KOIKE, T., 2013. Photosynthetic traits of Siebold's beech and oak saplings grown under free air ozone exposure in northern Japan. *Environmental Pollution*, Vol. **174**, s. 50–56.
- ZHANG, L., HOSHIKA, Y., CARRARI, E., BADEA, O., PAOLETTI, E., 2018. Ozone risk assessment is affected by nutrient availability: Evidence from a simulation experiment under free air-controlled exposure (FACE). *Environmental Pollution*, Vol. **238**, s. 812–822.

Iva Hůnová

## VYBRANÉ MEZINÁRODNÍ AKTIVITY HYDROLOGŮ ČHMÚ V ROCE 2018

Stejně jako v minulém příspěvku (Ledvinka 2018) budeme předpokládat, že jsou čtenáři tohoto seriálu znalí zkratk běžně užívaných při mezinárodním styku v hydrologii. Ostatní zájemce odkazujeme především na první příspěvek o aktivitách v roce 2016 (Ledvinka 2017), kde byla většina těchto zkratk definována. Přesto i zde na úvod vyvstala potřeba zmínit skutečnosti, které budou mít nadále vliv zejm. na sběr informací potřebných pro sestavení těchto informativních statí. Předně jde o to, že ČHMÚ získal v roce 2018 na svou vědeckou a výzkumnou činnost finanční prostředky v rámci institucionální podpory (tzv. Dlouhodobé koncepce rozvoje výzkumné organizace – DKRVO), která je v současnosti plánována právě na pětileté období 2018–2022. Za prvé lze tedy očekávat, že podobně jako stoupne vědecká úroveň hydrologů ČHMÚ, stoupne také počet navštívených vědecky laděných zahraničních konferencí. Za druhé, neboť pro hydrologii ČHMÚ platí totéž co pro hydrologii světovou – a sice, že se hydrologie vymknula kontrole (Ledvinka 2017) – nebude tu v žádném případě možno podávat vyčerpávající výčet akcí týkajících se nejrůznějších subdisciplín. A protože je autor těchto statí zaměřen na vědeckou hydrologii studující hydrologický cyklus z kvantitativního hlediska, budou zde předkládány spíše informace z této oblasti, přičemž zájemci o jiná témata jsou odkazováni na příspěvky kolegů autora. Nicméně pokud bude autor seznámen s důležitými výsledky zasahujícími do jeho oboru či pověřen zajímat se o takovou zahraniční činnost, budou i ty zde stručně zmiňovány. Ze zjištěných důvodů nadále nepůjde o čisté dělení akcí na ty, kterých se ČHMÚ jako národní hydrologická služba (NHS) v systému OSN účastnit musí (nebo by měl), a na ty, kterých se účastní experti z důvodu udržování nepřetržitého kontaktu se svým oborem.

Ve stručnosti nejprve zmiňme akce, jichž se účastnil ředitel úseku hydrologie (ŘH; od léta 2018 se totiž náměstkové ředitele ČHMÚ nazývají ředitelé úseků) dr. Jan Daňhelka a další kolegové, jejichž aktivity jsou spjaty s operativní hydrologií, hydrologickými předpověďmi či samotným sběrem dat pomocí rozmanité techniky. Ve dnech 7. až 9. května 2018 proběhla v Ženevě ve Švýcarsku akce s názvem HydroConference, která měla podtitul Global Conference for Prosperity through Hydrological Services. Ta bezprostředně souvisela s důležitou rolí NHS ve vztahu k WMO a k jejím členským zemím a k posílení přeshraniční spolupráce. Z akce vzešlo prohlášení, které je možné číst online a také ho lze distribuovat ve formě PDF souboru (blíže viz WMO 2018). Alespoň zčásti se ŘH účastnil též 70. zasedání Výkonné rady WMO, které se konalo opět v Ženevě mezi 20. a 29. červnem 2018. Pokud jde o nejbližší aktivity vzhledem k WMO, je doporučeno sledovat výsledky mimořádného zasedání Komise pro hydrologii (CHy), které má proběhnout v únoru 2019. Původně se nejbližší zasedání CHy plánovalo až na rok 2020, ale z důvodu změny struktury WMO je nutné zasedat dříve (Daňhelka 2018). Dále byla v roce 2018 Mgr. Martina Kimlová z oddělení hydrologických předpovědí po roce opět přítomna na 13. výročním setkání EFAS, tedy odborníků zaměřených na včasné varování před povodněmi v Evropě. Samotná akce se konala ve švédském Norrköpingu, a to ve dnech 13.–14. 3. 2018. Systému EFAS jsou nyní věnovány nové webové stránky v testovacím režimu. Na setkání byl též prezentován jejich vzhled, který napovídá, že Evropská komise má zájem o větší sblížení hydrologické komunity s pracovníky orientujícími se v programu Copernicus na zpracování dat a produktů DPZ pod hlavičkou tzv. Emergency Management Service. Zápis ze setkání a prezentace mohou z internetu stahovat pouze registrovaní uživatelé (blíže viz EFAS 2018). Začátkem září (konkré-



ně od 5. do 8. 9. 2018) se ve francouzském Lyonu uskutečnila konference River Flow 2018 s podtitulem Ninth International Conference on Fluvial Hydraulics. Protože součástí konference byly i sekce zaměřené na měření průtoků, účastnili se jí vybraní pracovníci oddělení aplikované hydrologie. Webová stránka akce upozorňuje na existenci elektronického sborníku příspěvků, který byl recenzován a nyní je také evidován databází Scopus. Jednotlivé příspěvky lze zdarma stahovat z webu firmy EDP Sciences (blíže viz E3S 2018b).

Snad nejdůležitější událostí roku 2018 (alespoň z pohledu ČNVH) bylo 23. zasedání Mezivládní rady IHP UNESCO (IGC-23), které se tradičně po dvou uplynulých letech uskutečnilo v Paříži ve dnech 11.–15. 6. 2018 s tím, že ve čtvrtek 14. 6. 2018 bylo jednání přerušeno a prostor dostalo nově započaté Water Science-Policy Interface Colloquium (SPIC), které nahradilo známé Kovacsovo kolokvium, na jehož organizaci se podílely UNESCO, WMO a IAHS. Na zasedání byl zvolen nový prezident IHP Senegalec Thierno Hamet Baba Ly, který tak ve funkci vystřídal prof. A. Szöllösi-Nagy. Ten se tak dle pravidel stal automaticky (*ex officio*) v rámci Byra IHP místopředsedou pro Region II (ve smyslu volebních regionů), jehož součástí je i Česko. To je ve vztahu k IHP od roku 1993 pouhým pozorovatelem, ale společně se Stálov misí ČR při UNESCO zvažuje kandidaturu do IGC. V meziobdobí před zasedáním doznaly změn i vyšší kruhy UNESCO. Předně na postu prezidentky UNESCO Bulharku Irinu Bokovou vystřídala Audrey Azoulay z Francie. Nejdůležitějším výsledkem jednání bylo schválení rezoluce pojednávající o změně názvu IHP na „Intergovernmental Hydrological Programme“ (tedy „Mezivládní hydrologický program“), který zachovává zavedenou zkratku a také reflektuje současné dění v programu, kde nyní bývají upřednostňovány otázky politické před odbornými. Tento fakt byl ještě více zdůrazněn prezentacemi během SPIC, které bylo z velké části věnováno i otázkám genderu. Očekává se, že po schválení změny názvu IHP nadřazenými tělesy UNESCO (tj. Výkonnou radou a Generální konferencí) se bude v publikacích (a jiných dokumentech) na nový název přecházet postupně a že taková změna nebude finančně příliš náročná. Pokud jde ještě o SPIC, to je koncipováno poněkud jinak než dřívější Kovacsova kolokvia. Tentokrát již nemohli vědci využít posterovou sekci k prezentaci svých výsledků (ta ani nebyla předem ohlášena). Tedy ani český delegát nepředstavil svou mezinárodní spolupráci, jako tomu naopak bylo před dvěma lety (Ledvinka 2017). Je také důležité poznamenat, že v březnu 2018 začala Mezinárodní dekáda vody, která má končit v roce 2028. Avšak i jednotlivé roky v rámci ní budou specifické. Rok 2021 má být Mezinárodním rokem krasu a jeskyní, zatímco rok 2020 Mezinárodním rokem sněhu a ledu. Lze tedy očekávat takto laděné odborné konference v nejbližší době, kterých by si jistě měli všimnout nejen hydrologové ČHMÚ. IGC-23 navázalo rovněž na tradici vedlejších setkání (doprovodných seminářů) v průběhu přestávek. Z pohledu Evropy je třeba zdůraznit existenci Iniciativy o velkých světových řekách (World's Large Rivers Initiative – WLRI), kterou vedou Rakušané, a proto se jejich mítinky konají často ve Vídni. To však neplatí o světových konferencích pořádaných pod hlavičkou této iniciativy. Zde se totiž místa konání střídají, přičemž ta jsou naplňována až do roku 2023 (např. Dakar v Senegal). Dále je třeba vzpomenout tzv. Celosvětovou síť vodních muzeí (Global Network of Water Museums – GNWM), jejíž počátky sahají teprve do roku 2017. Toto sdružení muzeí má svůj sekretariát situovaný v Itálii. Ten sice vybírá poplatky za členství, ale i tak česká muzea mohou o svém členství zauvažovat. Pravidla jsou podrobně popsána na internetu (blíže viz GNWM 2018). Dodejme, že tato síť se díky úsilí Nizozemců stala oficiální ini-

ciativou pod hlavičkou IHP UNESCO, což může být lákavé. Další doprovodné semináře se týkaly především UNESCO center, a to i nově vzniklých. Svou činnost zde prezentovali hlavně Japonci či Korejci. Konečně zmiňme, že IHP je již za polovinou své 8. fáze (2014–2022). Z tohoto důvodu probíhá její hodnocení a je také připravována 9. fáze (2022–2029). Více informací o IGC-23 podává report ze zahraniční služební cesty, který je zveřejněn na webových stránkách ČNVH (blíže viz ČNVH 2018).

S IHP UNESCO souvisely minimálně další dvě až tři akce, které proběhly krátce po sobě na podzim 2018, a někdy dokonce termínově kolidovaly. Reprezentanti Regionální spolupráce podunajských států, a to zejména experti studující povodně v povodí Dunaje pod vedením dr. Pavly Pekárové, zasedali ve Smolenicích na Slovensku ve dnech 29.–31. 10. 2018, přestože tento mítink byl původně ohlášeno na termín ještě před IGC-23. Konkrétně se jednalo o VIII. workshop pracovní skupiny projektu Režim povodní v povodí řeky Dunaj, který je v regionální spolupráci veden pod číslem 9. Důvodem jednání byla příprava monografie, která má tento projekt sumarizovat a v roce 2019 uzavřít (Pekárová 2018a,b). Ovšem workshop byl zároveň spojen s 28. pracovním setkáním reprezentantů národních komitétů IHP. Ten byl na programu dne 30. 10. 2018 od 14:00. Česko zastupoval dr. Petr Janál, ředitel pobočky ČHMÚ v Brně. Probírala se zde především budoucnost regionální spolupráce a bylo navrženo hned několik témat, přičemž zápis ze setkání je stále v přípravě. Na setkání byl také určen hostitel nadcházející 28. Konference podunajských států. Již teď je známo, že jím bude Ukrajina, a to konkrétně město Kyjev od 6. do 8. listopadu 2019 (blíže viz DC 2019). Tam má rovněž proběhnout 29. pracovní setkání reprezentantů IHP.

Ve dnech 5. až 8. listopadu 2018 proběhla 8. celosvětová konference FRIEND-Water, tedy dalšího programu, který funguje pod hlavičkou IHP UNESCO. Tyto celosvětové (globální) konference se konají jednou za čtyři roky. Zde byl francouzský Montpellier, který konferenci hostil v roce 2014, vystřídán čínským Pekingem. Původně měla být konference o den (tj. pátek 9. 11.) delší, ale organizátoři ji na poslední chvíli zkrátili. Českou stranu zde zastupoval pouze dr. Ledvinka, který ve čtvrtek 8. 11. poreferoval o postupu v česko-německém projektu ElbeRegime2100 (Ledvinka 2018). Prezentace se týkala detekování dlouhé paměti v průtokových časových řadách pocházejících ze stanic ve vybraných horských povodích v rámci povodí Labe. Stanice byly zatím vybírány hlavně z německé strany Krušných hor. Bylo zjištěno, že metody odhadu Hurstova exponentu, jednoho z nejdůležitějších parametrů dlouhé paměti, jsou velice citlivé na délku analyzovaných časových řady, jak se potvrzuje i ve studiích o srážkových úhrnech (Markonis, Koutoyiannis 2016). I přes podvečerní čas byla místnost v době prezentace poměrně slušně zaplněná, a to především hydrology z Evropy. Započatý výzkum bude ve spolupráci s německými hydrology pokračovat. Nejprve je však nutné maximálně spolupracovat s organizátory ohledně řádného publikování příspěvků v PIAHS, přičemž v současnosti se čeká na vyjádření recenzentů. Jinak byla konference velice rozmanitá, probíhalo hned několik sekcí paralelně v několika místnostech a bylo těžké si vybírat. Tím spíše, že organizátoři prezentace neseskupili do ucelených tematických celků, přestože ty se velmi dobře nabízejí (např. modelování a umělá inteligence v hydrologii, využití GIS v hydrologii, ekohydrologie, sucho apod.). Asi nezapamatovatelnější projev zde přednesl prof. A. Szöllösi-Nagy, který byl dokonce jedním z tzv. „planetary speakers“. Připomněl, že vodní krizi je třeba řešit nasazením nových metod a technologií, které zohledňují nestacionaritu dat vyvolanou především klima-

tickou změnou. Je zapotřebí brát v úvahu také rozmístění obyvatelstva a sídel na Zemi. Vyzdvihl roli nejen pozemních a distančních měření, ale také integrovaného vodního hospodářství využívajícího výsledky, které přináší hydroinformatika a umělá inteligence. Ve své prezentaci ukázal též produkty radarového oddělení ČHMÚ jako jedny z příkladných.

Jelikož Slovenský výbor pre hydrológiu (tj. slovenský komitét pro IHP UNESCO) je jedním z dlouholetých organizátorů Konference mladých hydrologů (KMH), termín konání jejího dalšího, jubilejního 30. ročníku poněkud zaskočil. Byl totiž stanoven na čtvrtek 8. listopadu 2018, tj. právě na den, kdy zároveň probíhala konference FRIEND-Water v Číně. Dr. Ledvinka tedy vynechal svoji osobní účast na KMH. Na druhou stranu se na ni podílel hodnocením příspěvků, kterých bylo opravdu velké množství. Navíc stoupl i počet českých účastníků. Z celkového počtu 13 příspěvků jich bylo řekněme 3,5 z Česka (to z toho důvodu, že jeden z příspěvků byl dle autorů napůl český a napůl slovenský). Dokonce dva z nich se ocitly na stupních vítězů. Jeden z nich se týkal sezonního hydrologického modelování využitelného na brněnské pobočce ČHMÚ (Ing. Kateřina Knoppová). Druhý pak pojednával o výzkumu sněhové pokrývky vedeném na Přírodovědecké fakultě Univerzity Karlovy (Mgr. Ondřej Hotový). Zdá se, že kvalita Konference mladých odborníků (KMO), jejíž součástí KMH je, roste, o čemž svědčí i existence webových stránek, kde lze stahovat vítězné příspěvky nebo šablony pro rukopisy (blíže viz SHMÚ 2018). Po skončení akce a svém návratu z Číny dr. Ledvinka požádal organizátory o několik kopií CD se sborníkem, který u příležitosti KMO vyšel. Jedna kopie byla dodána do fondu Specializované knihovny ČHMÚ (Blahová et al. 2018).

Protože UNESCO se bez nadsázky potýká s finančními obtížemi, je přeliv odborníků směrem k podobným projektům financovaným Evropskou komisí (EK) naprosto přirozeným a pochopitelným jevem. Nejinak tomu je právě v případě Regionální spolupráce podunajských států. Zejm. díky úsilí Maďarů se v regionu podařilo prosadit projekt DAREFFORT (Ledvinka 2018). Ihned po úspěchu tohoto projektu byly všechny partnerské instituce pozvány do Budapešti na tzv. Kick-off meeting, kde se ve dnech 13.–14. 9. 2018 jednalo o budoucnosti projektu, především pak o povinnostech a úskalích, které s sebou financování z EK přináší. Byl stanoven plán pravidelných setkání a ustaven Řídící výbor (Steering Committee) a Strategický poradní výbor (Strategic Advisory Board). Ve druhém tělese mají figurovat též hydrologové ČHMÚ, kde bude dr. Ledvinka reprezentovat ČNVH a dr. Janál pobočku Brno. Organizátoři v rámci jednání zajistili několik prezentací výsledků obdobných projektů, ze kterých je možné se učit. Partnerské instituce si zatím tyto prezentace a materiály vyměňují skrze server, který je pro veřejnost uzamčen.

Několikrát zde byl zmíněn význam DPZ (hlavně družic) v hydrologii, kterému již byla věnována specializovaná sekce při zasedání CHy v Římě na konci roku 2016, i když ŘH ji ve svém limitovaném informativním příspěvku nezminil (Daňhelka 2017). Nyní je jasné, že si tento význam uvědomuje i MKOL, která původně chtěla DPZ věnovat celodenní seminář v únoru 2018. Z tohoto semináře však nakonec sešlo a připravené prezentace byly přesunuty do odpoledního bloku workshopu, který byl v německém Magdeburgu pořádán v úterý 10. 4. 2018 před zasedáním skupiny Povodňová ochrana (Flood Protection – FP) MKOL (to jako takové proběhlo až ve středu 11. 4. 2018). Toto setkání mělo velice dlouhý název: Workshop k přezkumům předběžného vyhodnocení povodňových rizik a map povodňového nebezpečí a povodňových rizik v mezinárodní oblasti povodí Labe. Za ČHMÚ se jej zúčastnili Ing. Kulasová,



23. zasedání Mezivládní rady IHP UNESCO (IGC-23) se uskutečnilo v Paříži ve dnech 11.–15. 6. 2018. Foto: O. Ledvinka.

Ing. Kubát a dr. Ledvinka. Česká delegace byla ale mnohem početnější. Prezentace o družicových snímcích, produktech z nich vytvořených a jejich aplikování při mapování povodňového rizika se týkaly výhradně německého území, avšak lze očekávat, že se čeští hydrologové od Němců budou rychle učit a začnou tyto produkty využívat také. Workshop se nezabýval jen družicemi, z nichž některé jsou provozovány tak, aby jejich snímky byly dostupné zdarma (např. v rámci evropského programu Copernicus). Představen byl též progres při aplikování geografických informačních systémů (GIS) vzhledem k problematice mapování povodňového rizika. Je až neuvěřitelné, s jakým detailem jsou němečtí hydrologové schopni pracovat. S aktivitami MKOL také souviselo uspořádání Magdeburského semináře o ochraně vod v Praze od 18. do 19. 10. 2018, na kterém však autor této stati přítomen nebyl. MKOL na svých webových stránkách nabízí ke stažení sborník příspěvků ve formátu PDF. Z něho je patrné, že téma semináře bylo velmi aktuální (sucho) a že na reprezentaci české vědecké hydrologie se zde podílely spíše univerzity. Ke sborníku jsou na stránkách připojeny i prezentace autorů, kteří s jejich zveřejněním souhlasili (blíže viz MSOV 2018). Na závěr k aktivitám MKOL připomeňme, že se experti ČHMÚ nedávno podíleli na tvorbě velice zajímavé dvoujazyčné publikace pojednávající o hydrologickém vyhodnocení sucha v povodí Labe v roce 2015, která má i svůj elektronický protějšek (Kulasová et al. 2017).

I v roce 2018 se ve Vídni uskutečnilo Valné shromáždění Evropské geovědní unie (tedy EGU2018). Tentokrát mu byly věnovány dny od 8. do 13. dubna. Hydrologii ČHMÚ reprezentovali dr. Vojtěch Svoboda a Mgr. Martin Pecha z oddělení povrchových vod (OPV). Jejich posterová prezentace se týkala aktuálního období sucha, a to poněkud paradoxně extrémní srážkové epizody, která nastala ve středních Čechách v červnu 2017 (Svoboda, Pecha 2018). Díky porovnání s podobnou epizodou v červnu 2013 bylo na příkladu povodí Radotínského potoka zjištěno, že při tvorbě odtoku výrazně záleží na předchozích podmínkách. Vyprahlá krajina totiž stihá pojímat srážkovou vodu do takové míry, že odtoková odezva je navzdory očekávání jen velmi malá (červen 2017). Oproti tomu za situací, kdy je krajina nasycená mnohem více, vykazují odtokové koeficienty větší hodnoty (červen 2013). Kromě těchto dvou expertů se EGU2018 účastnil též dr. Elleder, který pro tuto příležitost připravil tzv. PICO prezentaci o vztahu výskytu povodní na Vltavě v Praze k pohybu Slunce okolo těžiště sluneční soustavy (Elleder 2018). V rámci EGU2018 dr. Elleder rovněž reprezentoval hydrologii ČHMÚ na schůzi expertů PAGES zaměřených na povodně. Jelikož v ČHMÚ pokračují práce na vyhodnocení suchého



období 2014–2018, bude jistě vhodné tyto výsledky prezentovat na příštím EGU2019 (opět Vídeň, 7.–12. 4. 2019). Svou prezentaci na toto téma již připravují dr. Pavel Kukla a Ing. Hana Kourková z OPV. Navíc je teď jisté, že alespoň výsledky práce dr. Ledvinky budou na EGU2019 přítomny také. V roce 2018 totiž spolupracoval více s vědci z univerzit, díky čemuž jsou v přípravách dvě prezentace o výzkumu sněhové pokrývky ve vybraných pohorích Česka. S tím vlastně i částečně souvisela posterová prezentace vystavená v rakouském Innsbrucku dr. Romanem Jurasem v rámci workshopu International Snow Science mezi 7. a 12. říjnem 2018 (Juras et al. 2018).

Pokud jde o měsíc duben, polští kolegové z Vratislavské polytechniky pozvali dr. Ledvinku na jubilejní 10. ročník konference EKO-DOK (tj. EKO-DOK 2018), kde měl opět působit coby člen vědeckého výboru zodpovědného za recenzování příspěvků (dr. Ledvinka konkrétně recenzoval tři). Jak bylo avizováno (Ledvinka 2018), došlo ke změně místa konání a polské městečko Boguszów-Gorce bylo tedy ve dnech 16.–18. 4. 2018 vystřídáno lázeňským městečkem Polanica-Zdrój, které se rovněž nachází nedaleko hranic s Českem a je v Polsku vyhledávaným rekreačním střediskem. Společně s Ing. Matějem Jedličkou z oddělení hydrofondu a bilancí připravil dr. Ledvinka článek s využitím uvolněných hydrometeorologických dat (Ledvinka, Jedlička 2018). Na delších časových řadách průtoků, srážkových úhrnů a teploty vzduchu v denním kroku bylo pomocí metody založené na analýze vlnek konstruováno vlnkové spektrum a z tohoto spektra dále odhadován Hurstův exponent. Článek jasně poukazuje na rozdíly jak ve spektrech, tak hodnotách exponentu pro různé hydrometeorologické prvky, se kterými je nutné počítat při dalším modelování. Tento příspěvek do konference byl řádně publikován v recenzovaném sborníku, který je dnes evidován databázemi Scopus a Web of Science (bližší viz E3S 2018a). Přestože organizátoři v minulém roce slibovali, že konference bude kompletně vedena v anglickém jazyce, nestalo se tak úplně. Některé prezentace byly stále vedeny v jazyce polském. Byl však znatelný jejich pokles ve prospěch angličtiny, což je jen dobře. Českým hydrologům je tedy nadále doporučováno konference EKO-DOK sledovat, přičemž příští ročník (tj. EKO-DOK 2019) je již naplánován na dny 8.–10. 4. 2019. Dějištěm bude znovu Polanica-Zdrój. Novinkou je možnost publikování příspěvků nakladatelstvím Springer.

Dr. Ledvinka byl v roce 2018 polskými kolegy z Vratislavi vyzván také k činnosti (mj. šlo o recenzi rukopisu o analýze indexů sucha) ve vědeckém výboru Semináře aplikované matematiky (SAM), který má již poměrně dlouhou tradici. Jeho 48. ročník proběhl ve výše zmiňovaném městečku Boguszów-Gorce od neděle 9. do úterý 11. září. Oproti dřívějším ročníkům rozdíl spočíval v tom, že se organizátoři zaměřili na publikaci sborníku v anglickém jazyce, jako tomu je v případě EKO-DOK. Dr. Ledvinka se ve své prezentaci zabíral analýzou trendu v hydrologii a představil jakýsi přehled testů, o kterých se doposud dozvěděl během svých studií a ve své praxi. SAM 2018 oplýval významnými hosty nejen z Polska. Hlavním řečníkem se stal prof. Hans von Storch z Německa, který vyzdvihl problematiku šumu v klimatologických (geofyzikálních) datech. Přitom zmínil, že je hlavním editorem odnože Climate Science (CS) Oxfordské vědecké encyklopedie (Oxford Research Encyclopedia – ORE; bližší viz ORE-CS 2019). Dr. Ledvinka byl požádán o sestavení kapitoly pro tuto encyklopedii, kde by mělo být stěžejním tématem detekování trendu v hydrologii. Kromě toho byl dr. Ledvinka pobídnut k další spolupráci s polskými matematiky, a to při organizaci nejen SAM. Jelikož se zdá, že polská aplikovaná matematika má velmi blízko k hydrologii a klimatologii, nezbývalo než souhlasit. Účast českých

hydrologů na dalších ročnících SAM je více než doporučována, a to i vzhledem k tomu, že jeho organizátoři jasně cílí na vědecké databáze Scopus a Web of Science.

Ne u všech setkání však byla udržena kontinuita návštěv hydrologů ČHMÚ. To se týkalo především workshopu statistické hydrologie STAHY 2018, který proběhl ve vzdálené Austrálii v Adelaide. Jelikož však organizátoři zvolili opět spolupráci s německou firmou Copernicus Publications, byly k tomuto setkání zřízeny webové stránky, které, doufejme, vydrží online ještě dlouho. V nabídce programu je totiž možné stále pročítat abstrakty prezentací (bližší viz STAHY 2018). V příštím ročníku STAHY 2019 v čínském Nanjingu (bližší viz STAHY 2018) nastane velice pravděpodobně podobná situace, protože hydrologové ČHMÚ nyní dávají ze vzdálenějších destinací přednost kanadskému Montrealu, kde se v červenci 2019 bude konat 27. valné shromáždění Mezinárodní unie geodetické a geofyzikální, již je IAHS součástí (bližší viz IUGG 2019). Poznamenejme, že ani na mediálně známé konferenci COP24 (24<sup>th</sup> Conference of the Parties to the United Nations Framework Convention on Climate Change), konané v polských Katovicích v prosinci 2018, nikdo z hydrologie ČHMÚ neparticipoval, tedy alespoň dle zveřejněného seznamu registrovaných účastníků. To se ovšem netýkalo klimatologů ČHMÚ (bližší viz UNFCCC 2018).

Na úplný závěr je vhodné ještě upozornit na blížící se konferenci MOXXI 2019, na jejíž organizaci se podílejí WMO, IAHS a CUAHSI (Consortium of Universities for the Advancement of Hydrologic Science), kde bude hlavním tématem hydrometrie (bližší viz IAHS 2019). Tato akce se uskuteční v New Yorku od 11. do 13. března 2019 a z ČHMÚ se na ni již chystá Mgr. Libor Ducháček z oddělení aplikované hydrologie, který si připravuje prezentaci o vývoji vybavení ČHMÚ hydrologickou přístrojovou technikou. Doufejme, že se takovéto konference budou těšit zájmu hydrologů ČHMÚ i nadále, a to zejm. nyní za institucionální podpory. Nechť mají hydrologové ČHMÚ úspěšný mezinárodní rok 2019!

#### Literatura:

- BLAHOVÁ, A., MATOKOVÁ, K., LEŠKOVÁ, D., MASÁR, T. (eds.), 2018. *Konferencia mladých odborníkov 2018: Zborník súťažných prác mladých odborníkov*. Bratislava: Slovenský hydrometeorologický ústav. ISBN 978-80-88907-98-5.
- ČNVH, 2018. Český národní výbor pro hydrologii. Zprávy o činnosti ČNVH a zprávy ze zahraničních cest [online]. [cit. 14. 1. 2019]. Dostupné z WWW: <http://cnvh.cz/index.php/sample-sites-2/zpravy-o-cinnosti-cnvh>.
- DAÑHELKA, J., 2017. 15. zasedání Komise pro hydrologii WMO a Hydrologické fórum RA VI. *Meteorologické zprávy*, roč. **70**, č. 2, s. 57. ISSN 0026-1173.
- DAÑHELKA, J., 2018. Zamýšlená změna struktury WMO. *Meteorologické zprávy*, roč. **71**, č. 5, s. 143. ISSN 0026-1173.
- DC, 2019. Danube Conference 2019 [online]. [cit. 14. 1. 2019]. Dostupné z WWW: [https://uhmi.org.ua/conf/danube\\_conference\\_2019/home/](https://uhmi.org.ua/conf/danube_conference_2019/home/).
- E3S, 2018a. E3S Web of Conferences [online]. [cit. 14. 1. 2019]. Dostupné z WWW: <https://www.e3s-conferences.org/articles/e3sconf/abs/2018/19/contents/contents.html>.
- E3S, 2018b. E3S Web of Conferences [online]. [cit. 14. 1. 2019]. Dostupné z WWW: <https://www.e3s-conferences.org/articles/e3sconf/abs/2018/15/contents/contents.html>.
- EFAS, 2018. EFAS Annual Meeting in Norrköping, Sweden 13-14 March 2018 [online]. [cit. 14. 1. 2019]. Dostupné z WWW: <http://new-efas-test.efas.eu/en/news/efas-annual-meeting-norrkoping-sweden-13-14-march-2018>.



- ELLEDER, L., 2018. The Vltava River floods in context of solar inertial motion [online]. *Geophysical Research Abstracts*. Vol. 20, Article No. EGU2018-6936. Dostupné z WWW: <https://meetingorganizer.copernicus.org/EGU2018/EGU2018-6936.pdf>.
- GNWM, 2018. Global Network of Water Museums [online]. [cit. 14. 1. 2019]. Dostupné z WWW: <https://www.watermuseums.net/>.
- IAHS, 2019. MOXXI 2019 [online]. [cit. 14. 1. 2019]. Dostupné z WWW: <https://iahs.info/Commissions--W-Groups/Working-Groups/MOXXI/Information/MOXXI-2019.do>.
- IUGG, 2019. 27<sup>th</sup> IUGG General Assembly [online]. [cit. 14. 1. 2019]. Dostupné z WWW: <http://iugg2019montreal.com/>.
- JURAS, R., BLÖCHER, J., JENÍČEK, M., LEDVINKA, O., 2018. Effect of snow cover on hydrological response during rain-on-snow events. *Unpublished* [online]. [cit. 14. 1. 2019]. Dostupné z: doi:10.13140/rg.2.2.29912.34565.
- KULASOVÁ, B., BELZ, J. U., BOHÁČ, M., ČEKAL, R., DREIBRODT, J., KENDÍK, T., KREMSA, J., MARCHE, N., WALTHER, P., 2017. *Hydrologické vyhodnocení sucha v povodí Labe v roce 2015* [online]. Magdeburg: Mezinárodní komise pro ochranu Labe. Dostupné z WWW: <https://www.ikse-mkol.org/cz/aktuelles/sucho-2015/>.
- LEDVINKA, O., 2017. Vybrané mezinárodní aktivity hydrologů ČHMÚ v roce 2016. *Meteorologické zprávy*. roč. 70, č. 1, s. 29–32. ISSN 0026-1173.
- LEDVINKA, O., 2018. Vybrané mezinárodní aktivity hydrologů ČHMÚ v roce 2017. *Meteorologické zprávy*. roč. 71, č. 1, s. 29–32. ISSN 0026-1173.
- LEDVINKA, O., JEDLIČKA, M., 2018. Freely available daily hydrometeorological data from Czechia: further insights. *E3S Web of Conferences* [online]. Vol. 44, Article No. 00093. ISSN 2267-1242. Dostupné z: doi:10.1051/e3sconf/20184400093.
- MARKONIS, Y., KOUTSOYIANNIS, D., 2016. Scale-dependence of persistence in precipitation records. *Nature Climate Change* [online]. Vol. 6, No. 4, s. 399–401. ISSN 1758-678X, 1758-6798. Dostupné z: doi:10.1038/nclimate2894.
- MSOV, 2018. Magdeburský seminář o ochraně vod. Sucho a požadavky na užívání vod v povodí Labe [online]. [cit. 14. 1. 2019]. Dostupné z WWW: <https://www.ikse-mkol.org/cz/temata/magdebursky-seminar-o-ochrane-vod/mgs-2018/>.
- ORE-CS, 2019. Oxford Research Encyclopedia. Climate Science [online]. [cit. 14. 1. 2019]. Dostupné z WWW: <http://oxfordre.com/climatescience>.
- PEKÁROVÁ, P., 2018a. Workshop VIII of the IHP UNESCO Regional cooperation of the Danube countries project No. 9. „Flood regime of rivers of the Danube River basin“ [online]. [cit. 14. 1. 2019]. Dostupné z WWW: <http://www.uh.sav.sk/en-gb/News/Latest-News/aid/166>.
- PEKÁROVÁ, P., 2018b. Regional Cooperation of the Danube Countries in the Framework of the IHP UNESCO [online]. [cit. 14. 1. 2019]. Dostupné z WWW: <http://147.213.100.3:81/danube-flood/>.
- SHMÚ, 2018. Konference mladých odborníků v roce 2018 [online]. [cit. 14. 1. 2019]. Dostupné z WWW: <http://www.shmu.sk/sk/?page=2328>.
- STAHY, 2018. STAHY 2019 Workshop – October 19-20, 2019 – Nanjing, China [online]. [cit. 14. 1. 2019]. Dostupné z WWW: <http://www.stahy2019.org/>.
- STAHY, 2019. STAHY 2018 Workshop – 24-26 September 2018 – Adelaide, South Australia [online]. [cit. 14. 1. 2019]. Dostupné z WWW: <https://www.stahy2018.org/>.
- SVOBODA, V., PECHA, M., 2018. When does extreme rainfall cause an extreme flood? [online]. *Geophysical Research Abstracts*. Vol. 20, Article No. EGU2018-4872. Dostupné z: <https://meetingorganizer.copernicus.org/EGU2018/EGU2018-4872.pdf>.
- UNFCCC, 2018. COP24.PLOP [online]. [cit. 14. 1. 2019]. Dostupné z WWW: <https://unfccc.int/sites/default/files/resource/PLOP.pdf>.
- WMO, 2018. HydroConference. Global Conference for Prosperity through Hydrological Services [online]. [cit. 14. 1. 2019]. Dostupné z WWW: <https://hydroconference.wmo.int/>.

Ondřej Ledvinka

## SEMINÁŘ ČMES 2018: METEOROLOGIE – TRADICE A BUDOUCNOST

Ve dnech 18. a 19. září 2018 se uskutečnil výroční seminář České meteorologické společnosti organizovaný ve spolupráci s Českým hydrometeorologickým ústavem, Univerzitou Karlovou v Praze, Ústavem fyziky atmosféry AV ČR, v. v. i., a ČZU, Fakultou agrobiologie, přírodních a potravinových zdrojů, tentokrát na téma Meteorologie – tradice a budoucnost. Toto téma bylo zvoleno u příležitosti 60. výročí založení Československé meteorologické společnosti, k jejíž historii se Česká meteorologická společnost jako nástupnická organizace samozřejmě hlásí. Seminář se netradičně konal v Praze, v příjemném prostředí suchdolského kampusu ČZU. Netradiční bylo i jeho dvoudenní trvání, které toto místo konání dobře umožňovalo. Předpoklad účasti širšího okruhu zájemců se bohužel nenaplnil. Celkový počet 57 účastníků nijak nevybočil z běžných čísel posledních let. Uspořádání semináře v Praze se ujala pražská pobočka ČMeS za vydatného přispění především Very Potopové z Katedry agroekologie a biometeorologie, která nás do suchdolského kampusu ČZU pozvala a výborně organizačně zabezpečila tematicky zajímavý a vydařený seminář. Mohu snad říci, že to nebyl jenom můj názor, pozitivní ohlasy jsme zaznamenali od většiny účastníků, a to nejen k zajímavým tématům, do kterých se nám podařilo zařadit i příspěvky ze soukromého sektoru, ale i ke společenskému aspektu semináře. Čekala nás zajímavá exkurze do školního parku, tzv. Libosadu, na experimentální pracoviště, tedy políčka s ochutnávkou pěstovaných produktů, i do školního pivovaru, kde vaří výborného Suchdolského Jeníka. Ten byl k dispozici při slavnostní večeři na terase nové budovy kampusu s nádhernou večerní vyhlídkou na Prahu. Kdo se nezúčastnil, může pouze litovat.

Přednášené příspěvky tentokrát nebyly nijak tematicky rozříděny, všechny však vhodně pokrývaly široce definované téma. Celkem zaznělo 22 příspěvků a navíc byl představen filmový dokument *Bouřlivé počasí* z cyklu *Tiché hrozby*, pořízený ve spolupráci s AV ČR, ČT a TV Prima. Abstrakty příspěvků jsou obsaženy ve vydaném sborníku *Meteorologie – tradice a budoucnost*. Praha, ČHMÚ. 2018. 1. vyd. ISBN 978-80-87577-85-1 a níže jsou uvedeny jejich názvy v pořadí, v jakém byly předneseny.

Program semináře:

- L. Černíkovský (ČHMÚ): Měření, interpretace dat, mezioborové souvislosti a interpretace
- M. Najman (Meteopress): Role soukromého sektoru v poskytování meteorologických služeb
- M. Šálek: Meteorologické služby z pohledu soukromých firem
- V. Potopová, L. Tůrkott, M. Možný (ČZU, ČHMÚ): Implementace nových poznatků z agrometeorologie v zemědělské praxi
- M. Hanel, P. Máca (FŽP ČZU): Hydrometeorologický výzkum Fakulty životního prostředí ČZU v Praze

- Z. Žalud (Mendelova univerzita): Historie a budoucnost bioklimatologie na Mendelově univerzitě v Brně
- R. Piwko (AČR): 100 let Hydrometeorologické služby AČR
- P. Lipina (ČHMÚ): Stručný přehled historie a současnosti ČMeS
- P. Valová (Slovenská meteorologická společnost při SAV): Slovenská meteorologická spoločnosť pri SAV – história a súčasnosť
- T. Halenka (KFA MFF UK): Úloha ČMeS v české meteorologii – ideály a realita
- M. Müller, D. Řezáčová, P. Zacharov (ÚFA AV ČR): Český meteorologický slovník – minulost a současnost
- D. Rýva (Amatérská meteorologická společnost): Amatérská meteorologie v Česku v roce 2018
- L. Pokorná (ÚFA AV ČR, PŘF UK): Pozice klimatologie v ČR a možnosti její popularizace
- M. Žák (KFA MFF UK): Aktuální témata meteorologie a klimatologie v televizních médiích
- P. Štěpánek, M. Trnka, P. Zahradníček, D. Semerádová, Z. Žalud (ÚVVGZ, Mendelova univerzita): Meteorologické a klimatologické produkty ÚVVGZ pro českou a evropskou veřejnost
- D. Prantl (InMeteo): Představení společnosti InMeteo a jejích projektů In-počasí a Ventusky
- J. Rožnovský (ČHMÚ): Meteorologická pozorování a činnost Ř. Mendela
- M. Možný, D. Bareš (ČHMÚ): Historie a současnost měření v Observatoři ČHMÚ Doksany
- J. Procházková, A. Vojvodík, I. Rolčík, P. Lipina (Jihočeská univerzita v Českých Budějovicích, Zemědělská fakulta, sumava.eu, ČHMÚ): Příspěvek a poznatky o klimatu nejvyšších poloh Šumavy
- S. Racko (ČHMÚ): Typizace povětrnostních situací – tradiční nástroj v synoptické meteorologii
- A. Urban, H. Hanzlíková, J. Kyselý, E. Plavcová (ÚFA AV ČR): Zhodnocení dopadů léta 2015 na úmrtnost v Česku
- T. Slavkovský (Windyty): Meteorologické produkty windy.com

Vedle odborné náplně program semináře tradičně zahrnoval i Valné shromáždění ČMeS, které bylo u příležitosti 60. výročí pojaté poněkud slavnostněji. Byla udělena řada čestných uznání a bylo schváleno čestné členství doc. Řezáčové.

Celkově se seminář po odborné i společenské stránce podle nás velmi vydařil. U příležitosti 60. výročí založení původní Československé meteorologické společnosti přineslo obecnější téma „Meteorologie – tradice a budoucnost“ možnost ohlédnutí se za minulostí naší Společnosti, zhodnocení tradic a současného postavení Společnosti i zamyšlení, jak dál. Jako především profesní společnost spojujeme tyto aspekty i s celým naším oborem a jeho úkoly, což dokládá řada příspěvků, které na semináři zazněly a jejichž abstrakty lze najít ve vydaném sborníku.

I když se nás podobně jako v minulých letech nesešel nějak závratný počet, podařilo se nám pootevřít dveře k seznámení s privátním sektorem, což se u příležitosti vybraného tématu přímo nabízelo. Zároveň to koresponduje se současnými trendy vývoje řešení problémů, které se v oblasti meteorologie i klimatologie řeší, jak dokládá iniciativa WMO Global Weather Enterprise se zahrnutím konceptu Public-Private Partnership. Samozřejmě nešlo očekávat, že na našem semináři vyřešíme problémy, o kterých byla v řadě příspěvků řeč, ale již to, že se na půdě ČMeS názory obou stran setkaly a bylo možno o nich diskutovat, lze považovat za úspěch a jisté „prolomení ledů“.

Program semináře nebyl příliš jasně tematicky strukturován,

ale jistá skupina příspěvků s přímou vazbou na naše 60. výročí vykristalizovala a byla zakončena Valným shromážděním. Jsme rádi, že se u příležitosti společného výročí podařila účast a prezentace ze Slovenské meteorologické společnosti, jejíž výročí to bylo rovněž. Vedle našeho výročí slavila v rámci 100 let vzniku ČR i armádní hydrometeorologická služba, jejímuž výročí byl rovněž věnován jeden příspěvek.

Lze tedy konstatovat, že vydařeným seminářem jsme si důstojně připomněli naše 60. výročí, navíc jsme v jeho rámci ocenili práci a zásluhy těch, kteří významným způsobem přispěli k rozvoji naší Společnosti a plnění jejích úkolů, a v rámci přátelských setkání v jeho průběhu otevřeli příležitosti k navázání nových či prohlubování dřívějších kontaktů.

*Tomáš Halenka*

## METEOROLOGICKÝ SLOVNÍK V NOVÉM KABÁTĚ

V roce 2018 uplynulo již čtvrtstoletí od významného mezníku v historii české meteorologické terminologie, kterým bylo knižní vydání Meteorologického slovníku výkladového a terminologického, zpracovaného terminologickou skupinou České meteorologické společnosti pod vedením Bořivoje Sobišky. Na bouřlivý rozvoj terminologie v následujících letech reagovala ČMeS obnovením práce terminologické skupiny, která tentokrát pod vedením Daniely Řezáčové připravila na základě knižního vydání doplněnou a podstatně upravenou elektronickou verzi slovníku. Ta sloužila odborné veřejnosti od oficiálního spuštění na začátku ledna 2015 a do prosince 2018 doznala řadu dílčích aktualizací. Mezitím byly nicméně zahájeny práce na zcela novém systému slovníku, který naplno rozvinul výhody, které webové prostředí poskytuje.

Pomineme-li jinou grafickou úpravu slovníku, přináší současná inovace řadu nových užitečných nástrojů pro práci se slovníkem. Hlavním technickým rozdílem je redakční systém slovníku, spolupracující s databází termínů a explikací hesel, který nahradil stávající statické webové stránky. Využití databáze umožňuje uživatelům fulltextové vyhledávání jak v termínech, tak v explikacích termínů, editorům slovníku pak přístup k jednotlivým heslům a jejich opravy. Po zadání opravy hesla editorem vyčká opravené nebo nově navržené heslo na schválení administrátorem a oprava hesla se zobrazí online. Dochází tak k výrazně rychlejší aktualizaci slovníku. Další uživatelsky příjemnou novinkou je prolínání odkazů v jednotlivých heslech. Uživatel nemusí odkazovaná hesla hledat, ale po kliknutí na odkaz se heslo otevře v tzv. modálu nad stránkou a uživatel si může přečíst explikaci odkazu, aniž by byl nucen původní heslo opustit. Do slovníku jsou v současné době začleněny celé dostupné rejstříky v angličtině, slovenštině a ruštině a výrazné části francouzského a německého rejstříku, které ještě stále procházejí kontrolami.

Současná podoba slovníku je provozována Českou meteorologickou společností za přispění Ústavu fyziky atmosféry AV ČR, v. v. i., na vytvoření této verze se podílela finančně jak ČMeS, tak Akademie věd ČR prostřednictvím programu Strategie AV21. Terminologická skupina ČMeS věří, že se uživatelům bude se slovníkem dobře pracovat a že se odvděčí autorům slovníku četnými připomínkami a návrhy na zlepšení. Dovolujeme si rovněž požádat o propagaci slovníku, aby z něj mohl profitovat co nejširší okruh uživatelů. Upravený elektronický meteorologický slovník najdete od ledna 2019 na webové stránce <http://slovník.cmes.cz>.

*Petr Zacharov, Miloslav Müller*

*a další členové terminologické skupiny ČMeS*



# Den otevřených dveří

23. 3. 2019 9.00–14.00

Den otevřených dveří Českého hydrometeorologického ústavu se koná u příležitosti  
Světového dne vody (22. března)  
a Světového meteorologického dne (23. března).

Návštěvníci si budou moci prohlédnout pracoviště  
v Praze-Komořanech, v Praze-Libuši, pobočky v Českých Budějovicích, Plzni, Ústí nad Labem, Hradci Králové,  
Brně a Ostravě a profesionální stanice (mimo letišť, Karlova a Klementina).

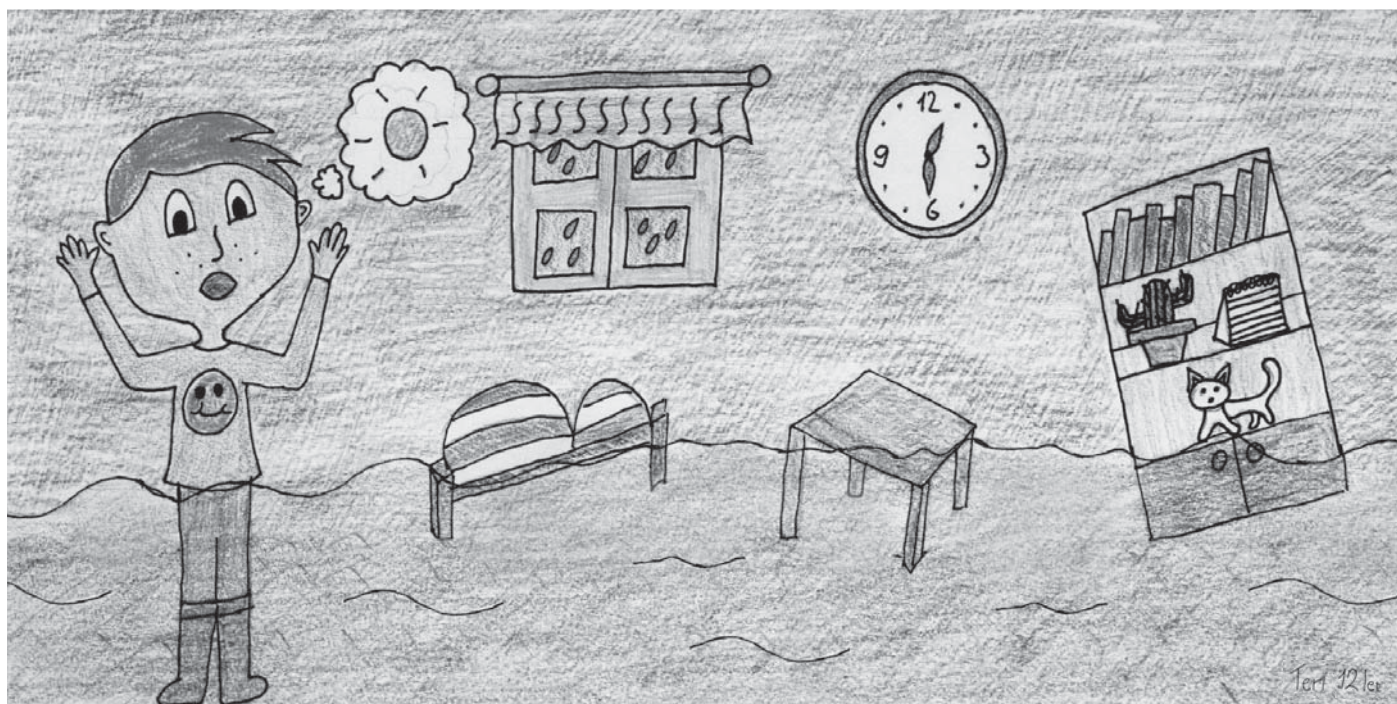
Návštěvníci se seznámí s činnostmi našeho ústavu, jednotlivými obory  
(meteorologie a klimatologie, hydrologie a kvality ovzduší).

Budou moci navštívit a prohlédnout si Centrální předpovědní pracoviště (CPP) v Praze  
a další odborná pracoviště ČHMÚ po celé ČR.

Přijďte se na vlastní oči podívat, jak se předpovídá počasí, jak se měří hladina a průtok vody,  
jak se měří koncentrace  $PM_{10}$  částic ve vzduchu a mnohé další.

Více informací na [www.chmi.cz](http://www.chmi.cz).

Těšíme se s vámi na viděnou na všech našich výše uvedených pobočkách  
a profesionálních stanicích po celé ČR.







## PUBLIKACE VYDANÉ V NAKLADATELSTVÍ ČHMÚ V ROCE 2018

1. **D. Židek, Z. Blažek, A. Hošek, B. Krejčí, V. Kříž, P. Lipina, R. Sochorec, R. Tolasz, J. Unucka, R. Volný: 50 let ČHMÚ pobočky Ostrava 1968–2018.**  
54 stran. ISBN 978-80-87577-80-6.
2. **B. Krejčí, L. Böhmová, E. Hotárková, A. Matyáščíková: Půlstoletí sledování kvality ovzduší na Ostravské pobočce ČHMÚ.**  
52 stran. ISBN 978-80-87577-79-0.
3. **ČMeS: Meteorologie – tradice a budoucnost.**  
Sborník abstraktů ze semináře České meteorologické společnosti, Česká zemědělská univerzita v Praze, 18. až 19. září 2018, 28 stran. ISBN 978-80-87577-85-1.
4. **Suché období 2014–2017, vyhodnocení, dopady a opatření.**  
90 stran. Sborník z odborného semináře. ISBN 978-80-87577-81-3.
5. **Znečištění ovzduší na území České republiky v roce 2017.**  
308 stran. ISBN 978-80-87577-83-7.
6. **Znečištění ovzduší a atmosférická depozice, Česká republika 2017.**  
ISBN 978-80-87577-84-4 (CD).
7. **L. Hájková, J. Klapzuba, V. Kožnarová: Hodnocení vybraných teplotních a srážkových charakteristik stanice Praha Karlov pro biologické a technické účely.**  
Sborník prací ČHMÚ, sv. 64. 68 stran. ISBN 978-80-87577-65-3. ISSN 0232-0401.
8. **L. Budík, P. Šercl, P. Kukla, P. Lett, M. Pecha: Odvození základních hydrologických údajů za referenční období 1981–2010.**  
Sborník prací ČHMÚ, sv. 65, 60 stran. ISBN 978-80-87577-78-3. ISSN 0232-0401.
9. **National Greenhouse Gas Inventory Report of the Czech Republic. Submission under the UNFCCC and the Kyoto protocol reported inventories 1990–2016.**  
Dostupné z WWW: [http://portal.chmi.cz/files/portal/docs/uoco/oez/nis/NIR/CZE\\_NIR-2018-2016\\_UNFCCC\\_ISBN.pdf](http://portal.chmi.cz/files/portal/docs/uoco/oez/nis/NIR/CZE_NIR-2018-2016_UNFCCC_ISBN.pdf). ISBN 978-80-87577-82-0 [online].
10. **Výroční zpráva Českého hydrometeorologického ústavu 2017.**  
24 stran.
11. **Hydrologická ročenka České republiky 2017.**  
ISBN 978-80-87577-86-8.