

# Meteorologické zprávy

ROČNÍK  
73–2020

4

**97 Vývoj koncentrací a depozice síry  
na Observatoři Košetice**

Jaroslava Svobodová – Adéla Holubová Šmejkalová

**103 Hodnocení metod stanovení podmínek  
pro rozptyl znečišťujících látek  
v období 2007–2018 v Ústeckém kraji**

Hana Škáchová

**110 Zpráva Světové meteorologické organizace  
o stavu počasí a podnebí ve světě v roce 2019  
– část II.**

Meteorological  
Bulletin

Český  
hydrometeorologický  
ústav



## **97 Trends in sulphur concentrations and deposition at the Košetice**

Jaroslava Svobodová – Adéla Holubová Šmejkalová

## **103 Evaluation of methods for determination of pollutant dispersion conditions in 2007–2018 in the Ústí nad Labem region**

Hana Škáchová

## **110 WMO Statement on the Status of the Global Climate in 2019 – part II.**

### **Rozšiřuje – Free booking:**

Český hydrometeorologický ústav, tiskové a informační oddělení  
Na Šabatce 2050/17, 143 06 Praha 4-Komořany, tel.: 244 032 722, 244 032 724

Czech Hydrometeorological Institute, Press and Information Department  
Na Šabatce 2050/17, 143 06 Praha 4, Czech Republic, Phones: (+420) 244 032 722, (+420) 244 032 724

[nakladatelstvi@chmi.cz](mailto:nakladatelstvi@chmi.cz)

[casmz.chmi.cz](http://casmz.chmi.cz)

# Vývoj koncentrací a depozice síry na Observatoři Košetice

## Trends in sulphur concentrations and deposition at the Košetice Observatory

Jaroslava Svobodová,  
Adéla Holubová Šmejkalová

Český hydrometeorologický ústav  
394 22 Křešín, Observatoř Košetice  
✉ jaroslava.svobodova@chmi.cz  
✉ adela.holubova@chmi.cz

**The high amount of SO<sub>2</sub> emissions in the last century negatively affected the environment in Europe. Politicians reacted to this alarming state by the implementation of control mechanisms of harmful emissions production. The Czech Republic adopted new legislation related to air protection in 1991. Decreasing emissions tendency of all pollutants was recorded during the following years and were reflected in the decrease of individual pollutants in atmospheric deposition and subsequently in surface water and soil. The Košetice Observatory (49°34'24" N, 15°4'49" E, 534 m a.s.l., background station) has been monitoring sulphate sulphur in precipitation water (in open area and in the forest stand) and runoff water in a small forest catchment (involved in ICP-IM programme) for more than 29 years. The maximum of sulphur deposition was measured at the beginning of 1990's (26,1 kg.ha<sup>-1</sup>.yr<sup>-1</sup> as an average for 1990–1994) and minimum at the end of study period (4,6 kg.ha<sup>-1</sup>.yr<sup>-1</sup> as an average for 2014–2018). In response to the decreased sulphur deposition, the acidification in surface water started to reduce and mass balance has been established. Based on these results, we want to investigate the effect of legislative regulations and the changes in sulphur concentrations and deposition in our study area.**

**KLÍČOVÁ SLOVA:** depozice síry – bilance látková – srážky podkorunové – voda povrchová – povodí zalesněné

**KEYWORDS:** sulphur deposition – mass balance – throughfall precipitation – surface water – forest catchment

## 1. Úvod

Síra jako základní živina rostlin hraje důležitou roli v biogeochemii lesů a je nezbytná pro mnoho reakcí v živých buňkách. Zvýšení depozice síry nelze považovat za obecně prospěšné pro ekosystémy, zejména pro ty, které vykazují nízkou odolnost proti zvýšení kyselosti (Kravitz et al. 2009).

Kvalita ovzduší patřila k nejvýznamnějším environmentálním problémům v bývalém Československu a byla veřejností negativně vnímána (Moldan, Schnoor 1992). Oxid siřičitý (SO<sub>2</sub>) se

jako první znečišťující látka začal měřit v ovzduší v ČR v 60. letech 20. století. Na rozdíl od mnoha jiných evropských zemí fungovala celostátní síť pro monitorování kvality okolního ovzduší a chemického složení srážek v ČR poměrně dlouhou dobu (Hůnová 2001). Nejstarší záznamy o chemii srážek pocházejí z roku 1978. Hlavním zdrojem emisí SO<sub>2</sub> bylo spalování hnědého uhlí s vysokým obsahem síry (Hůnová et al. 2014). Srážky s nízkým pH způsobily okyselení půd a povrchových vod (Barth et al. 2009; Blake et al. 1999; Courchesne et al. 2005; Falkengren-Grerup et al. 1987; Warby et al. 2009; Watmough, Dillon 2004) a kyselá depozice z emisí oxidu siřičitého představovala hlavní zdroj kyselosti lesních ekosystémů (Forstius et al. 2005).

Socioekonomické změny ve střední Evropě v roce 1989 vedly k významnému zlepšení mnoha environmentálních ukazatelů, včetně průmyslových emisí. Emise síry se od 80. let 20. století snížily a od 90. let vykazují nejvíce acidifikované potoky a jezera v Evropě „chemické zotavení“ (Garmo et al. 2014). Zlepšení stavu je indikováno zvýšením pH a alkalinity a poklesem koncentrací síranů.

Cílem práce je zhodnotit reakci malého lesního ekosystému na snižující se hodnoty emisí oxidu siřičitého. Odpověď ekosystému je sledována ve změnách látkové bilance síry ve formě síranů, v přirozených jednotkách biosféry reprezentovaných konkrétním lesním povodím.

## 2. Materiál a metody

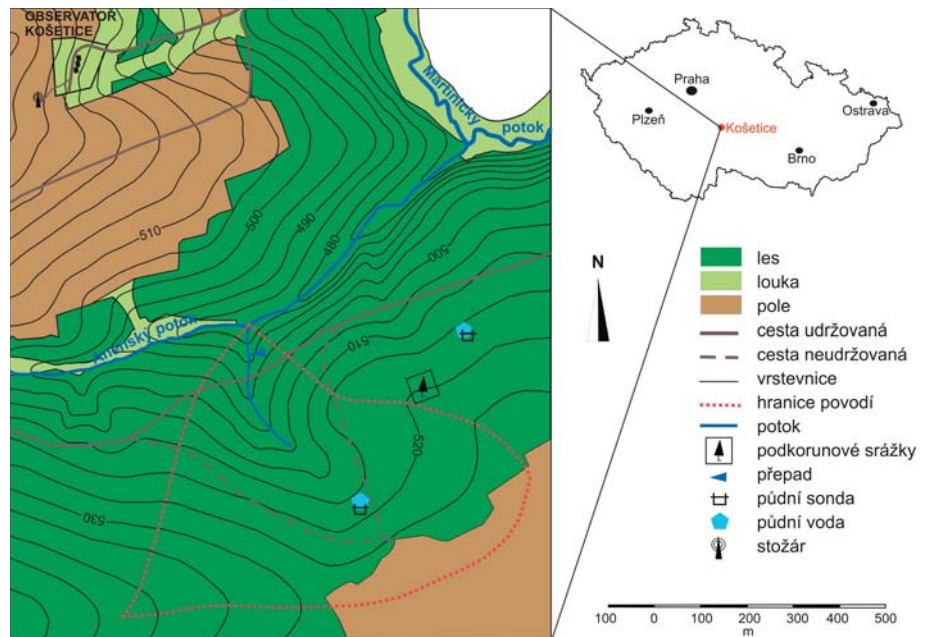
### 2.1 Popis lokality

#### 2.1.1 Observatoř Košetice

Observatoř Košetice (49°34'24" s. š., 15°4'49" z. d., 534 m n. m.) byla založena v roce 1988 Českým hydrometeorologickým ústavem (ČHMÚ) jako stanice se zaměřením na sledování koncentrací znečišťujících látek v ovzduší s důrazem na zabezpečení účasti České republiky v mezinárodních programech a projektech monitoringu kvality přírodního prostředí. Observatoř je součástí Státní sítě imisního monitoringu a také profesionální meteorologickou stanicí ČHMÚ. Monitoring malého lesního povodí náleží do měřících aktivit observatoře už od jejího vzniku a je spojen s programem Integrovaného monitoringu (International Cooperative Programme on Integrated Monitoring of Air Pollution Effects on Ecosystems (ICP-IM)). ICP-IM je vícesložkový mezinárodní monitorovací program, realizovaný v rámci Konvence o dálkovém přenosu škodlivin přes hranice států v Evropě (CLRTAP), jehož cílem je poznání látkové bilance a výměny látek v malých zalesněných povodích v neimpaktní pozadové oblasti (SYKE 2013). V praxi integrovaný monitoring ekosystémů znamená fyzikální, chemická a biologická měření jednotlivých částí ekosystému na stejném místě. Monitorování je rozděleno do několika podprogramů s předepsanou

metodikou měření. Většina závazných podprogramů je aplikována přímo v areálu observatoře nebo v blízkém monitorovaném povodí dle metodických pokynů ICP-IM. Povodí je také součástí českého monitorovacího systému GEOMON, koordinovaného Českou geologickou službou (ČGS). Ze sítě 14 malých lesních povodí se jednotnou metodikou (shodnou s předpisy ICP-IM) pořizují vstupní údaje pro výpočet látkových toků ekologicky významných složek, kdy ekosystém malého lesního povodí je v našich podmínkách nejlepším přiblížením původnímu neovlivněnému ekosystému (Fottová 2011).

Výzkumné aktivity v zalesněném povodí se kromě kvantitativního měření průtoku a úhrnů podkorunových srážek (throughfall, THF) soustředí také na stanovení jejich chemického složení (Váňa, Dvorská 2014).



**Obr. 1 Lokalita Observatoře Košetice a povodí.**  
Fig. 1. The Košetice Observatory and the catchment basin.

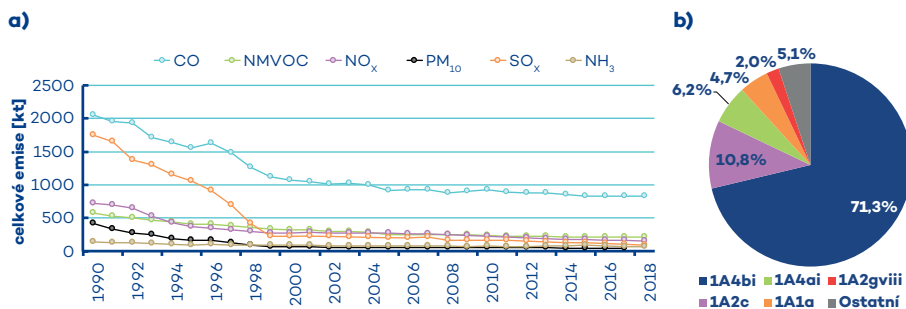
### 2.1.2 Povodí malého lesního potoka

Zájmové povodí se nachází v severozápadní části kraje Vysočina, asi 1 km od observatoře (obr. 1). Jeho rozloha je 0,29 km<sup>2</sup>, dlouhodobý průměrný roční průtok je 0,43 l·s<sup>-1</sup> a specifický odtok 1,49 l·s<sup>-1</sup>·km<sup>-2</sup>. Bezejmenný lesní potok ústí do Anenského potoka v nadmořské výšce 482 m n. m. a je jeho jediným trvalým přítokem (povodí řeky Želivky). Do roku 2018 bylo 90 % povodí zalesněno, s převahou smrkových monokultur zbytek tvořila zemědělsky využívaná půda (Váňa, Holoubek 2007). V roce 2019 byly místní lesní porosty zasaženy kůrovcovou kalamitou a proběhla rozsáhlá těžba dřeva v povodí. Následně dochází k rychlému vysazování nového lesního smíšeného porostu, aby plocha lesa zůstala zachována. Průměrný roční úhrn srážek je 621 mm a průměrná roční teplota za poslední

normálové období (1961–1990) je 7,1 °C. Podle mezinárodní klasifikace FAO se v povodí vyskytují kyselé hnědé lesní půdy (Distric Cambisol) a geologické podloží tvoří ruly. Prameniště lesního potoka bylo v roce 2008 zařazeno do monitorovací sítě podzemních vod ČHMÚ, od roku 2014 je lesní potok součástí hydrologické sítě ČHMÚ.

### 2.2 Legislativní opatření a vývoj emisí

Nová legislativa pro oblast ochrany ovzduší, která začala platit brzy po změně politické situace v roce 1989, účinně nastarovala pokles emisí všech znečišťujících látek (ČHMÚ 2019). V roce 1991 vstoupily v platnost zákony o ochraně ovzduší č. 309/1991 Sb., a 389/1991 Sb., byly zavedeny emisní limity s platností od roku 1998. Došlo k restrukturalizaci národního hospodářství, k modernizaci zdrojů a mnoho z nich omezilo nebo ukončilo provoz. V letech 1996–1998 byly odsířeny uhelné elektrárny. Emise z lokálních vytápění domácností poklesly nejvíce v období 1993–1997 vlivem plynofikace obcí a státní podpory vytápění elektřinou. V roce 2002 vstoupila v platnost legislativa, která v sobě reflektovala řadu evropských směrnic. Byl přijat zákon č. 86/2002 Sb., o ochraně ovzduší, který společně se zákonem č. 76/2002 Sb., o integrované prevenci a omezení znečištění, vytvořil základní rámec pro řešení problematiky znečišťování ovzduší. ČR se zavázala plnit národní emisní stropy pro emise SO<sub>2</sub>, NO<sub>x</sub>, VOC a NH<sub>3</sub> podle směrnice 2001/81/ES s platností od roku 2010. V roce 2012 vstoupil v platnost zákon č. 201/2012 Sb., o ochraně ovzduší, který zavedl přísnější emisní limity pro spalovací zdroje podle směrnice 2010/75/EU o průmyslových



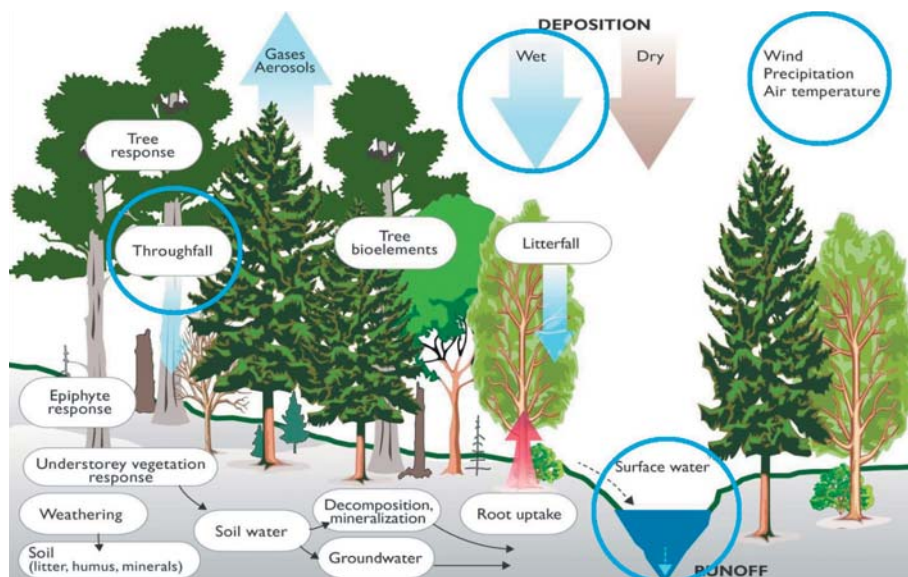
**Obr. 2 a) Vývoj celkových emisí hlavních znečišťujících látek v ČR, 1990–2018, Zdroj: ČHMÚ 2019. b) Struktura emisí SO<sub>2</sub> v okolí Observatoře Košetice dle nomenklatury pro reportování NFR (Nomenclature for Reporting) v roce 2016, význam kódů: 1A4bi – Lokální vytápění domácností, 1A2c – Stacionární spalování ve zpracovatelském průmyslu a stavebnictví: Chemické látky, 1A4ai – Komerční / institucionální: Stacionární, 1A1a – Veřejná energetika a výroba tepla a 1A2gviii – Spalovací procesy v průmyslu a stavebnictví: Ostatní.**

Fig. 2. a) Overview of total emissions of the main pollutants, 1990–2018, Source: ČHMÚ 2019. b) Structure of SO<sub>2</sub> emissions in the vicinity of the Košetice Observatory according to the nomenclature for reporting (NFR) in 2016, meaning of codes: 1A4bi – Residential: Stationary, 1A2c – Stationary combustion in manufacturing industries and construction: Chemicals, 1A4ai – Commercial institutional: Stationary, 1A1a – Public electricity and heat production, 1A2gviii – Stationary combustion in manufacturing industries and construction: Other.

emisích. Mezi nejvýznamnější technická opatření ke snížení emisí v období 2013–2017 patřily instalace zařízení na odsiřování a denitrifikaci spalin nebo tkaninové filtry (ČHMÚ 2019). Popsaná legislativní opatření se odrazila ve vývoji emisní situace. V ČR došlo od roku 1990 k výraznému poklesu množství emisí (obr. 2a). Tento pokles emisí se projevila i ve výsledcích měřených na Observatoři Košetice. Ve struktuře zdrojů SO<sub>2</sub> v okolí observatoře dominuje lokální vytápění (72 %), k dalším zdrojům s výrazně nižším podílem patří stacionární spalování chemických látek (11 %) (obr. 2b).

### 2.3 Metody měření

Koloběh látek v malém lesním ekosystému lze rozdělit na jednotlivé komponenty, které tento proces ovlivňují různou měrou. Tyto jednotlivé části jsou schematicky znázorněny na obr. 3. Komponenty, jejichž příspěvek můžeme kvantifikovat pomocí pravidelných měření a analýz, jsou ve schématu označeny modrým kruhem.



Obr. 3 Schéma toku látek v lesním ekosystému (SYKE 2013).  
Fig. 3. Flow diagram of substances in the forest ecosystem (SYKE 2013).

$$\text{Úhrn srážek THF [mm]} = \frac{\frac{\text{srážková voda [l]}}{\text{počet vzorkovačů [16]}}}{\text{obsah záchytné plochy (0,011309) [m^2]}} \quad (1)$$

#### 2.3.1 Srážky na volné ploše

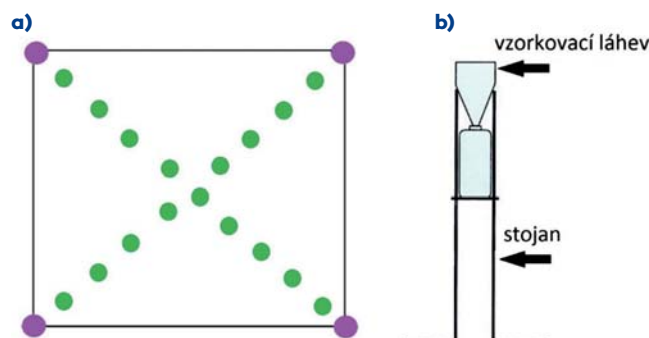
Atmosférická depozice představuje vstup látek z atmosféry do dalších složek přírodního prostředí (Váňa et al. 1995). V areálu observatoře se provádí měření mokré depozice (wet only) od roku 1988. Frekvence měření se postupně měnila od měsíční (1988–2000), týdenní (1996–2004), po denní (od roku 2004). V současnosti je používán automatický srážkový kolektor Eigenbrodt NSA 181/KHS.

Dalším typem vzorkování srážek je odběr mokré depozice s gravitační depozicí větších částic (bulk). Na volné ploše meteorologické zahrádky observatoře byly umístěny 3 vzorkovače typu bulk. Vzorkovač se skládal z litrové polyetylenové (PE) láhve, speciálního spojovacího šroubení s textilním filtrem pro zachycení hrubých nečistot a nálevky vyrobené z obrácené dvoulitrové PE láhve. Takto vzniklý trychtýř má záchytnou plochu 113,09 cm<sup>2</sup> (obr. 4b). Před znehodnocením vzorku způsobeným slunečním zářením chrání dvě odběrové lahve clonící kroužek z nerez oceli umístěný pod šroubením a zasazení do stojanu – trubky. Jedna vzorkovací láhev byla určena na analýzu těžkých kovů a nerezový kroužek nemá. Dle předpisů v manuálu ICP-IM byl zvolen odběr vzorků s frekvencí jednou měsíčně. Odebrané vzorky jsou analyzovány v laboratořích ČGS, a to na analýzu obsahu komplexní škály látek a těžkých kovů.

#### 2.3.2 Podkorunové srážky

Měření depozice pod lesním porostem probíhá od roku 1990 v souladu s manuálem ICP-IM (SYKE 2013). Měřicí plocha podkorunové depozice (throughfall, THF) byla situována při východní hranici lesního povodí (obr. 1). Používán byl stejný typ vzorkovače jako bulk na volné ploše observatoře. Na monitorovací lesní ploše bylo umístěno 20 odběrových zařízení ve stojanech na úhlopříčkách čtverce 50×50 m (obr. 4a). 16 odběrových lahví mělo pod šroubením clonící kroužek, 4 byly určeny na těžké kovy. Z celkového množství srážkové vody v 16 lahvích byl vypočítán měsíční srážkový úhrn THF dle rovnice (1).

V říjnu 2019 byla původní monitorovací plocha THF z důvodu kůrovcové kalamity zcela vykáčena. Pro zajištění kontinuity došlo k přemístění odběrového místa o 300 m blíže k prameni lesního potoka, do mladšího smrkového lesa, který prozatím nebyl napaden kůrovcem. Následkem popsanych změn byla i modernizace vzorkovacího schématu. Stávající odběrový model tedy dvacet odběrových sad bylo ve spolupráci s ČGS nahrazeno pěti novými vzorkovači zimního a letního typu. Stejně tak i na volné ploše observatoře došlo k výměně 3 starých vzorkovačů za 2 nové. Změna vzorkovacího schématu se netýká této studie, výsledky jsou zpracovány do roku 2018, kdy byl používán původní vzorkovací model.



Obr. 4 a) Schéma rozložení kolektorů THF na měřicí lokalitě Observatoře Košetice v letech 1990–2018, plocha 50×50 m, zelená kolečka – normální odběr, fialová kolečka – odběr na analýzu těžkých kovů; b) ukázka designu odběrové soustavy pro THF (ICP Forests, 2011; převzato z: Holubová Šmejkalová 2016).

Fig. 4. a) Diagram of THF collectors arrangement at the Košetice Observatory locality in the period 1990–2018, plot area is 50×50 m, green circles – normal sampling, purple circles – heavy metals sampling; b) example of THF samplers design (ICP Forests, 2011; taken from: Holubová Šmejkalová 2016).



**Obr. 5** Hydrologický přepad s ultrazvukovou sondou na lesním potoce.

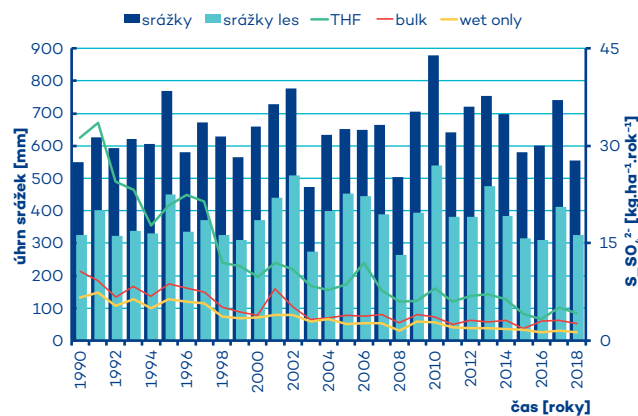
Fig. 5. Hydrological overflow with an ultrasonic sensor on a forest stream.

### 2.3.3 Odběr povrchové vody

Na 250 m dlouhém lesním potoce je při jeho ústí umístěno měrné zařízení – hydrologický přepad, osazený ultrazvukovou sondou s registrační jednotkou (Fiedler M4016) pro kontinuální měření výšky hladiny, průtoku a teploty vzduchu (obr. 5). Hodnoty průtoku jsou pravidelně ověřovány manuálním měřením zároveň s měřením teploty vody, která není měřena automaticky. V pravidelném měsíčním intervalu se na hydrologickém přepadu odebírají vzorky povrchové vody k chemickým analýzám. Vzorky jsou analyzovány v laboratořích ČGS.

### 2.3.4 Bilance toku látek v povodí

Sledování látkové bilance slouží k hodnocení důležitosti různých biochemických procesů, které regulují stabilizační vlastnosti v ekosystémech a povodí. Analýza vstup – výstup (2) je zjednodušenou kalkulací živin, popisující akumulaci látky v půdě (kladné hodnoty) nebo její vyčerpání z půdy (záporné hodnoty). Dlouhodobé sledování látkových bilancí a iontových poměrů pomáhá identifikovat ekologické účinky a rozlišovat mezi antropogenními a přírodními příčinami pozorovaných změn (Frey et al. 2004).



**Obr. 6** Depozice  $S_{SO_4^{2-}}$  ve vzorcích typu throughfall, bulk a wet only v lesním povodí.

Fig. 6. Throughfall, bulk and wet only deposition of  $S_{SO_4^{2-}}$  in the forest catchment.

$$\text{Látková bilance síry} = \text{celková depozice } S \text{ do lesní půdy} - \text{povrchový odtok } S \quad (2)$$

### 2.3.5 Interpretace výsledků

Projev změn v depozici (srážky typu THF, bulk a wet only) a v látkové bilanci síry ze síranů ( $S_{SO_4^{2-}}$ ) v letech 1990–2018 byl studován jak za celé období, tak i na základě průměrů z pětiletých období na začátku (1990–1994) a konci (2014–2018) sledovaného úseku. Pětiletý průměr na začátku a konci období byl zvolen vzhledem k délce sledovaného úseku, slouží k názornějšímu porovnání situace a předchází zkreslení z důvodu ojedinělých ročních výkyvů.

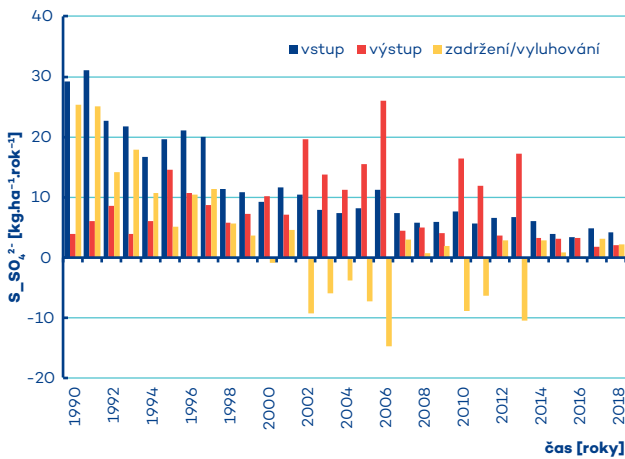
## 3. Výsledky a diskuze

### 3.1 Přehled atmosférické depozice a látkové bilance v povodí

Výrazná redukce emisí  $SO_2$  v 90. letech minulého století (obr. 2) se promítla ve snížení koncentrací sloučenin síry v ovzduší a následně i depozice síry v zájmovém povodí. Hodnoty depozice  $S_{SO_4^{2-}}$  klesly u všech typů srážek (THF, bulk i wet only). Nejvýraznější rozdíl byl pozorován u THF, a to z  $26,1 \text{ kg}\cdot\text{ha}^{-1}\cdot\text{rok}^{-1}$  (průměr 1990–1994) na  $4,6 \text{ kg}\cdot\text{ha}^{-1}\cdot\text{rok}^{-1}$  (průměr 2014–2018) a průměrný roční pokles je o  $1,0 \text{ kg}\cdot\text{ha}^{-1}\cdot\text{rok}^{-1}$ . U srážek bulk došlo ke snížení hodnot z  $8,4 \text{ kg}\cdot\text{ha}^{-1}\cdot\text{rok}^{-1}$  (průměr 1990–1994) na  $2,8 \text{ kg}\cdot\text{ha}^{-1}\cdot\text{rok}^{-1}$  (2014–2018). Průměrný roční pokles ve sledovaném období činí  $0,3 \text{ kg}\cdot\text{ha}^{-1}\cdot\text{rok}^{-1}$ . Hodnoty depozice  $S_{SO_4^{2-}}$  se u srážek typu wet only zredukovaly z průměrné hodnoty  $6,2 \text{ kg}\cdot\text{ha}^{-1}\cdot\text{rok}^{-1}$  na začátku (1990–1994) na průměrnou hodnotu  $1,5 \text{ kg}\cdot\text{ha}^{-1}\cdot\text{rok}^{-1}$  na konci období (2014–2018) a průměrný každoroční pokles představuje  $0,2 \text{ kg}\cdot\text{ha}^{-1}\cdot\text{rok}^{-1}$  (obr. 6).

Průměrný roční srážkový úhrn na volné ploše v období 1990–2018 je  $649,4 \text{ mm}$ , s minimem  $473,3 \text{ mm}$  v roce 2003 a maximum  $878,3 \text{ mm}$  v roce 2010. Průměrný roční podkorunový srážkový úhrn je  $378,7 \text{ mm}$  (minimum  $273,2 \text{ mm}$  v roce 2003 a maximum  $538,9 \text{ mm}$  v roce 2010) (obr. 6). Intercepce korunami stromů a následná evaporace (výpar) tedy snižuje množství srážek pod lesním porostem o  $41,7 \%$  (průměrná hodnota za období 1990–2018). Intercepce srážek neboli zadržování části padajících srážek vegetací má nezanedbatelný vliv na hydrologickou bilanci a bilanci půdní vody, zejména u lesních porostů s velkou záchytnou plochou (Sobišek 1993).

Vzhledem k poměrně malé ploše povodí a nízkým průtokům roční povrchový odtok z povodí kolísá v rozmezí  $12,2 \text{ mm}$  (minimum v roce 2018) a  $91,8 \text{ mm}$  (maximum v roce 2002) a průměrná roční hodnota je  $46,1 \text{ mm}$  (1990–2018). Z celkového srážkového úhrnu měřeného na volné ploše se tedy povrchovým odtokem z povodí dostává jen  $7,1 \%$ , jedná se o povodí s vysokým výparem (Oulehle et al. 2014). Hodnoty nízkého povrchového odtoku mají vliv na relativně vysoké koncentrace síranů ( $SO_4^{2-}$ ) v povrchové vodě, průměrně  $36,5 \text{ mg}\cdot\text{l}^{-1}$  (1990–2018). V látkové bilanci síry v povodí docházelo v průběhu sledovaného období k poklesu depozice síry  $26,1 \text{ kg}\cdot\text{ha}^{-1}\cdot\text{rok}^{-1}$  (průměr 1990–1994) na  $4,6 \text{ kg}\cdot\text{ha}^{-1}\cdot\text{rok}^{-1}$  (průměr 2014–2018), odtok vykazuje poměrně vysokou variabilitu. V 90. letech minulého století byla celková bilance síry pozitivní, půda sloužila jako místo akumulace přebytečné síry, ročně se na povrch půdních částic adsorbovalo průměrně  $12,9 \text{ kg}\cdot\text{ha}^{-1}$ , díky tomuto mechanismu se pravděpodobně povrchová voda více



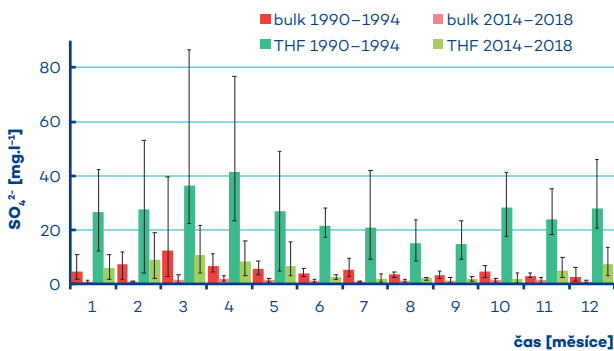
**Obr. 7 Srážkovo-odtoková bilance  $S_{SO_4^{2-}}$  povodí.**  
Fig. 7. Rainfall-runoff budget for  $S_{SO_4^{2-}}$  in the catchment.

neokyselovala. Snížením vstupů síry dochází po roce 2000 k postupnému uvolňování dříve deponované a akumulované síry z půd a jejich postupu dál do povrchových vod a vytváří se rovnováha v bilanci složek (obr. 7).

### 3.2 Roční variabilita koncentrací $SO_4^{2-}$ – změny na začátku a konci zkoumaného období

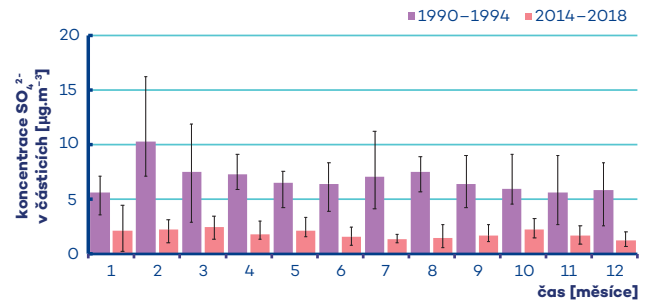
Změny v hodnotách  $SO_4^{2-}$  byly sledovány i vzhledem k jejich vývoji během roku. Obecně lze říci, že roční variabilita je podobná v obou obdobích. U THF i srážek typu bulk byly maximální koncentrace  $SO_4^{2-}$  zaznamenány v jarních měsících (březen a duben), a to na začátku i na konci sledovaného období. Nejnižší koncentrace jsou na přelomu léta a podzimu. U srážek typu bulk jsou na konci období velmi nízké koncentrace také v průběhu zimy. Výraznější rozdíl nastal u THF vlivem poklesu suché depozice  $SO_2$ . V zimních a jarních měsících jsou koncentrace na konci sledovaného období 3–4× nižší než na začátku, u letních a podzimních měsíců se jedná o větší rozdíl (říjnové a červencové koncentrace klesly zhruba na desetinu počáteční hodnoty) (obr. 8).

Výrazný pokles emisí  $SO_2$  se projevil snížením koncentrací  $SO_4^{2-}$



**Obr. 8 Průměrné koncentrace  $SO_4^{2-}$  ve srážkách 1990–1994 a 2014–2018. Výška sloupců zobrazuje průměrné hodnoty. Horní/dolní konce chybových úseček označují maximální/minimální hodnoty.**

Fig. 8. Average concentrations of  $SO_4^{2-}$  in precipitation 1990–1994 and 2014–2018. Size of the columns indicates the average values. Upper/lower ends of error bars indicate maximum/minimum values.

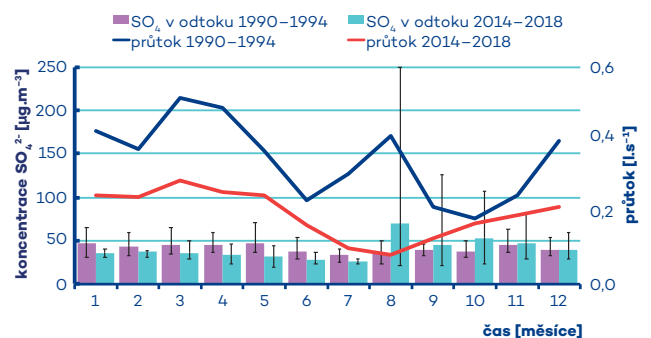


**Obr. 9 Průměrné koncentrace  $SO_4^{2-}$  v částicích v ovzduší 1990–1994 a 2014–2018. Výška sloupců zobrazuje průměrné hodnoty. Horní/dolní konce chybových úseček označují maximální/minimální hodnoty.**

Fig. 9. Average concentrations of  $SO_4^{2-}$  in particulates in the air in 1990–1994 and 2014–2018. Size of the columns indicates the average values. Upper/lower ends of error bars indicate maximum/minimum values.

nejen ve srážkách, ale i v imisních koncentracích  $SO_4^{2-}$  v částicích měřených na observatoři v průběhu celého období. Koncentrace  $SO_4^{2-}$  v částicích poklesly z průměrných  $6,8 \mu\text{g}\cdot\text{m}^{-3}$  (1990–1994) na  $1,9 \mu\text{g}\cdot\text{m}^{-3}$  (2014–2018). Oproti ročnímu vývoji koncentrací ve srážkách došlo ve sledovaných obdobích ke změně chování. Zatímco na začátku období jsme pozorovali druhotné maximum v letních měsících (zejména v srpnu), v letech 2014–2018 je roční chod  $SO_4^{2-}$  na částicích velmi podobný roční variabilitě srážek (obr. 9).

Měsíční variabilita koncentrací  $SO_4^{2-}$  v povrchové vodě dokládá vliv množství povrchové vody odtékající z povodí na koncentrace obsažených látek. Suché a teplé roky (zejména 2015 a 2018) se projeví na křivce průtoku z konce období, kdy průměrné měsíční průtoky poklesly o 7 až 80 % oproti počátečnímu období. Nejvyšší pokles o 68 % a 80 % byl zaznamenán v červenci a srpnu, kdy úplně vymizely zvýšené hodnoty průtoku důsledkem letních bouřek a přivalových dešťů. Současně se zplošťuje křivka nárůstu průtoku během jarního tání (březen a duben), průtoky v těchto měsících jsou pouze na 45–47 % stavu z počátku 90. let. Nejvyšší hodnoty koncentrace v povrchové vodě byly na začátku období v zimních a jarních měsících, kdy zároveň korespondovaly s vysokými průtoky během zimy a jarního tání sněhu. Konec období poznamenala velmi suchá léta 2017 a 2018, kdy mimořádně nízké průtoky v létě a také na podzim způsobují zvýšení koncentrace  $SO_4^{2-}$  v povrchové vodě (obr. 10).



**Obr. 10 Průměrné koncentrace  $SO_4^{2-}$  v odtoku v letech 1990–1994 a 2014–2018.**

Fig. 10. Average concentrations of  $SO_4^{2-}$  in the runoff in 1990–1994 and 2014–2018.

## 4. Závěr

Vliv zákonných omezení, která se projevila razantním poklesem emisí SO<sub>2</sub> (zhruba o 90 % oproti počátečnímu stavu) v rámci celé České republiky, je možné sledovat i na výsledcích z téměř 30letého měření na povodí lesního potoka o velmi malé rozloze dosahující bezmála 0,30 km<sup>2</sup>. Obsah síry v jednotlivých složkách ekosystému zájmového lesního povodí poklesl u atmosférické depozice na volné ploše (bulk) o 67 %, u srážek pod korunami stromů (THF) o 82 % a u srážek typu wet only o 76 %. Výsledky ukazují, že sledované povodí lze charakterizovat jako povodí s nízkým povrchovým odtokem a vysokou evapotranspirací. Látková bilance síry reagovala na změny množství emisí SO<sub>2</sub>. Zatímco v prvních deseti letech byla zaznamenána pozitivní bilance, po roce 2000 pozorujeme postupné uvolňování síry z povodí v podobě bilance negativní. Pozitivní látková bilance síry je typická akumulací velkého množství síry v lesních půdách, má nepříznivý vliv hlavně ve svrchních minerálních horizontech půd, které vykazují kyselé vlastnosti. Právě díky nízkému povrchovému odtoku z povodí a adsorpci síranů v půdách se pravděpodobně povrchová voda více neokyselovala. Reakci lesního ekosystému na snížení přísunu SO<sub>2</sub> lze pozorovat po roce 2000. Dříve deponovaná síra z půd se začala postupně uvolňovat do povrchových vod a vytvořila se rovnováha v bilanci složek. Současnost přinesla další změny v podobě kůrovcové kalamity. Pro sledované povodí to znamená nový začátek související s razantním odlesněním a následným novým růstem stromů. Druhová skladba se z původně sledované smrkové monokultury změnila na stromy, jež jsou více odolné. Nejen tyto změny, ale i následky sucha pravděpodobně povedou ke změnám v hodnotách depozice či látkové bilance. Pro naše výzkumné aktivity to znamená možnost tyto změny sledovat, dále je interpretovat a hodnotit.

### Poděkování:

Použitá data pro tento článek byla poskytnuta Českou geologickou službou v rámci sítě GEOMON.

### Literatura:

BARTH, J. A. C. et al., 2009. Mobility, turnover and storage of pollutants in soils, sediments and waters: Achievements and results of the EU project AquaTerra. *A review. Agron. Sustain. Dev.* Vol. **29**, s. 161–173.

BLAKE, L., GOULDING, K. W. T., MOTT, C. J. B., JOHNSTON, A. E., 1999. Changes in soil chemistry accompanying acidification over more than 100 years under woodland and grass at Rothamsted Experimental Station, UK. *Eur. J. Soil Sci.* Vol. **50** (3), s. 401–412.

COURCHESNE, F., COTE, B., FYLES, J. W., HENDERSHOT, W. H., BIRON, P. M. et al., 2005. Recent changes in soil chemistry in a forested ecosystem of southern Quebec, Canada. *Soil Sci. Soc. Am. J.*, Vol. **69** (4), s. 1298–1313.

ČHMÚ, 2019. Znečištění ovzduší na území České republiky v roce 2018. [Air pollution in the Czech Republic in 2018.] Praha: ČHMÚ. ISBN 978-80-87577-93-6.

FALKENGREN-GRERUP, U., LINNEMARK, N., TYLER, G., 1987. Changes in acidity and cation pools of south Swedish soils between 1949 and 1985. *Chemosphere*, Vol. **16** (10–12), s. 2239–2248.

FORSIUS, M., KLEEMOLA, S., STARR, M., 2005. Proton budgets for a monitoring network of European forested catchments: impacts of nitrogen and sulphur deposition. *Ecol. Indic.*, Vol. **5** (2), s. 73–83.

FOTTOVÁ, D. et al., 2011. Hodnocení dopadů klimatických změn na hydrologickou bilanci a návrh praktických opatření ke zmírnění jejich dopadů. Projekt MŽP, trvání projektu 2007–2011.

FREY, J., FREY, T., PAJUSTE, K., 2004. Input–output analysis of macroelements in ICP-IM catchment area, Estonia. *Landscape and urban planning*, Vol. **67**(1–4), s. 217–223.

GARMO, O. A. et al., 2014. Trends in surface water chemistry in acidified areas in Europe and North America from 1990 to 2008. *Water Air Soil Pollut.* Vol. **225** (3).

HOLUBOVÁ ŠMEJKALOVÁ, A., 2016. Vliv druhu a intenzity padajících srážek na množství celkových a podkorunových srážek na měřící lokalitě Observatoř Košetice. *Meteorologické zprávy*, roč. **69**, č. 4, s. 115–120.

HŮNOVÁ, I., 2001. Spatial interpretation of ambient air quality for the territory of the Czech Republic. *Environmental Pollution*, Vol. **112** (2), s. 107–119.

HŮNOVÁ, I., MAZNOVÁ, J., KURFÜRST, P., 2014. Trends in atmospheric deposition fluxes of sulphur and nitrogen in Czech Forests. *Environmental pollution*, Vol. **184**, s. 668–675.

ICP FORESTS, 2011. ICP Forests monitoring manual [online]. [cit. 27. 4. 2020]. Dostupné z WWW: <http://icp-forests.net/page/icp-forests-manual>.

JANÍK, R. et al., 2012. Time trends of SO<sub>4</sub><sup>2-</sup> concentration and deposition of S–SO<sub>4</sub><sup>2-</sup> in precipitation, throughfall and soil solutions in a beech forest stand in Štiavnické vrchy Mts. *Beskydy*, Vol. **5**, č. 1, Brno: Mendelova univerzita, s. 79–86. ISSN 1803-2451.

KRAVITZ, B., ROBOCK, A., OMAN, L., STENCHIKOV, G., MARQUARDT, A. B., 2009. Sulfuric acid deposition from stratospheric geoengineering with sulfate aerosols. *Journal of Geophysical Research: Atmospheres*, Vol. **114** (D14).

MOLDAN, B., SCHNOOR, J. L., 1992. Czechoslovakia: examining a critically ill environment. *Environmental science & technology*, Vol. **26** (1), s. 14–21.

OULEHLE, F. et al., 2014. Long-term hydrochemical monitoring in the Anenský Potok catchment as a part of the GEOMON network. In: VÁŇA M., DVORSKÁ A. et al., 2014. Košetice Observatory – 25 Years. Praha: ČHMÚ, s. 85–91. ISBN 978-80-87577-40-0.

SOBÍŠEK, B., 1993. Meteorologický slovník výkladový terminologický: S cizojazyčnými názvy hesel ve slovenštině, angličtině, němčině, francouzštině a ruštině. Praha: Academia.

SYKE, 2013. International Cooperative Programme on Integrated Monitoring of Air Pollution Effects on Ecosystems (ICP IM) [online]. [cit. 27. 4. 2020]. Dostupné z WWW: [https://www.syke.fi/en-US/Research\\_Development/Nature/Monitoring/Integrated\\_Monitoring](https://www.syke.fi/en-US/Research_Development/Nature/Monitoring/Integrated_Monitoring).

ŠKVARENINA, J., 1998. Kyslé horizontálne zrážky v jedľo-bukovom ekosystéme v rokoch 1989–1997. Štúdia Slovenskej bioklimatickej spoločnosti pri SAV, Štúdia XV., ročník **XII.**, Bratislava Nitra: Vydavateľstvo Slovenskej Poľnohospodárskej Univerzity, 52 s.

TESAŘ, M., ŠÍR, M., FOTTOVÁ, D., 2005. Usazené srážky a chemismus malého horského povodí. In: *Hydrologie malého povodí 2005*, Praha: Ústav pro hydrodynamiku AV ČR, s. 343–350. ISBN 80-02-01754-4.

VÁŇA, M. et al., 1995. Kvalita přírodního prostředí České republiky na regionální úrovni. Praha: ČHMÚ, 88 s. ISBN 80-85813-20-3.

VÁŇA, M., DVORSKÁ, A. et al., 2014. Košetice Observatory – 25 Years. Praha: ČHMÚ, 92 s. ISBN 978-80-87577-40-0.

VÁŇA, M., HOLOUBEK, I. et al., 2007. Košetice Observatory – 20 Years. Praha: ČHMÚ, 151 s. ISBN 978-80-86690-46-9.

WARBY, R. A. F., JOHNSON, C. E., DRISCOLL, C. T., 2009. Continuing acidification of organic soils across the northeastern USA: 1984–2001. *Soil Sci. Soc. Am. J.*, Vol. **73** (1), s. 274–284.

WATMOUGH, S. A., DILLON, P. J., 2004. Major element fluxes from a coniferous catchment in central Ontario, 1983–1999. *Biogeochemistry*, Vol. **67** (3), s. 369–398.

### Lektoři (Reviewers):

doc. RNDr. Iva Hůnová, CSc.,  
RNDr. Vladimíra Volná



# Hodnocení metod stanovení podmínek pro rozptyl znečišťujících látek v období 2007–2018 v Ústeckém kraji

## Evaluation of methods for determination of pollutant dispersion conditions in 2007–2018 in the Ústí nad Labem region

Hana Škáchová

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

**The need to evaluate the dispersion conditions was linked to the increasing air pollution in the second half of the 20th century. Dispersion conditions describe the ability of the atmosphere to disperse pollutants. Information about the rates and patterns of dispersion has become an important part of a daily weather forecast. This thesis summarises historical concept and evaluation of dispersion conditions. The thesis compares two methods of determining dispersion conditions, namely the assessment by the CHMI branch in Ústí nad Labem and dispersion conditions based on the ventilation index computed by the ALADIN model for the period 2007–2018. The thesis analyses the dependence of selected pollutants on the ventilation index.**

**KLÍČOVÁ SLOVA:** podmínky rozptylové – index ventilační – kvalita ovzduší – model ALADIN

**KEYWORDS:** dispersion conditions – ventilation index – air quality – ALADIN model

## 1. Úvod

V souvislosti se znečištěním ovzduší se používá pojem „meteorologické podmínky pro rozptyl škodlivin“ (dále rozptylové podmínky), definující schopnost atmosféry rozptylovat znečišťující látky vypouštěné do ovzduší. V současné době tvoří rozptylové podmínky nedílnou součást předpovědi počasí. Pro jejich hodnocení během různých časových období je třeba objektivních parametrů, mezi které patří ventilační index. Lze jej charakterizovat jako číselné vyjádření rozptylových podmínek. Od prosince 2012 je ventilační index součástí předpovědního numerického modelu ALADIN.

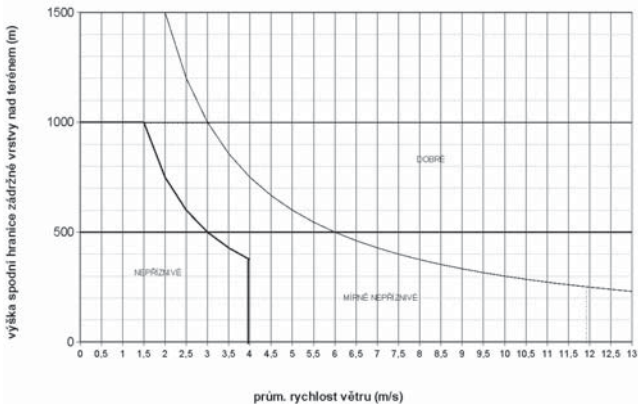
Tento článek prezentuje výsledky bakalářské práce (Škáchová 2019), v jejímž rámci byla srovnávána metodicky historická koncepce vyhodnocování rozptylových podmínek s ventilačním indexem počítaným modelem ALADIN v Ústeckém kraji. Součástí práce byla i základní analýza závislosti vybraných znečišťujících látek na ventilačním indexu.

## 2. Vývoj metodiky stanovení rozptylových podmínek v ČR

Špatná kvalita ovzduší ve druhé polovině 20. století iniciovala potřebu regulovat míru znečištění. Od roku 1973 se začal zavádět do provozu prognózní a signální systém (PSS) pro regulaci emisí z vybraných zdrojů znečišťování ovzduší v Severočeské hnědohelné pánvi. Jeho součástí byly, kromě regulačních plánů, i výstrahy na meteorologické situace, při kterých dochází k výskytu vysokých koncentrací znečišťujících látek v ovzduší. Od 30. září 1981 byla činnost PSS zajišťována Českým hydrometeorologickým ústavem, a to pobočkou v Ústí nad Labem a observatoří Tušimice. PSS byl v provozu vždy v období od 1. září do 15. dubna následujícího roku. Mezi hlavní podklady pro vydávání výstrah patřila předpověď meteorologické situace a data z meteorologických stanic, hodnocení rozptylových podmínek a měření koncentrací oxidu siřičitého SO<sub>2</sub> (Bubník 1983). Rozptylové podmínky byly zpočátku definovány buď jako příznivé, nebo nepříznivé. Vycházelo se z předpovědi rychlosti větru v 10 m nad zemí, teploty vzduchu ve 2 m nad zemí a teploty vzduchu v hladině 850 hPa. Pokud byl v následujících 24 hodinách předpoklad teplotní inverze (definována v PSS tak, že teplota v hladině 850 hPa je vyšší než teplota ve 2 m nad zemí) a současně rychlosti větru menší než 4 m·s<sup>-1</sup>, byly rozptylové podmínky hodnoceny jako nepříznivé. Postupně se tato pravidla ukázala jako nedostačující a rozptylové podmínky se začaly vyhodnocovat nejen podle situace při zemi a v hladině 850 hPa, ale začalo se přihlížet i k profilu teploty a větru v mezní vrstvě atmosféry. Důležitými faktory byla výška a mohutnost inverzní vrstvy a rychlost větru pod výškovou inverzí, resp. v inverzní vrstvě inverze přízemní. Vztah mezi výškou spodní hladiny inverze a průměrnou rychlostí větru pod ní víceméně odpovídá současnému výpočtu ventilačního indexu.

V listopadu 1988 došlo vlivem mohutné přízemní inverze a lokálních zdrojů znečišťování k výraznému zhoršení imisní situace, kterou PSS nemohl podchytit. V návaznosti na tuto situaci se začaly informace o rozptylových podmínkách a o znečištění ovzduší zveřejňovat, přičemž se začala používat upravená metodika vyhodnocování rozptylových podmínek. Metodika rozlišovala tři typy rozptylových podmínek: dobré, zhoršené a nepříznivé (Jůza 1996). Nepříznivé podmínky jsou definovány mohutnou inverzí v kombinaci se slabým větrem s dobou trvání nejméně 24 hodin. Zhoršené rozptylové podmínky pak nastávají v případě inverze, ale nesplňují parametry nepříznivých rozptylových podmínek. V roce 1996 došlo z jazykových důvodů k přejmenování „zhoršených rozptylových podmínek“ na „mírně nepříznivé rozptylové podmínky“. Při dobrých rozptylových podmínkách se ve výšce 1 až 1,5 km nevyskytuje taková inverze, která by omezovala rozptyl škodlivin

Charakteristika rozptylových podmínek v severočeské oblasti



**Obr. 1** Graf závislosti rozptylových podmínek na rychlosti větru a výšce spodní hranice inverze, zdroj: ČHMÚ Ústí nad Labem.

Fig. 1. Dependence of dispersion conditions on wind speed and height of lower limit of inversion, source: CHMI Ústí nad Labem.

**Tab. 1** Hraniční hodnoty VI a slovní hodnocení RP (Keder, Škáchová 2011).

Table 1. Limit values of VI and verbal evaluation of DC (Keder, Škáchová 2011).

Ventilační index [ $m^2 \cdot s^{-1}$ ]	Hodnocení rozptylových podmínek
< 200	Nepříznivé
200–400	Mírně nepříznivé
400–500	Dobré
> 500	Výborné

a/nebo je rychlost proudění pod inverzí dostatečná ke vzniku mechanických turbulencí zajišťující dostatečný rozptyl. Spodní hranice pro dobré rozptylové podmínky byla empiricky stanovena na hodnotu  $3\ 000\ m^2 \cdot s^{-1}$  (obr. 1).

Vyhlašování smogových situací je od roku 2012 definováno přímo zákonem o ochraně ovzduší č. 201/2012 Sb. v platném znění. V §10 je definován termín smogová situace jako „stav mimořádně znečištěného ovzduší, kdy úroveň znečištění oxidem siřičitým, oxidem dusičitým, částicemi  $PM_{10}$  nebo troposférickým ozonem překročí některou z prahových hodnot“ (Zákon č. 201/2012 Sb.) Dne 1. ledna 2017 vešla v platnost novela tohoto zákona, která mimo jiné upravila způsob vyhlašování smogových situací a regulací zejména pro suspendované částice  $PM_{10}$ . Způsob vyhlašování a odvolávání smogových situací je podrobně popsán v příloze č. 6 zákona o ovzduší. Kromě prahových hodnot a povolené doby překročení na daném počtu stanic je kladen důraz i na předpověď meteorologické situace a rozptylových podmínek. (Zákon č. 201/2012 Sb.)

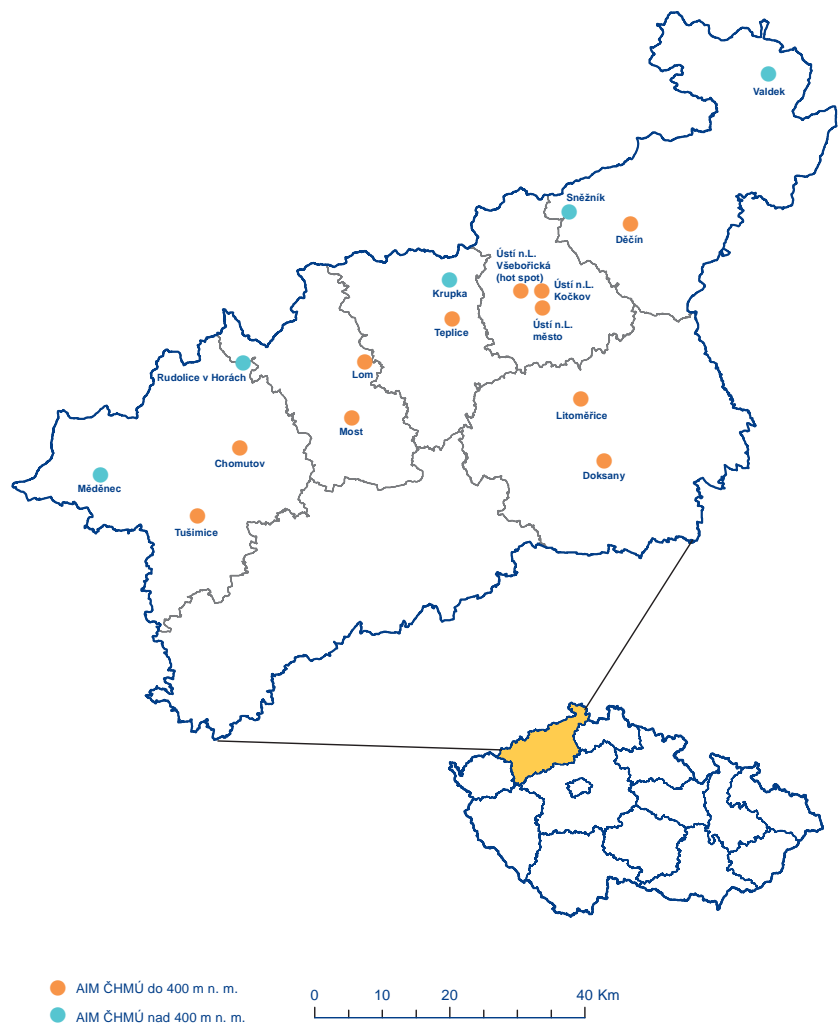
Pro hodnocení rozptylových podmínek se v současné době využívá jako jeden z podkladů ventilační index.

### 3. Ventilační index

Ferguson (2001) definuje ventilační index jako součin výšky směšovací vrstvy a průměrné rychlosti větru uvnitř této vrstvy. Směšovací vrstvou se rozumí vrstva ovzduší přiléhající k zemskému povrchu, která je shora ohraničena spodní hranicí nejnižší zádržné teplotní vrstvy (inverze). Ve směšovací vrstvě probíhá promíchávání vzduchové hmoty, přičemž platí, že čím je toto promíchávání intenzivnější, tím je výška směšovací vrstvy vyšší. S rostoucí rychlostí větru a výškou směšovací vrstvy dochází k většímu rozptylu znečišťujících látek, a tedy i k poklesu jejich koncentrací. Dá se tedy říci, že vyšší hodnota ventilačního indexu odpovídá lepším rozptylovým podmínkám. (Keder, Škáchová 2011)

V Severní Americe je ventilační index používán jako diagnostický nástroj pro hodnocení rozptylu kouře z přírodních požárů.

V USA je ventilační index součástí standardních výstupů Národní meteorologické služby (National Weather Service, NWS). Jednotlivé státy si přizpůsobují kategorizaci ventilačního indexu na místní klimatické podmínky. Například ve státu Utah jsou používány tři kategorie ventilačního indexu. Hodnoty VI



**Obr. 2** Rozložení stanic AIM ČHMÚ v Ústeckém kraji s měřením v období 2007–2018, zdroj dat: ČHMÚ.

Fig. 2. Distribution of AIM CHMI stations in the Ústí nad Labem region with measurements in the period 2007–2018, data source: CHMI.

**Tab. 2 Členění rozptylových podmínek na základě ventilačního indexu (model ALADIN) do tříd podle RPP Ústí nad Labem.**

Table 2. Division of dispersion conditions based on ventilation index (ALADIN model) into classes according to RPP Ústí nad Labem.

Skupina	Název	Charakteristika
1. skupina	Dobré RP	Celodenně hodnoty VI nad 3 000 m <sup>2</sup> .s <sup>-1</sup>
2. skupina	Částečně mírně nepříznivé RP	Během dne se vyskytly hodnoty VI nad 3 000 m <sup>2</sup> .s <sup>-1</sup>
3. skupina	Mírně nepříznivé RP	Celodenně hodnoty VI pod 3 000 m <sup>2</sup> .s <sup>-1</sup> , avšak hodnoty VI pod 1 100 m <sup>2</sup> .s <sup>-1</sup> maximálně 17 hodin
4. skupina	Nepříznivé RP	Hodnoty VI pod 1 100 m <sup>2</sup> .s <sup>-1</sup> po dobu alespoň 18 hodin

**Tab. 3 Seznam stanic AIM v Ústeckém kraji s měřením v období 2007–2018, zdroj dat: ČHMÚ.**

Table 3. List of AIM stations in the Ústí nad Labem Region with measurements in 2007–2018, data source: CHMI.

Kód lokality	Název lokality	Vlastník lokality	Nadmořská výška
UDCM	Děčín	ČHMÚ	131
UULM	Ústí n.L.-město	ČHMÚ	147
UDOK	Doksany	ČHMÚ	158
ULTT	Litoměřice	ČHMÚ	190
UMOM	Most	ČHMÚ	221
UULD	Ústí n.L.-Všebořická (hot spot)	ČHMÚ	230
UTPM	Teplice	ČHMÚ	257
ULOM	Lom	ČHMÚ	265
UTUS	Tušimice	ČHMÚ	322
UCHM	Chomutov	ČHMÚ	344
UULK	Ústí n.L.-Kočkov	ČHMÚ	367
UVAL	Valdek	ČHMÚ	438
UKRU	Krupka	ČHMÚ	533
USNZ	Sněžník	ČHMÚ	590
UMED	Měděnec	ČHMÚ	827
URVH	Rudolice v Horách	ČHMÚ	840

Pozn.: Šedou barvou jsou označeny stanice nad 400 m n. m., které nejsou v této práci zahrnuty.

nižší než 500 knots-ft/100<sup>1</sup> jsou definovány jako špatné rozptylové podmínky a platí při nich zákaz rozdělávání otevřených ohňů. Naopak hodnoty VI vyšší než 1000 knots-ft/100 znamenají vynikající rozptylové podmínky (NWS 2019).

V Kanadě jsou hodnoty ventilačního indexu z důvodu snadnějšího použití konvertovány do stupnice o rozpětí 0–100, která je rozdělena do tří kategorií, slovně pojmenovaných jako „POOR“ (0–33), „FAIR“ (34–54) a „GOOD“ (55–100) (BC 2019a). Otevřený venkovní oheň je povoleno zakládat pouze v případě, že předpověď na daný den je „GOOD“ a na následující den minimálně „FAIR“. Informace jsou laické i odborné veřejnosti předávány prostřednictvím textových předpovědí (SCCAS 2019) či pomocí interaktivní mapy, která přibližuje situaci pro daný den a lokalitu jednoduchým a přehledným způsobem (BC 2019b).

V České republice prezentoval myšlenku ventilačního indexu poprvé J. Keder v roce 2011 na konferenci Ochrana ovzduší ve státní správě (Keder, Škáchová 2011). Ventilační index (VI), včetně hraničních hodnot, je zde přejímán z Fergusona (2001):

$$VI = 0,0638 \cdot MH \cdot WS_{\text{avg}} [\text{m}^2 \cdot \text{s}^{-1}],$$

kde MH je výška směšovací vrstvy a  $WS_{\text{avg}}$  průměrné rychlosti větru uvnitř směšovací vrstvy. Konstanta 0,0638 převádí anglosaské jednotky na metrické a kalibruje kategorie rozptylových podmínek (tab. 1).

Ventilační index nabývá v našich podmínkách hodnot až desítek tisíc m<sup>2</sup>.s<sup>-1</sup>. Na rozdíl od americké kategorizace jsou nepříznivé rozptylové podmínky definovány hodnotami VI do 1 100 m<sup>2</sup>.s<sup>-1</sup>, mírně nepříznivé RP hodnotami VI od 1 100 do 3 000 m<sup>2</sup>.s<sup>-1</sup> a dobré RP hodnotami VI nad 3 000 m<sup>2</sup>.s<sup>-1</sup> (ČHMÚ 2018).

## 4. Použitá data a metoda zpracování

Zpracované období (2007–2018) bylo zvoleno s ohledem na dostupnost dat ventilačního indexu, vypočítaných oddělením numerické meteorologie ČHMÚ zpětnou analýzou modelu ALADIN. Výchozí soubor dat obsahuje rozptylové podmínky vyhodnocované regionálním předpovědním pracovištěm ČHMÚ v Ústí nad Labem, rozptylové podmínky určené ventilačním indexem, denní průměr ventilačního indexu, denní průměrné koncentrace oxidu siřičitého SO<sub>2</sub>, oxidů dusíku NO<sub>x</sub> a suspendovaných částic PM<sub>10</sub> pro každý den daného období, tj. 4 377 dní (uvažovány dny bez chybějících hodnot).

Ventilační index z modelu ALADIN rozlišuje pouze 3 typy RP (ČHMÚ 2018). Rozptylové podmínky vyhodnocované RPP Ústí nad Labem se dělí do 4 typů: celodenně dobré RP, část dne dobré RP, celodenně mírně nepříznivé RP a nepříznivé RP. Pro potřeby této práce byly třídy rozptylových podmínek dle ventilačního indexu přizpůsobeny metodice RPP Ústí nad Labem, a to na základě hodinových dat ventilačního indexu (tab. 2).

Vybrané polutanty – suspendované částice PM<sub>10</sub>, oxid siřičitý SO<sub>2</sub>, oxidy dusíku NO<sub>x</sub> – jsou dlouhodobě nejvýznamnější znečišťující látky v dané oblasti, pro něž byly rozptylové podmínky RPP Ústí nad Labem primárně definovány. Hodnoceny byly průměrné denní koncentrace za Ústecký kraj, počítané jako průměr z denních průměrů naměřených na stanicích AIM ČHMÚ v Ústeckém kraji, pro které jsou v daném období dostupná data (tab. 3). Vzhledem k tomu, že rozptylové podmínky jsou stanovovány pro obydlenou oblast, byly do průměru zahrnuty pouze stanice s nadmořskou výškou nižší než 400 m n. m. (obr. 2). Data byla zpracována v programech Microsoft Excel, GIS a IBM SPSS. Veškerá data byla poskytnuta Českým hydrometeorologickým ústavem.

## 5. Výsledky

### 5.1 Porovnání hodnocení rozptylových podmínek RPP Ústí nad Labem a pomocí ventilačního indexu

Počty jednotlivých typů rozptylových podmínek jsou během sledovaného období srovnatelné (tab. 4). Nejvíce byl vyhodnocován druhý typ RP (částečně mírně nepříznivé), naopak nejméně čtvrtý typ RP (nepříznivé). Výskyt prvního a druhého typu RP je u obou způsobů hodnocení obdobný. Výrazný rozdíl pak nastává u třetího a čtvrtého typu. Zatímco RPP Ústí nad Labem vyhodnotilo mírně nepříznivé RP celkem 698× a nepříznivé pouze 31×, podle ventilačního indexu je počet obou typů RP srovnatelný, s menší převahou mírně nepříznivých.

<sup>1</sup> Knots-ft/100 = uzel (námořní míle za hodinu) krát stopa děleno 100.

**Tab. 4 Počty jednotlivých typů rozptylových podmínek podle RPP Ústí nad Labem a ventilačního indexu (model ALADIN), období 2007–2018.**

Table 4. Numbers of individual types of dispersion conditions by RPP Ústí nad Labem and ventilation index (ALADIN model), 2007–2018.

Rozptylové podmínky		RPP Ústí nad Labem	Ventilační index (model ALADIN)
1	Dobré RP	1051	1143
2	Částečně mírně nepříznivé RP	2597	2755
3	Mírně nepříznivé RP	698	275
4	Nepříznivé RP	31	204

**Tab. 5 Celkové srovnání vyhodnocených rozptylových podmínek RPP Ústí nad Labem a určených RP podle ventilačního indexu (model ALADIN) v období 2007–2018.**

Table 5. General comparison of evaluated dispersion conditions of RPP Ústí nad Labem and determined DC according to ventilation index (ALADIN model) in the period 2007–2018.

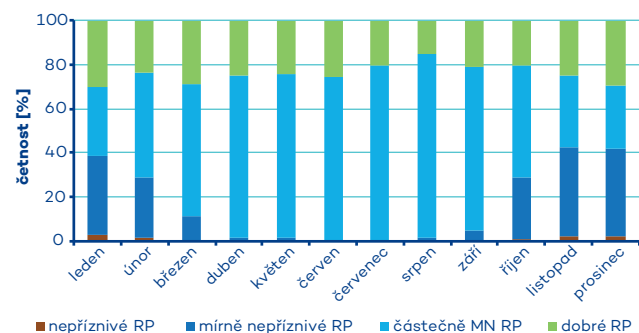
	Počet výskytů [dny]	Četnost výskytů [%]
Stejně RP	2756	63,0
Rozdíl jednoho stupně	1528	34,9
Rozdíl dvou stupňů	84	1,9
Rozdíl tří stupňů	9	0,2
<b>Celkem</b>	<b>4377</b>	<b>100</b>

**Tab. 6 Srovnání vyhodnocených rozptylových podmínek RPP Ústí nad Labem a určených RP podle ventilačního indexu (model ALADIN) v období 2007–2018.**

Table 6. Comparison of evaluated dispersion conditions of RPP Ústí nad Labem and determined DPs according to ventilation index (ALADIN model) in the period 2007–2018.

Ventilační index	RPP Ústí nad Labem				Celkem
	Dobré	Částečně MN	Mírně nepříznivé	Nepříznivé	
Dobré	614	496	33	0	<b>1143</b>
Částečně MN	408	1971	371	5	<b>2755</b>
Mírně nepříznivé	20	104	148	3	<b>275</b>
Nepříznivé	9	26	146	23	<b>204</b>
<b>Celkem</b>	<b>1051</b>	<b>2597</b>	<b>698</b>	<b>31</b>	<b>4377</b>

Roční chod obou způsobů hodnocení rozptylových podmínek je obdobný (obr. 3, obr. 4). Dobré RP jsou nejvíce vyhodnocovány v lednu a prosinci, nejméně pak v srpnu. Částečně mírně nepříznivé RP mají oproti prvnímu typu opačný chod, nejvyšší četnosti jsou zaznamenány v srpnu, naopak nejméně v lednu a prosinci. Třetí a čtvrtý typ RP mají maxima opět v zimních, resp. podzimních měsících a minima během letní sezony. Ve sledovaném období hodnotilo RPP Ústí nad Labem rozptylové



**Obr. 3 Roční chod četností vyhodnocených rozptylových podmínek RPP Ústí nad Labem v období 2007–2018.**

Fig. 3. Annual course of frequencies of evaluated dispersion conditions of RPP Ústí nad Labem in the period 2007–2018.

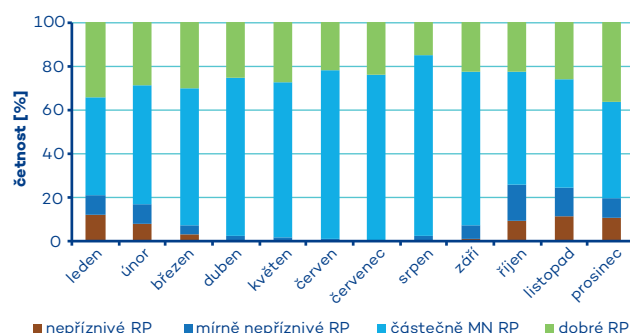
podmínky od března do září jen jako dobré až mírně nepříznivé, v červnu a v červenci dokonce pouze dobré a částečně mírně nepříznivé. Oproti tomu mírně nepříznivé RP určené ventilačním indexem se vyskytují během celého roku. Nepříznivé RP podle ventilačního indexu se od března do září vyskytují řádově méně často, případně vůbec (duben, červenec, srpen).

Typy rozptylových podmínek určené na základě ventilačního indexu se s hodnocením podle RPP Ústí nad Labem shodují ve 2 756 případech z celkového počtu 4 377, tj. 63 % (tab. 5). Odlišně o jeden stupeň bylo určeno 1 528 případů, tj. 34,9 %, o dva stupně pak 84 případů, tj. 1,9 %. Největší rozdíl, o tři stupně, nastal devětkrát, tj. v 0,2 %. Ve všech těchto devíti případech určil ventilační index rozptylové podmínky jako nepříznivé, zatímco RPP Ústí nad Labem vyhodnotilo rozptylové podmínky jako dobré. Opačný případ, kdy by ventilační index určil RP jako dobré, avšak RPP by vyhodnotilo RP jako nepříznivé, během sledovaného období nenastal (tab. 6). Všechny devět případů největších rozdílů mezi hodnocením RP podle RPP Ústí nad Labem a podle ventilačního indexu nastalo v zimním období (listopad–únor), z toho pět v roce 2010, dva v roce 2014 a po jednom v letech 2011 a 2013.

## 5.2 Ventilační index a koncentrace vybraných znečišťujících látek

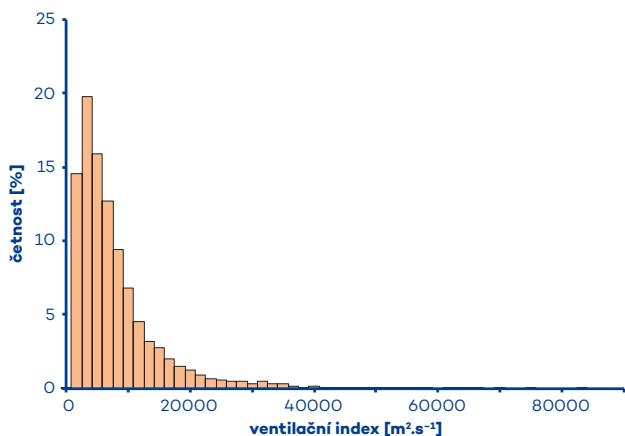
Histogramy denních průměrů ventilačního indexu a koncentrací posuzovaných znečišťujících látek mají silně nesymetrické rozdělení (obr. 5, obr. 6, obr. 7, obr. 8).

Závislost průměrných denních koncentrací jednotlivých znečišťujících látek na ventilačním indexu znázorňují obrázky 9, 10 a 11. Barevně jsou odlišeny koncentrace naměřené při jednotlivých typech rozptylových podmínek definovaných na základě ventilačního indexu (tab. 2). Současně je v grafech vyznačena křivka a rovnice regresní závislosti s nejvyšší hodnotou spolehlivosti (koeficient determinace  $R^2$ ). Z grafů je patrné,

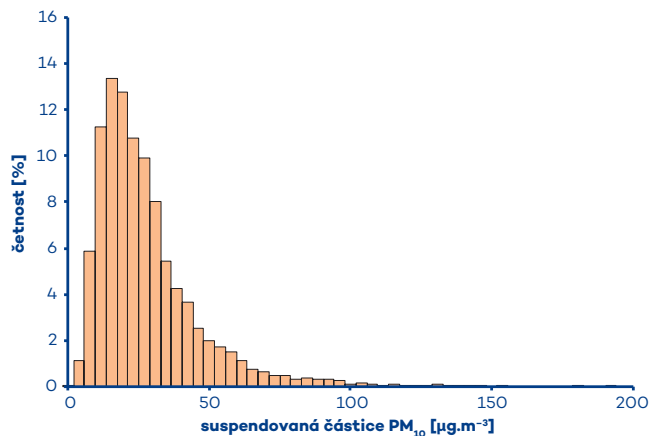


**Obr. 4 Roční chod četností rozptylových podmínek podle ventilačního indexu (model ALADIN) v období 2007–2018.**

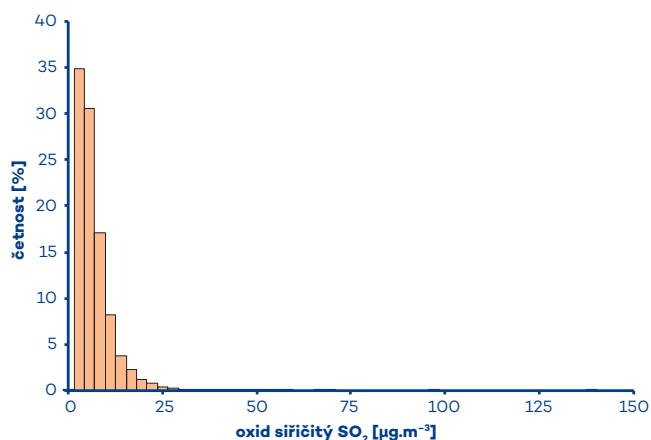
Fig. 4. Annual course of the scattering conditions according to the ventilation index (ALADIN model) in the period 2007–2018.



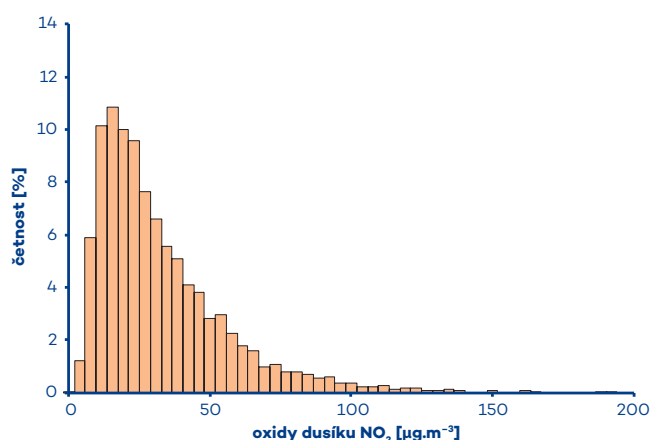
**Obr. 5 Histogram ventilačního indexu, období 2007–2018.**  
Fig. 5. Histogram of the ventilation index, 2007–2018.



**Obr. 6 Histogram koncentrací suspendovaných částic PM<sub>10</sub>, období 2007–2018.**  
Fig. 6. Histogram of concentrations of PM<sub>10</sub>, 2007–2018.



**Obr. 7 Histogram koncentrací oxidu siřičitého SO<sub>2</sub>, období 2007–2018.**  
Fig. 7. Histogram of concentrations of SO<sub>2</sub>, 2007–2018.



**Obr. 8 Histogram koncentrací oxidů dusíku NO<sub>x</sub>, období 2007–2018.**  
Fig. 8. Histogram of concentrations of NO<sub>x</sub>, 2007–2018.

že koncentrace klesají nelineárně (mocninově, resp. logaritmičticky) s rostoucím ventilačním indexem. Nejsilnější determinaci vykázaly suspendované částice PM<sub>10</sub> (regrese vysvětluje 40 % rozptylu), oxidy dusíku NO<sub>x</sub> (20 %), nejmenší pak oxid siřičitý SO<sub>2</sub> (15 %).

V případě vysokých hodnot ventilačního indexu se mohou ojediněle vyskytnout vysoké koncentrace a naopak. Při nízkých hodnotách ventilačního indexu se na druhé straně vyskytují vysoké i nízké koncentrace jednotlivých znečišťujících látek. Procentuální rozložení koncentrací škodlivin podle jednotlivých typů rozptylových podmínek je uvedeno na obr. 12 pro PM<sub>10</sub>, na obr. 13 pro SO<sub>2</sub> a na obr. 14 pro NO<sub>x</sub>. Barevně jsou rozlišeny intervaly vybraných percentilů (0, 2, 5, 25, 50, 75, 98, 100), které byly vybrány s ohledem na podchycení odlehých hodnot. Modrými odstíny jsou vyznačeny hodnoty nižší než medián (nebo jemu rovny), oranžovými odstíny hodnoty vyšší.

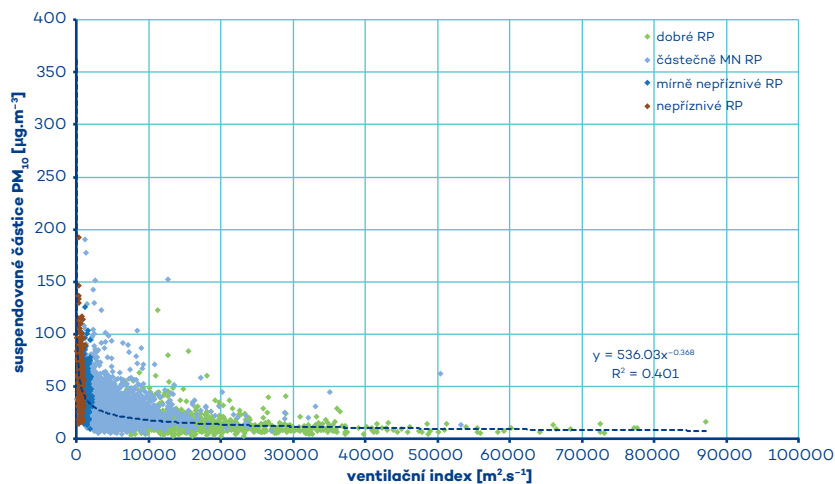
Hodnoty denního imisního limitu jsou na obrázcích vyznačeny vodorovnou čarou (PM<sub>10</sub> a SO<sub>2</sub>, pro NO<sub>x</sub> není denní imisní limit stanoven). V případě PM<sub>10</sub> a dobrých RP spadá více než 98 % hodnocených dní pod hodnotu denního imisního limitu, u částečně mírně nepříznivých RP je to více než 95 % hodnocených dní. V případě mírně nepříznivých RP překračuje hodnotu denního imisního limitu více než 25 % dní, zatímco u nepříznivých RP je to již více než 50 % dní.

Denní průměrné koncentrace SO<sub>2</sub> překračují hodnotu denního imisního limitu v méně než 1 % dní, zatímco při dobrých až mírně nepříznivých rozptylových podmínkách spadají všechny hodnocené dny pod tuto hodnotu denního imisního limitu.

## 6. Diskuse

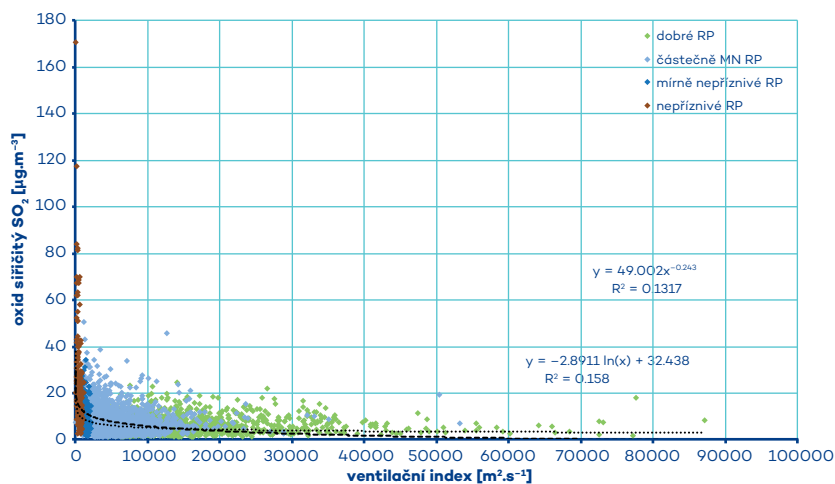
Hodnocení rozptylových podmínek na základě ventilačního indexu se s hodnocením podle RPP Ústí nad Labem velmi dobře shoduje v případě „dobrých“ a „částečně mírně nepříznivých“ rozptylových podmínek, přičemž samotný ventilační index nepatrně častěji klasifikuje rozptylové podmínky jako „dobré“ (o cca 9 % proti hodnocení RPP Ústí n. L.) nebo „částečně mírně nepříznivé“ (o cca 6 %). Výrazný rozdíl nastává u „mírně nepříznivých RP“ a „nepříznivých RP“. Zatímco RPP Ústí nad Labem vyhodnotilo „mírně nepříznivé RP“ celkem 698×, ventilační index jen 275× (39 % hodnocení RPP). Naopak, jako „nepříznivé“ vyhodnotilo RPP rozptylové podmínky jen v 31 dnech, ale ventilační index ve 204 dnech, tj. téměř sedmkrát častěji (tab. 4).

Rozdíly v hodnocení rozptylových podmínek jsou způsobeny primárně lidským faktorem. Pracovníci RPP Ústí nad Labem hodnotí rozptylové podmínky na základě dostupných podkladů v reálném čase, jako jsou např. meteorologická měření



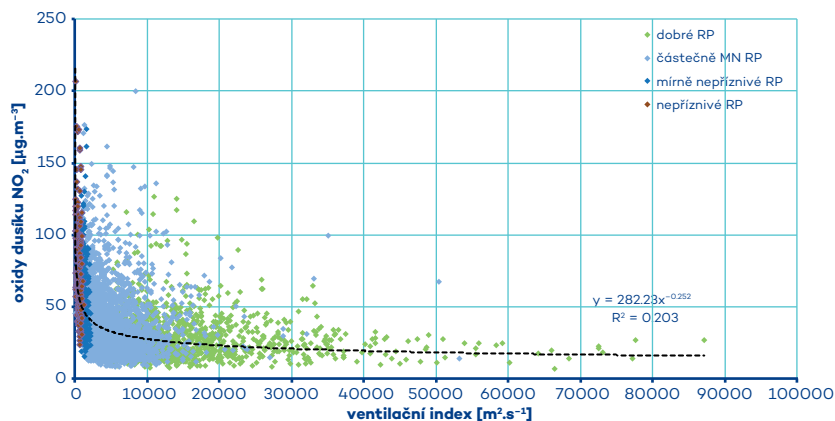
**Obr. 9 Závislost koncentrací suspendovaných částic PM<sub>10</sub> na ventilačním indexu rozdělených podle RP definovaných na základě VI z modelu ALADIN, období 2007–2018.**

Fig. 9. Dependence of concentrations of PM<sub>10</sub> on the ventilation index classified by DC defined on the basis of VI from the ALADIN model, 2007–2018.



**Obr. 10 Závislost koncentrací oxidu siřičitého SO<sub>2</sub> na ventilačním indexu rozdělených podle RP definovaných na základě VI z modelu ALADIN, období 2007–2018.**

Fig. 10. Dependence of concentrations of SO<sub>2</sub> on the ventilation index classified by DC defined on the basis of VI from the ALADIN model, 2007–2018.



**Obr. 11 Závislost koncentrací oxidů dusíku NO<sub>x</sub> na ventilačním indexu rozdělených podle RP definovaných na základě VI z modelu ALADIN, období 2007–2018.**

Fig. 11. Dependence of concentrations of NO<sub>x</sub> on the ventilation index classified by DC defined on the basis of VI from the ALADIN model, 2007–2018.

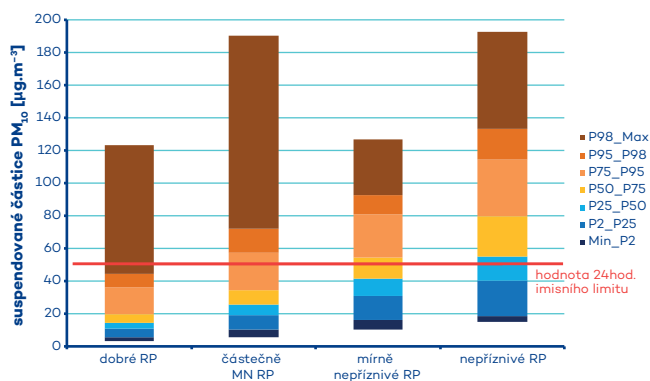
a pozorování z dostupné staniční sítě, a dále na základě osobních zkušeností a také znalostí dané oblasti. Model ALADIN z principu nemůže všechny tyto další aspekty podchytit. Jeho výhodou je však síť uzlových bodů s výrazně vyšší hustotou, než jakou disponuje staniční síť.

Analýza závislosti koncentrací tří vybraných znečišťujících látek prokázala klesající trend jejich koncentrací s rostoucí hodnotou ventilačního indexu, vyjádřený mocninnou, resp. logaritmickou závislostí. Regresními rovnicemi lze vyjádřit 40 % rozptylu u suspendovaných částic PM<sub>10</sub>, 20 % u oxidů dusíku NO<sub>x</sub> a pouze 16 % u oxidu siřičitého SO<sub>2</sub>. Při vysokých hodnotách ventilačního indexu se mohou ojediněle vyskytnout vysoké koncentrace jednotlivých znečišťujících látek v ovzduší. Při nízkých hodnotách ventilačního indexu se vyskytují vysoké i nízké koncentrace.

Výsledky analýzy jsou v souladu s předpokladem uvedeným v kap. 3, že nepříznivé či mírně nepříznivé rozptylové podmínky nemusí nutně znamenat vysoké koncentrace znečišťujících látek a že k významným a plošně rozsáhlým překročením imisních limitů dochází téměř výhradně při hodnotách ventilačního indexu pod 3 000 m<sup>2</sup>.s<sup>-1</sup> (resp. 1 100 m<sup>2</sup>.s<sup>-1</sup>). Záleží mj. na charakteru a délce trvání povětrnostní situace, denní a roční době, výchozí úrovni znečištění a jejím dlouhodobém trendu, rozložení zdrojů a jejich emisích do vrstvy atmosféry pod inverzí, na výšce spodní hranice inverzní vrstvy a její tloušťce, na rozložení rozptylových podmínek během dne. Dobré, mírně nepříznivé a nepříznivé RP mají maximum v zimních měsících, částečně mírně nepříznivé RP mají maximum v letních měsících. Mírně nepříznivé a nepříznivé RP se v letních měsících prakticky nevyskytují.

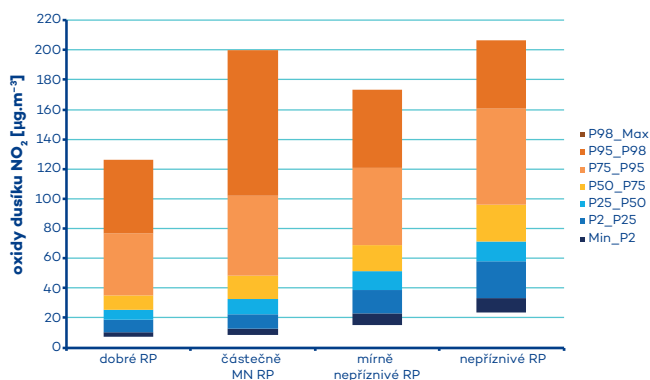
Je třeba zdůraznit, že byly hodnoceny plošné denní průměry na úrovni kraje. Zatímco u ventilačního indexu šlo o průměry počítané v husté síti uzlových bodů rovnoměrně rozmístěných na celé ploše kraje, v případě imisních hodnot šlo o průměry z omezeného počtu stanic provozovaných Českým hydro-meteorologickým ústavem (z toho důvodu např. chybí imisní údaje okresu Louny), umístěných v nadmořských výškách do 400 m n. m.

Možnosti využití VI by patrně bylo možno zvýšit na základě podrobnějších analýz, které se ale vymykají rozsahu prezentovaného článku. Naskytá se i otázka, zda denní aritmetický průměr VI je optimální charakteristikou ve vztahu k denním průměrným koncentracím imisí.



**Obr. 12** Percentuální rozložení koncentrací suspendovaných částic PM<sub>10</sub> podle typů RP definovaných na základě VI. Barvy sloupců označují rozpětí hodnot vybraných percentilů (P2, P25, P50, P75, P95, P98), období 2007–2018.

Fig. 12. Percentage distribution of concentrations of PM<sub>10</sub> by DC types defined on the basis of VI. Column colors indicate the range of values of selected percentiles (P2, P25, P50, P75, P95, P98), 2007–2018.



**Obr. 14** Percentuální rozložení koncentrací oxidů dusíku NO<sub>x</sub> podle typů RP definovaných na základě VI. Barvy sloupců označují rozpětí hodnot vybraných percentilů (P2, P25, P50, P75, P98), období 2007–2018.

Fig. 14. Percentage distribution of concentrations of NO<sub>x</sub> by DC types defined on the basis of VI. Column colors indicate the range of values of selected percentiles (P2, P25, P50, P75, P98), 2007–2018.

## 7. Závěr

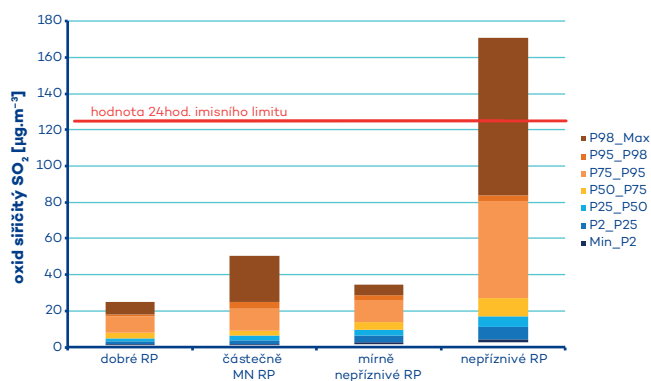
V práci byly porovnávány dva způsoby určování rozptylových podmínek, tj. hodnocení pobočkou ČHMÚ Ústí nad Labem a určení pomocí ventilačního indexu na základě modelu ALADIN.

Typ RP byl oběma způsoby hodnocení určen stejně nebo velmi podobně v 98 % dní uvažovaného období, naopak k největšímu rozdílu došlo v 0,2 %, tedy v devíti dnech ze 4 377 hodnocených dní.

Koncentrace suspendovaných částic PM<sub>10</sub>, oxidu siřičitého SO<sub>2</sub> a oxidů dusíku NO<sub>x</sub> klesají mocninově, resp. logaritmicky s rostoucí hodnotou ventilačního indexu. Nejsilnější závislost na ventilačním indexu vykazují suspendované částice PM<sub>10</sub> (koeficient determinace 0,4).

Při vysokých hodnotách ventilačního indexu se mohou ojedinele vyskytnout vysoké koncentrace jednotlivých látek v ovzduší. Při nízkých hodnotách ventilačního indexu se vyskytují vysoké i nízké koncentrace.

V Ústeckém kraji je ventilační index vhodným nástrojem pro



**Obr. 13** Percentuální rozložení koncentrací oxidu siřičitého SO<sub>2</sub> podle typů RP definovaných na základě VI. Barvy sloupců označují rozpětí hodnot vybraných percentilů (P2, P25, P50, P75, P98, P99), období 2007–2018.

Fig. 13. Percentage distribution of concentrations of SO<sub>2</sub> by DC types defined on the basis of VI. Column colours indicate the range of values of selected percentiles (P2, P25, P50, P75, P98, P99), 2007–2018.

objektivní hodnocení rozptylových podmínek, ale je vhodné jej používat společně s dalšími pomocnými kritérii. Použitelnost ventilačního indexu v ostatních krajích České republiky bude předmětem dalšího zkoumání.

## Literatura:

- BC, 2019a. Venting Index. Province of British Columbia [online]. [cit. 2019-03-29]. Dostupné z WWW: <http://www.env.gov.bc.ca/epd/bcairquality/readings/ventilation-index.html>.
- BC, 2019b. Ventilation Index Interactive Map. Government of British Columbia [online]. [cit. 2019-02-28]. Dostupné z WWW: <https://governmentofbc.maps.arcgis.com/apps/webappviewer/index.html?id=6d288bc667b24528a5c1e3b4c0373d07>.
- BUBNÍK, J., 1983. Prognózní a signální systém v Severočeském kraji. *Zpravodaj ČHMÚ*, č. 7, s. 2–7.
- ČHMÚ, 2018. Znečištění ovzduší na území České republiky v roce 2017. Praha: Český hydrometeorologický ústav. ISBN 978-80-87577-83-7.
- FERGUSON, S., 2001. Smoke dispersion prediction systems. In: C. HARDY, R. OTTMAR, J. PETERSON, J. CORE, P. SEAMON. *Smoke Management Guide for Prescribed and Wildland Fire: 2001 Edition* [online]. National Wildfire Coordination Group, s. 163–178 [cit. 2019-02-26]. Dostupné z WWW: <https://www.fs.fed.us/pnw/pubs/ottmar-smoke-management-guide.pdf>.
- JŮZA, P., 1996. Četnost výskytu nepříznivých rozptylových podmínek v Severočeské pánvi. *Meteorologické zprávy*, roč. 49, č. 6, s. 167–173. ISSN 0026-1173.
- KEDER, J., ŠKÁCHOVÁ, H., 2011. Hodnocení rozptylových podmínek pro šíření znečišťujících látek pomocí ventilačního indexu. In: *Ochrana ovzduší ve státní správě – teorie a praxe VII*. Chrudim: Vodní zdroje Ekomonitor, s. 19–23. ISBN 978-80-86832-62-3.
- NWS, 2019. Clearing index. National Weather Service [online]. [cit. 2019-03-29]. Dostupné z WWW: <https://www.weather.gov/slc/clearingindex>.
- SCCAS, 2019. Ventilation index. Clean Air Society [online]. [cit. 2019-02-26]. Dostupné z WWW: [https://www.cleanaironthecoast.com/cleanairsociety/ventilation\\_index](https://www.cleanaironthecoast.com/cleanairsociety/ventilation_index).
- ŠKÁCHOVÁ, H., 2019. Využití ventilačního indexu při stanovení podmínek pro rozptyl znečišťujících látek. Praha. Bakalářská práce. Univerzita Jana Evangelisty Purkyně v Ústí nad Labem. Fakulta životního prostředí. Vedoucí práce Martin NOVÁK.
- Zákon č. 201/2012 Sb., o ochraně ovzduší. In: *Sbírka zákonů*. 2. 5. 2012, částka 69. ISSN 1211-1244.

## Lektoři (Reviewers):

**Mgr. Radek Tomáš, RNDr. Vladimíra Volná**

# Zpráva Světové meteorologické organizace o stavu klimatu ve světě v roce 2019 – část II.

## The WMO report on the Status of the Global Climate in 2019 – part II.

Dokončení článku z minulého čísla Meteorologických zpráv

### 3.3.5 Deoxygenace oceánů

Měření i numerické modely ukazují, že množství kyslíku v současných oceánech a mořích (včetně ústí řek, zálivů a uzavřených moří) klesá. Od poloviny minulého století došlo k odhadovanému globálnímu snížení množství kyslíku v oceánu o 1–2 % (tj. 2,4–4,8 Pmol nebo 77–145 miliard tun). Pozorování oceánů v hloubce 200 m ukazují významné regionální rozdíly s nejvyšším úbytkem rozpuštěného kyslíku v posledních desetiletích na severní polokouli (obr. 11).

Předpokládá se, že 7 % snížení kyslíku od předindustriální úrovně ( $<80 \mu\text{mol.kg}^{-1}$ ) do roku 2100 změní biodiverzitu, složení, hojnost a rozložení mořského života. Nové studie dále ukazují, že deoxygenace spolu s oteplováním a okyslováním oceánů jsou hlavní hrozbou pro mořské ekosystémy, a tedy i pro život člověka. Dokonce i korálové útesy jsou aktuálně považovány za zranitelné úbytkem kyslíku.

### 3.4 Kryosféra

Kryosféra zahrnuje pevné srážky, sněhovou pokrývku, mořský led, led jezer a řek, ledovce, permafrost a sezonně zmrzlou půdu. Kryosféra je důkazem měnícího se klimatu, přesto je jednou z nejméně probádaných oblastí na Zemi. Povrchová měření jsou častá, jejich prostorové pokrytí je všeobecně nízké. Například rozsah mořského ledu je již mnoho let měřen z družic, ale měření dalších charakteristik kryosféry z vesmíru se stále rozvíjí. Mezi hlavní charakteristiky kryosféry patří rozsah mořského ledu, hmotnostní bilance ledovců a hmotnostní bilance ledové vrstvy Grónska. Informace o extrémních sněhových událostech roku 2019 jsou popsány v kapitole 3.6.

### 3.4.1 Mořský led

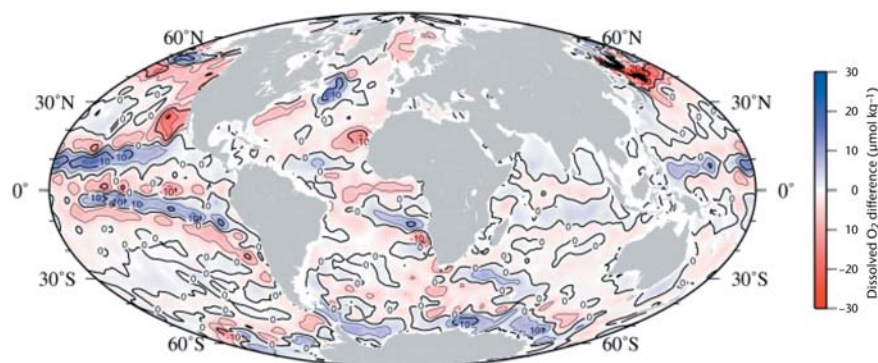
Rozsah arktického (stejně jako subarktického) mořského ledu zaznamenal ve všech měsících během satelitní éry (1979 až po současnost) dlouhodobý pokles, s regionálními výkyvy a s největšími relativními úbytky kolem doby ročního minima koncem letní sezony v září.

Maximální denní rozsah mořského ledu 14,78 milionu  $\text{km}^2$  v roce 2019, dosažený kolem 13. března, byl 7. nejnižším maximem, a březnový měsíční průměr byl také 7. nejnižší. Arktický letní minimální denní rozsah mořského ledu 4,15 milionů  $\text{km}^2$ , ke kterému došlo kolem 18. září, byl spolu s rokem 2007 a po roce 2016 rekordně druhým nejnižším. Průměrný měsíční rozsah v měsíci září byl 3. nejnižší v historii.

Rozloha mořského ledu zůstala do listopadu velmi nízká, ledové čelo postupovalo v Beaufortově, Čukotském, Karském a Barentsově moři pomaleji než obvykle. Okolo Špicberk byl však rozsah mořského ledu téměř průměrný. Od dubna do listopadu 2019 byly měsíční rozsahy mezi třemi nejnižšími zaznamenanými v těchto měsících, přičemž měsíční rozsah za říjen byl rekordně nejnižší v arktických regionálních mořích.

Ačkoli byl rozsah ledu v Beringově moři extrémně nízký, v přilehlém Ochotském moři byl téměř normální. Od ledna do srpna 2019 vál v oblasti Barentsova moře severní vítr, který znamenal, že rozsah ledu byl v severní části této oblasti blízko normálu, na rozdíl od minulého desetiletí, kdy byl podprůměrný. Zima 2018/2019 přinesla časnou tvorbu ledu na Velkých jezerech severní Ameriky a nadprůměrné pokrytí ledem. Maximální pokrytí na Velkých jezerech bylo na 145 % dlouhodobého průměru a 7. nejvyšší od sezony 1972/1973.

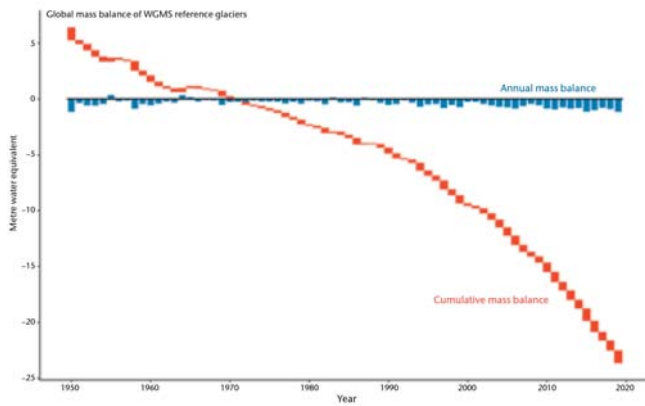
Do roku 2016 rozsah antarktického mořského ledu pomalu dlouhodobě narůstal. Koncem roku 2016 byl růst přerušen náhlým snížením na extrémně nízké hodnoty. Od té doby zůstává rozsah antarktického mořského ledu na relativně nízké úrovni. Rok 2019 měl tři měsíce s extrémně nízkým měsíčním rozsahem (květen, červen a červenec). Na konci australské zimy a na jaře byl rozsah blízko dlouhodobému průměru, ale měsíc listopad měl historicky druhý nejmenší rozsah a prosinec 4. nebo 5. nejnižší. Minimální denní rozsah mořského ledu (2,47 milionu  $\text{km}^2$ ) dosažený kolem 28. února, byl 7. nejnižší v historii. Maximální denní rozsah mořského ledu (18,4 milionů  $\text{km}^2$ ) byl dosažen kolem 30. září.



**Obr. 11** Změna množství rozpuštěného kyslíku mezi lety 2000–2018 a 1970–2018 pomocí odběrů vzorků ve 200 m. Zdroj: Atlas světového oceánu 2018 (Garcia et al. 2018).

Fig. 11. Dissolved oxygen difference between 2000–2018 and 1970–2018 using in situ measurements in 200-m seawater (bottle data), based on World Ocean Atlas 2018 (Garcia et al. 2018).





**Obr. 12** Roční (modrá) a kumulativní (červená) hmotnostní bilance referenčních ledovců s více než 30 lety probíhajícími glaciologickými měřeními. Globální hmotnostní bilance je založena na průměru 19 regionů, aby se minimalizovalo zkreslení vlivem lépe proměřených regionů. Roční hmotnostní změny jsou vyjádřeny v ekvivalentu vody v metrech, což odpovídá tunám na metr čtvereční (1 000 kg.m<sup>-2</sup>) (Zdroj: World Glacier Monitoring Service (WGMS, 2020, aktualizováno).

Fig. 12. Annual (blue) and cumulative (red) mass balance of reference glaciers with more than 30 years of ongoing glaciological measurements. Global mass balance is based on an average for 19 regions to minimize bias towards well-sampled regions. Annual mass changes are expressed in meter water equivalent (m w.e.) which corresponds to tonnes per square meter (1 000 kg.m<sup>-2</sup>) (Source: World Glacier Monitoring Service (WGMS, 2020, updated).

### 3.4.2 Ledovce

Ledovce vznikají postupným ztuhnutím sněhu, který časem vytvoří led. Ten se dále deformuje a stéká dolů do teplejších oblastí, kde se rozpouští. Ledovec končící v oceánu se rozpadá (telí) a odlamují se z něj ledové kry. Ledovce jsou citlivé na změny teploty, srážek, slunečního záření, podloží a dalších faktorů.

Podle World Glacier Monitoring Service došlo v hydrologickém roce 2017/2018 k pozorovanému úbytku ledovců o 0,89 metru vodní hodnoty (obr. 12). Předběžné výsledky za rok 2019, založené na vybrané skupině sledovaných ledovců, ukazují, že hydrologický rok 2018/2019 byl třicátým druhým po sobě jdoucím rokem záporné hmotnostní bilance, přičemž ztráta ledu přesáhla 1 m vodní hodnoty. Od roku 2010 bylo zaznamenáno osm z deseti nejnepříznivějších let hmotnostní bilance. Kumulativní ztráta ledu od roku 1970 činí více než 23 m vodní hodnoty.

Podle měření švýcarské Akademie věd (Cryospheric Commission of the Swiss Academy of Sciences) potvrzuje další velký úbytek švýcarských ledovců, i když celkové ztráty byly v roce 2019 nižší než v předchozích dvou letech. Na konci jara byla sněhová pokrývka na ledovcích přibližně o 20 až 40 % nad

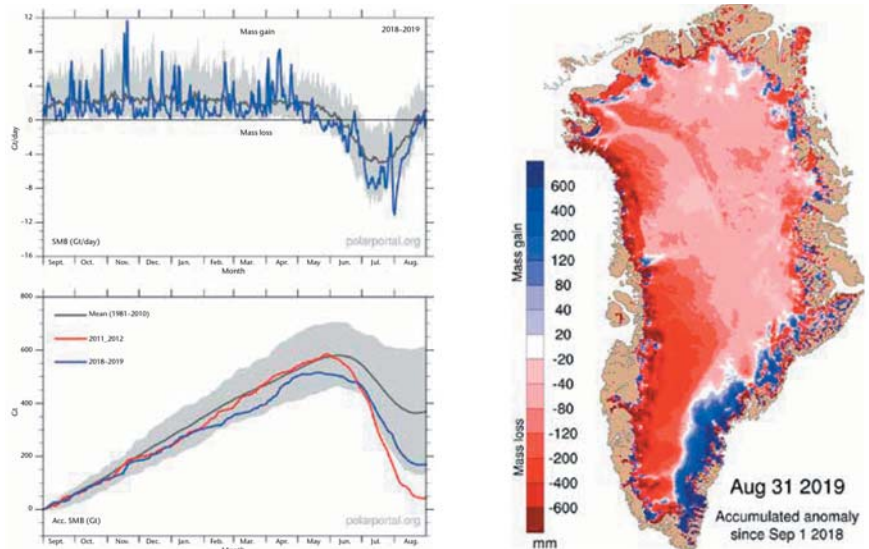
normálem, a ačkoli počátek tání nastal relativně pozdě, míra ztráty během dvoutýdenního teplého období dosáhla rekordního minima koncem června a začátkem července. Odtávání pokračovalo až do začátku září. Během 12 měsíců (do října 2019) ubyla Švýcarsku přibližně 2 % z celkového objemu ledovců. Za posledních pět let přesáhla ztráta 10 %, což je nejvyšší míra poklesu za více než století záznamů.

### 3.4.3 Grónsko

Změny objemu ledové pokrývky Grónska odráží hmotnostní bilance ledového pokryvu (Surface Mass Balance, SMB), definovaná jako rozdíl mezi sněžením a odtokem z ledové pokrývky Grónska, který je vždy na konci roku pozitivní, a ztrátou hmoty z telení ledovců a tání ledovcových jazyků setkávajících se s oceánem.

Celková nahromaděná SMB od září 2018 do srpna 2019 (obr. 13, vlevo) byla 169 Gt, což je 7. nejnižší zaznamenaná hodnota. Za posledních 13 let bylo pozorováno devět z 10 nejnižších SMB od roku 1981. Pro srovnání, průměrná hodnota SMB v letech 1981–2010 je 368 Gt a nejnižší SMB v roce 2012 byla 38 Gt. SMB byla podnormální téměř všude v Grónsku kromě jihovýchodní oblasti (obr. 13, vpravo). Důvodem byla suchá zima, velmi brzký začátek období tání a dlouhé, suché a teplé léto. Pomocí satelitů můžeme měřit rychlost ubývajícího ledu na okrajích ledové vrstvy a z toho můžeme odhadnout, kolik ledu se ztratí při telení a tání. Analýza pro rok 2018/2019 odhaduje ztrátu asi 498 Gt. Pro srovnání je průměrný úbytek v období 1986–2018 asi 462 Gt za rok.

Kombinace zisku v SMB 169 Gt se ztrátou ledu z telení a tání o 498 Gt dává čistou ztrátu ledu za sezonu 2018/2019 ve výši 329 Gt. Data ze satelitů GRACE (Gravity Recovery



**Obr. 13** Vlevo: Hmotnostní bilance ledového pokryvu (SMB) Grónska za sezonu září 2018 až srpen 2019. Horní panel zobrazuje jednotlivé dny a dolní panel kumulované hodnoty v roce. Sezona 2018/2019 je modře, šedá čára je dlouhodobý průměr. Ve spodním panelu je červeně zobrazena pro srovnání rekordní sezona 2011/2012. Jednotky jsou giga tuny (Gt) za den. Vpravo: Mapa zobrazuje rozdíl SMB (v mm) (Zdroj: Polar Portal, <http://polarportal.dk/en>).

Fig. 13. Left: SMB for the year 1 September 2018 to 31 August 2019. The upper panel shows individual days, and the lower panel the accumulated sum over the year. The year 2018/2019 is in blue, and the grey line is the longterm average. By way of comparison, the lower panel shows the record year 2011/2012 in red. Units are gigatonnes (Gt) per day and gigatonnes, respectively. Right: Map showing SMB anomaly (in mm) across Greenland (Source: Polar Portal, <http://polarportal.dk/en>).

and Climate Experiment) nám říkají, že Grónsko v období let 2002–2016 ztratilo ročně asi 260 Gt ledu, v roce 2011/2012 padl rekord v maximálním úbytku 458 Gt. Ztráta 329 Gt v této sezoně je tedy výrazně nadprůměrná, ale není to rekordní úbytek.

### 3.5 Hlavní faktory meziroční variability klimatu

Oceán zastává v problematice klimatu několik důležitých úloh. Povrchová teplota se nad oceánem mění relativně pomalu, takže lze teplotu mořské vody použít k vysvětlení a v některých případech k předpovědi rychleji se měnících sezonních projevů počasí nad pevninou. Dva hlavní faktory, které mohou pomoci pochopit klima roku 2019, jsou El Niño–jižní oscilace a Indickooceánský dipól.

#### 3.5.1 El Niño–jižní oscilace

El Niño–jižní oscilace (ENSO) je jedním z nejdůležitějších faktorů meziroční variability globálního počasí. Události El Niño, charakterizované nadprůměrnou teplotou hladiny moře ve východním Pacifiku a oslabením pasátů souvisí s vyšší globální teplotou. Chladnější globální teplota často doprovází události La Niña, které se vyznačují podprůměrnou teplotou povrchu moře ve východním Pacifiku a posilováním pasátů.

V roce 2016 následovala rekordně vysoká globální teplota po neobvykle silném El Niño koncem roku 2015 a začátkem roku 2016. Rok 2019 naopak začal s neutrálními nebo slabými projevy El Niño. Teplota povrchu moře od října 2018 do první poloviny roku 2019 sice dosahovala nebo překračovala typické prahové hodnoty pro El Niño, ale v počátečních fázích události chyběla atmosférická odezva. Charakteristiky atmosféry, jako jsou oslabené pasáty a zvýšená oblačnost, se v datové řadě neprojeví až do února. Poté vazba mezi oceánem a atmosférou udržovala teplotu moře na hranici El Niño až do poloviny roku.

#### 3.5.2 Indickooceánský dipól (IOD)

Pozitivní fáze IOD je charakterizována podprůměrnou teplotou povrchu moře ve východním Indickém oceánu a nadprůměrnou teplotou moře na západě. Negativní fáze má opačnou charakteristiku. Výsledná změna teplotního gradientu mořské hladiny napříč oceánem ovlivňuje počasí na okolních kontinentech.

Rok 2019 začal slabě pozitivními projevy IOD a od května do října se dále zvyšoval. Nakonec byla zaznamenána jedna z nejsilnějších pozitivních fází IOD od počátku spolehlivých záznamů (kolem roku 1960). Před koncem roku se index IOD trochu snížil. Pozitivní fáze IOD během australské zimy a jara byla spojena se suššími a teplejšími podmínkami nad Indonésií a okolními zeměmi, jakož i částmi Austrálie. Austrálie zaznamenala v zimě a na jaře neobvyklé sucho, které ještě prohloubilo dlouhodobý srážkový deficit. Pozitivní IOD souvisel také s pozdějším ústupem jihozápadního indického monzunu a s vysokými srážkami ve východní Africe koncem roku.

### 3.6 Extrémní události

V následujících odstavcích jsou popsány některé významné události roku 2019. Informace o těchto událostech jsou převážně založeny na příspěvcích od členů SMO s přispě-

ním Global Precipitation Climatology Centre (GPCC), regionálních klimatických center a středisek pro sledování tropických bouří.

#### 3.6.1 Horké a studené vlny

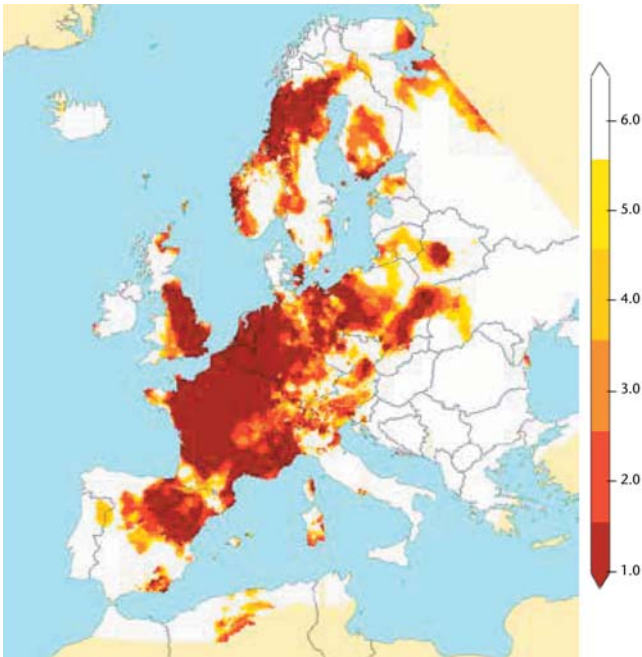
V roce 2019 byly zaznamenány četné vlny horka. Mezi nejvýznamnější patří dvě vlny veder, které se vyskytly v Evropě na konci června a na konci července (obr. 14). První dosáhla maxima 28. června ve Vérargues (Hérault) v jižní Francii, kde byl dosažen národní teplotní rekord 46,0 °C (o 1,9 °C nad předchozím maximum). Touto vlnou byla rovněž postižena velká část západní Evropy. Druhá byla rozsáhlejší, národní rekordy byly přepsány v Německu (42,6 °C), Nizozemí (40,7 °C), Belgii (41,8 °C), Lucembursku (40,8 °C) a ve Spojeném království (38,7 °C). Horko se rozšířilo také do severovýchodních zemí, kde 28. července zaznamenaly Helsinky nejvyšší teplotu (28,2 °C). Na některých dlouho měřících stanicích byly rekordy překročeny o 2 i více °C. Na observatoři Montsouris v Paříži překonala teplota 42,6 °C naměřená 25. července předchozí rekord z roku 1947 o 2,2 °C. Poblíž Bruselu v Uccle naměřená teplota 39,7 °C překonala předchozí maximum o 3,1 °C.

Japonsko zažilo dvě významné horké vlny. První vlna přišla na konci května s neobvykle vysokými teplotami (39,5 °C je nejvyšší naměřená teplota na ostrově Hokkaidó), ale s menšími dopady. Druhá vlna přišla v červenci na hustěji obydleném ostrově Honšú. Z meteorologického pohledu nebyla tak extrémní, ale měla mnohem větší dopady na život obyvatel.

Austrálie měla v sezoně 2018–2019 mimořádně horké léto. Průměrná letní teplota překročila rekord o téměř 1 °C a nejteplejším měsícem v Austrálii byl leden. Zasažena byla většina země, přičemž největší extrémy se vyskytly ve vnitrozemí Nového Jižního Walesu. Horká vlna byla nejvíce pozoruhodná svou vytrvalostí, ale zaznamenány byly také významné individuální extrémy, včetně teploty 46,6 °C naměřené 24. ledna v Adelaide – dosud nejvyšší zaznamenaná teplota ve městě. Horko se na konci ledna rozšířilo na Nový Zéland. Rekordní maxima byla zaznamenána 29. ledna v Hamiltonu (32,9 °C) a Wellingtonu (30,3 °C). Došlo zde také k výskytu významných požárů na severu Jižního ostrova. V prosinci došlo v Austrálii k další extrémní horké vlně, 18. prosinec byl s průměrnou teplotou 41,9 °C nejteplejším dnem v Austrálii. V Nullarbor Roadhouse byla naměřena nejvyšší teplota v Austrálii od roku 1998, maximum 49,9 °C. Celkem bylo v Austrálii v roce 2019 překonáno sedm denních rekordů a vyskytlo se devět z deseti historicky nejteplejších dnů.

Koncem ledna a začátkem února se na jižní polokouli v Jižní Americe vyskytla další velká vlna veder. Počáteční fáze horké vlny vyvrcholila ve středním Chile a rekordy byly zaznamenány na několika místech, včetně Santiaga (38,3 °C dne 27. ledna). Následující týden zasáhly mimořádně vysoké teploty kontinent dále na jihu: 4. února v Rio Grande (Argentina, 53,8 ° jižní zeměpisné šířky) bylo naměřeno 30,8 °C, což je považováno za nejjižnější zaznamenanou hodnotu teploty nad 30 °C.

Zatímco maxima teploty na Středním východě nebyla tak vysoká jako v posledních letech, některá byla ale významná. 17. července byla na hoře Sedom naměřena teplota 49,9 °C, což byla nejvyšší teplota v Izraeli nejméně od roku 1942. Extrémní horko také ovlivnilo v květnu a začátkem června Indii v období před monzunem. Na letišti v Dillí bylo



**Obr. 14** Pořadí nejvyšší teploty v červnu a červenci 2019 v Evropě v řadě od 1950. Nejtmavší odstíny znamenají překročení dosavadní rekordní hodnoty. (Zdroj: E-OBS dataset, Royal Netherlands Meteorological Institute (KNMI), <http://surfobs.climate.copernicus.eu/stateofthecclimate/july2019.php>).

Fig. 14. Ranking of the highest June and July 2019 temperatures in Europe with respect to a record that begins in 1950. The darkest shades of red indicate record-breaking values (Source: E-OBS dataset, Royal Netherlands Meteorological Institute (KNMI), <http://surfobs.climate.copernicus.eu/stateofthecclimate/july2019.php>).

zaznamenáno několik rekordních teplot, včetně 48,0 °C z 10. června.

V souladu s celkově teplým rokem a trendem globálního oteplování byl výskyt extrémní zimy vzácnější. Jednou z oblastí výskytu podprůměrné teploty v roce 2019 byla Severní Amerika. Nejvýznamnější studená vlna byla v centru severní Ameriky na konci zimy. Začala intenzivní studenou vlnou na středozápadě Spojených států koncem ledna. Ve státě Illinois v Mount Carroll byla 31. ledna naměřena teplota -38,9 °C. Velká zima přetrvávala také během února a začátkem března ve vnitrozemských západních oblastech na obou stranách hranice Spojených států a Kanady. Průměrná únorová teplota byla místy o více než 15 °C pod normálem, např. v Great Falls (Montana), kde byl měsíční průměr -17,9 °C, což překonalo předchozí rekord o více než 5 °C. Pro několik regionů to byl také nejchladnější únor v západní Kanadě, včetně Vancouveru. První polovina roku byla také poměrně chladná ve východních částech Kanady.

Koncem září a října došlo v západní a střední části Severní Ameriky k výskytu abnormálně nízkých teplot a brzkému sněžení. Rekordní denní minima pro měsíc říjen byla zaznamenána koncem tohoto měsíce v osmi státech na severu a západě Spojených států, což je ve výrazném kontrastu s rekordně vysokými maximy zaznamenanými v deseti jižních a východních státech na začátku měsíce. Silné sněžení v polovině října, kdy napadlo až 74 cm, způsobilo vážné výpadky v dodávce elektřiny v kanadské Manitobě. Na roz-

hraní Spojených států a Kanady byla první půlka listopadu také neobvykle chladná.

Zatímco teploty byly nadprůměrné nebo téměř nadprůměrné, velmi vydatné zimní a předjarní srážky vedly v evropských Alpách k neobvykle mohutné sněhové pokrývce. V části rakouských Alp napadlo mezi 4. a 15. lednem více než 300 cm sněhu. Jarní sněžení vedlo ve Weissfluhjochu (Švýcarsko, 2540 m n. m.) k rekordní 270 cm vysoké sněhové pokrývce 1. června. Přesto byl již začátek července jako obvykle bez sněhu, a to vlivem velmi teplého červnového počasí. V regionu bylo zaznamenáno mnoho lavin.

### 3.7 Srážky

V Austrálii, západní Indonésii a okolních zemích byly v roce 2019 pozorovány vzhledem k dlouhodobým průměrům neobvykle suché podmínky (obr. 15). Rovněž jižní Afrika, Střední Amerika a části Jižní Ameriky zaznamenaly nezvykle malé množství srážek. Naopak velké oblasti s neobvykle velkým množstvím srážek byly pozorovány ve střední Spojených států, v severní Kanadě, severním Rusku, jihozápadní Asii, severní Číně a východní Africe.

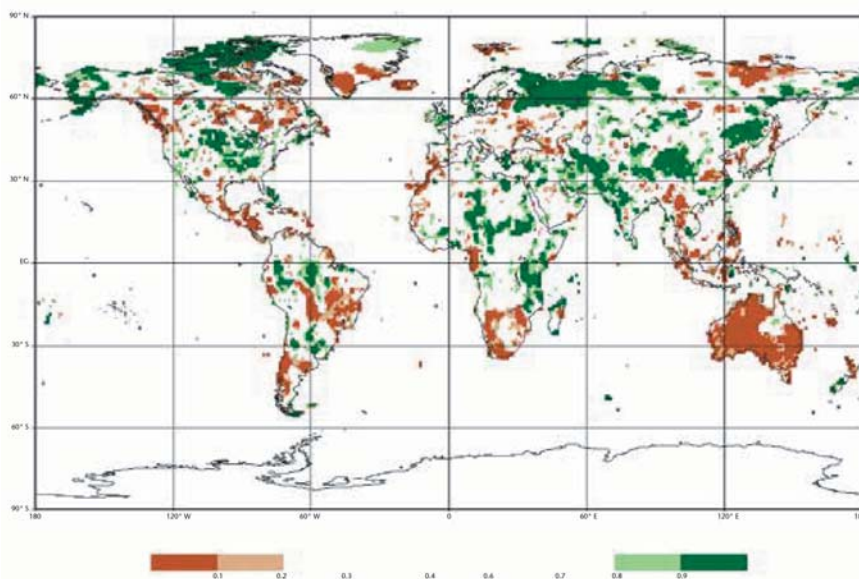
V Indii byl v červnu zaznamenán velký srážkový deficit, protože se pozdržel počátek monzunu. V souvislosti s pozitivní fází IOD však byl také opožděn ústup indického monzunu a v následujících měsících došlo k nadměrným srážkám ve všech regionech kromě severovýchodní Indie. Pozitivní srážkové anomálie ve východní Africe a negativní anomálie v malajském souostroví a Austrálii jsou navíc spojeny s pozitivní fází IOD, která převažovala po většinu druhé poloviny roku 2019.

Nejdelší období po sobě jdoucích srážkových dnů (CWD) bylo v roce 2019 nadprůměrné v tropické Jižní Americe, tropické západní Africe, tropické jihovýchodní Asii a indonéských a filipínských ostrovech. Nejdelší období po sobě následujících dnů bez srážek (CDD) bylo v roce 2019 nadprůměrné v Austrálii, jižní a západní Africe, ve střední a na jihu Jižní Ameriky a na severu Severní Ameriky. Období CDD bylo podprůměrné v jihozápadní Asii a Arabském poloostrově, jihozápadní Severní Americe a severním Andách. Počet dnů s intenzivními srážkami (dny s více než 20 mm srážek, PD20) byl nadprůměrný v Indii, částech východní Afriky, částech Jižní Ameriky, střední Severní Ameriky a částech východní Asie. V jihovýchodní Asii a na indonéských a filipínských ostrovech, ve střední Africe, na Madagaskaru a v částech tropické jižní a střední Ameriky bylo pozorováno o něco méně PD20, než je zde běžné.

#### 3.7.1 Extrémní srážky a povodně

Během indické letní monzunové sezony došlo k pravidelným záplavám, zejména v západní a severní Indii a v sousedních zemích. Celkově byly srážkové úhrny v Indii během letní monzunové sezony (červen–září) 10 % nad průměrem 1961–2010. Rok 2019 tak byl prvním srážkově nadprůměrným rokem od roku 2013 a srážkově nejbohatší od roku 1994, a to i přes podprůměrné červnové srážky. K ústupu monzunu došlo výjimečně pozdě až 9. října. Během této sezony přišlo o život v různých povodňových epizodách v Indii, Nepálu, Bangladéši a Myanmaru více než 2 200 lidí. Monzunové záplavy v červnu postihly také části jižní Číny, přičemž bylo zaznamenáno 83 úmrtí a více než 2,5 miliardy USD ekonomických ztrát.

Koncem března a začátkem dubna byl Írán těžce zasažen



**Obr. 15** Roční úhrn srážek v roce 2019, vyjádřený jako percentil referenčního období 1951–2010, pro oblasti, které by byly v 20 % nejsušší (hnědě) a v 20 % nejvlhčí (zeleně), tmavší odstíny hnědé a zelené označují nejsušších, resp. nejvlhčích 10 %. (Zdroj: Global Precipitation Climatology Centre (GPCC), Deutscher Wetterdienst, Germany).

Fig. 15. Annual total precipitation in 2019, expressed as a percentile of the 1951–2010 reference period, for areas that would have been in the driest 20% (brown) and wettest 20% (green) of years during the reference period, with darker shades of brown and green indicating the driest and wettest 10%, respectively (Source: Global Precipitation Climatology Centre (GPCC), Deutscher Wetterdienst, Germany).

záplavami, přičemž nejvíce byla zasažena oblast Shiraz. Během této události byly naměřeny 24hodinové srážkové úhrny až 188 mm. Bylo hlášeno nejméně 76 úmrtí a závažné hospodářské ztráty.

Tropická níže přinesla v Austrálii koncem ledna a začátkem února extrémní srážky a související výskyt záplav v severním Queenslandu. 10denní srážkové úhrny v některých pobřežních oblastech kolem Townsville přesáhly 2000 mm, přičemž přímo v Townsville bylo zaznamenáno 1259,8 mm. Došlo zde k velkým městským záplavám, některé řeky se rozlily do šířky desítek kilometrů. Druhá epizoda silného deště ve vnitrozemí na severozápadě Queenslandu přinesla 7denní úhrny přesahující 600 mm. Povodeň a související nezvykle chladné počasí vedly k velkým úhynům hospodářských zvířat. Celkové ekonomické ztráty byly odhadovány na 2 miliardy USD.

V březnu došlo kolem Jayapury v indonéské provincii Papua k prudkým záplavám a souvisejícím sesuvům půdy po srážkovém úhrnu 235 mm za 8 hodin. V této souvislosti bylo hlášeno nejméně 112 úmrtí. Příliv tropického vlhkého vzduchu přinesl koncem března extrémní srážky na západní pobřeží Jižního ostrova Nového Zélandu. Zde byl na řece Cropp naměřen srážkový úhrn 1086 mm za 48 hodin. Následkem extrémních srážek byly v regionu velké záplavy, během kterých byl odplaven most na hlavní dálnici v regionu.

Na konci roku 2018 a v první polovině roku 2019 zasáhly přetrvávající silné srážky velkou část středních Spojených států. Průměr srážek 962 mm za období červenec 2018 až červen 2019 v této lokalitě byl nejvyšší v historii. V povodí Mississippi vedly tyto nadprůměrné srážky k dlouhodobým záplavám, přičemž v Baton Rouge (Louisiana) zůstala řeka rozvodněná od 6. ledna do 4. srpna, tedy téměř sedm mě-

síců. V dubnu a začátkem května došlo také k významným záplavám na východní Kanadě. V důsledku kombinace silného deště a rychlého tání nadprůměrné sněhové nádlíky, zejména v oblastech Ottawy, Montrealu a v New Brunswicku. V Ottavě bylo zatopeno 6 000 obydlí. Celkové ekonomické ztráty způsobené záplavami ve Spojených státech v roce 2019, zvláště v důsledku akutních epizod na řece Missouri v březnu a na řece Arkansas na konci května a začátkem června, byly odhadnuty na 20 miliard USD.

Velmi deštivé počasí zasáhlo části Jižní Ameriky v lednu. V severní Argentině, Uruguayi a jižní Brazílii došlo k velkým záplavám. Ztráty v Argentině a Uruguayi se odhadovaly na 2,5 miliardy USD. Na několika místech v severovýchodní Argentině přesáhly měsíční úhrny srážek v lednu 600 mm.

V říjnu a listopadu postihly velké záplavy mnoho částí východní Afriky dosud postižených suchem. Začátkem roku v období dešťů postihly povodně řadu zemí, včetně Súdánu, Nigérie, Kamerunu a Pobřeží slonoviny, ačkoli celkové sezonní srážky v Sahelu byly většinou blízko normálu.

### 3.8 Tropické cyklony

Globální aktivita tropických cyklon byla v roce 2019 nadprůměrná. Na severní polokouli bylo zaznamenáno 72 tropických cyklon, (průměr 59), ale akumulovaná energie cyklon (ACE) byla pouze 4 % nad průměrem. Období 2018/2019 na jižní polokouli bylo také nadprůměrné s 27 cyklonami, což je nejvyšší počet od sezony 2008/2009.

Obzvláště extrémní byla cyklonová sezona v severním Indickém oceánu. Tři cyklony přesáhly poprvé v jedné sezóně maximální průměrnou rychlost větru 100 kn (51 m.s<sup>-1</sup>). Sezonní ACE byl s velkou rezervou nejvyšší v historii. Fani byl nejvýznamnější cyklonou, která postihla Indii od roku 2013. Nad pevninu se dostala 3. května na východě pobřeží Odisha rychlostí větru 100 kn (51 m.s<sup>-1</sup>), která již svého maxima 135 kn (69 m.s<sup>-1</sup>) dosáhla dříve v Bengálském zálivu. Přestože rozsáhlé evakuace v postižených pobřežních oblastech výrazně snížily dopad na obyvatelstvo, došlo v pobřežních oblastech ke značným škodám a ke ztrátám na životech. Jedna z nejsilnějších cyklon zaznamenaných v Arabském moři byla Kyarr (v říjnu). Ačkoli některé pobřežní oblasti byly v jeho důsledku postiženy bouřemi, nad pevninu se nedostal.

Oblast jižního Indického oceánu měla také aktivní sezonu tropických bouří, bylo zde zaznamenáno 18 bouří, z nichž 13 dosáhlo intenzity tropické cyklony, což se rovná doposud největšímu zaznamenanému počtu. Tropická cyklona Idai dosáhla pevniny poblíž Beiry (Mosambik) 15. března, po maximu rychlosti větru 105 kn (54 m.s<sup>-1</sup>). Byla to jedna z nejsilnějších známých tropických cyklon, která dosáhla pevniny na východním pobřeží Afriky. Na pobřeží Mosambiku, zejména ve městě Beira, došlo vlivem větru a bouřek k rozsáhlým škodám. Do vnitrozemských oblastí Mosambiku

a částí Zimbabwe, zejména na severovýchod, se rozšířily silné záplavy. S bouří bylo spojeno více než 900 úmrtí, což je největší známá ztráta životů při tropické bouři na jižní polokouli za posledních 100 let. Následující měsíc zasáhla silná cyklona Kenneth řídce osídlené oblasti severního Mosambiku, kde byly škody méně závažné.

Jednou z nejintenzivnějších tropických cyklon roku byl Dorian, který dosáhl intenzity kategorie 5 podle Saffirovy-Simpsonovy stupnice v západním Atlantiku na konci srpna. Bahamy zasáhl 1. září maximální průměrnou rychlostí větru 165 kn (85 m.s<sup>-1</sup>), což se rovná rekordně nejvyšším zaznamenaným hodnotám v severním Atlantiku. Dorian se pohyboval velmi pomalu a na Bahamách zůstal po dobu asi 24 hodin téměř stacionární jako systém 5. kategorie. Dlouhotrvající extrémní vítr a vzednutí hladiny moře vedlo na Bahamách na několika ostrovech k téměř úplnému zničení. Bylo nahlášeno nejméně 60 úmrtí a odhadované ekonomické ztráty více než 3 miliardy USD. Dorian se poté přesunul na severovýchod, kde byly zaznamenané významné škody na východním pobřeží Spojených států a v kanadské provincii Nové Skotsko. Tropická bouře Imelda přinesla extrémní srážky na východní hranici Texasu, území v roce 2017 zasažené hurikánem Harvey, s lokálními úhrny srážek přesahujícími 1000 mm. Odhadované ztráty činí 5 miliard USD. Počet cyklon v severním Atlantiku byl výrazně nad průměrem, ale počet dosahující intenzity hurikánu byl téměř normální.

Tajfun Hagibis zasáhl pevninu západně od Tokia s tlakem ve středu bouře 955 hPa. Hlavním dopadem Hagibis byla povodeň v důsledku extrémních srážek. Hakone na úpatí hory Fuji zaznamenalo úhrn 922,5 mm za den, což je nejvyšší naměřená denní hodnota v Japonsku. Mnoho dalších míst v oblasti západně od Tokia zaznamenalo denní úhrny přesahující 400 mm. Bylo hlášeno nejméně 96 úmrtí. V září způsobil tajfun Faxai velké škody v regionu Chiba. Začátkem sezony zasáhl tajfun Lekima provincii Zhejiang (Čína), kde byly zaznamenány velké záplavy a velké hospodářské ztráty. S maximální rychlostí větru při přechodu nad pevninu 185 km/h byl Lekima pátým nejsilnějším tajfunem, který zasáhl Čínu od roku 1949. Celkově byla aktivita v severovýchodních i severozápadních pacifických oblastech téměř průměrná.

### 3.9 Silné bouře

Opakované frontální systémy přinesly na podzim do Středomoří extrémní srážky a vysoké rychlosti větru, a působily tak značné škody. Nejzávažněji postihly v polovině září části Španělska, zejména regiony Alicante a Murcia, v polovině října jižní Francii a severní Jadran v polovině listopadu. Události ve Španělsku a Francii přinesly místy 24hodinové srážkové úhrny přesahující 200 mm. Vzdouvání mořské hladiny spojené s listopadovými bouřemi zvýšilo hladinu vody v Benátkách o 1,85 m (nejvyšší hodnota od roku 1966). Listopadové povodně v Itálii byly v oblasti Emilia-Romagna nejvýznamnější v historii regionu. V jižním Rakousku byly zaznamenány významné záplavy a škody způsobené větrem. Během léta se v oblasti Středomoří vyskytlo také několik silných bouří, mimo jiné poblíž Soluně (Řecko) ve dnech 10.–11. července, v jejímž důsledku bylo hlášeno sedm úmrtí, a na Korsice (Francie) 15. července, kdy byl naměřen srážkový úhrn za šest minut 30 mm.

V polovině dubna zasáhly Pákistán a severní a západní Indii rozsáhlé bouře, včetně písečných. V této souvislosti bylo 16.–17. dubna v Indii hlášeno nejméně 50 úmrtí a v Pá-

kistánu dalších 39. V první polovině června bylo v severní Indii hlášeno 60 úmrtí v důsledku dalších silných bouří.

Spojené státy zažily svou neaktivnější sezonu tornád od roku 2011. Květen byl obzvláště aktivní, bylo nahlášeno 556 tornád, což je druhé nejvyšší číslo zaznamenané během jednoho měsíce. Během roku však intenzity F4 dosáhlo pouze jedno tornádo a ztráty byly výrazně pod dlouhodobým průměrem.

### 3.10 Sucho

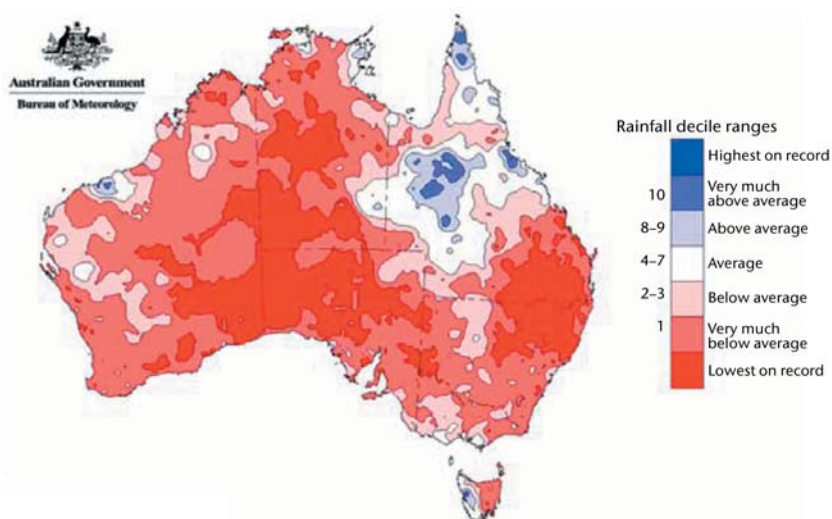
V roce 2019 zasáhlo sucho mnohé části jihovýchodní Asie a jihozápadního Pacifiku. V mnoha případech bylo spojeno se silnou pozitivní fází IOD. Od poloviny roku převládaly v Indonésii a sousedních zemích výjimečně suché podmínky, Singapur zaznamenal nejsušší období červenec–září.

Severněji byl velmi suchý rok v mnohých částech povodí Mekongu. Nejhuře postižené oblasti byly poblíž hranic Číny a Laosu, kde byly srážky v období dubna až září místy více než 50 % pod normálem, silné deště ve středním a jižním Laosu v září tamní sucho zmírnily. Srážkové úhrny v dubnu až červenci v čínské provincii Yunnan byly nejnižší od roku 1961. Abnormální sucho bylo rovněž v částech severního Thajska, srážky v lednu až září v Čiang Rai byly 42 % pod normálem. Řeka Mekong byla v druhé polovině roku 2019 na různých místech na nejnižší nebo blízko nejnižší hodnoty pozorované výšky hladiny v tomto období za posledních 30 let.

Dlouhodobě suché podmínky, které ovlivnily mnoho částí vnitrozemské východní Austrálie v letech 2017 a 2018, se v roce 2019 rozšířily a prohloubily zejména v druhé polovině roku, kdy bylo v Austrálii zaznamenáno nejsušší jaro (listopad a prosinec). Nejvíce postižené oblasti byly v severní polovině Nového Jižního Walesu a přilehlých příhraničních oblastech Queenslandu, kde byly roční srážky obecně nejnižší, 70 až 80 % pod normálem. Některé oblasti měly jen asi polovinu svých předchozích rekordně nízkých srážek. Většina země měla srážky výrazně podprůměrné (obr. 16), přičemž jediné srážkově nadprůměrné oblasti byly v severním Queenslandu, zasaženém povodněmi na počátku roku 2019, a v západní Tasmánii. Období dešťů 2018/2019 (říjen–duben) bylo v tropických oblastech západní Austrálie a severním teritoriu také zdaleka nejsušší od sezony 1991/1992. Dále byly tyto oblasti poznamenány téměř úplnou absencí srážek v centrální části kontinentu. Byl to nejsušší rok v historii pro Austrálii jako celek, pro povodí Murray-Darling a pro státy jižní Austrálie, (kde roční úhrn na stanici Marree byl pouze 12 mm) a Nový Jižní Wales. Vážný nedostatek vody v povodí řek Murray-Darling způsobil velké ztráty v zemědělství a vyschnutí některých obvyklých vodních zdrojů některých měst.

Období dešťů 2018/2019 bylo slabé také v mnoha částech jižní Afriky, včetně střední a západní jižní Afriky, Lesotha, Botswany a Zimbabwe. Nicméně, v severovýchodní části Zimbabwe byly v březnu (v souvislosti s cyklonem Idai) velké povodně. V dubnu pak povodně zasáhly také východ Jihoafrické republiky, kdy bylo po denním srážkovém úhrnu přesahujícím místy 200 mm v provincii KwaZulu-Natal hlášeno 70 úmrtí. Podprůměrné srážky se vyskytly na začátku období dešťů 2019/2020 ve velké části jižní Afriky. V západním a středoafričském Sahelu byly srážky během období dešťů většinou blízko průměru.

V roce 2019 zasáhlo sucho mnoho částí Střední Ameriky. Hladiny jezer v Panamě po podprůměrných srážkách v prv-



**Obr. 16** Dešťové srážky v Austrálii za období od 1. ledna do 31. prosince 2019 (rozdělení na základě rastrových dat) (Zdroj: Australian Bureau of Meteorology).

Fig. 16. Rainfall deciles for Australia for the period 1 January–31 December 2019 (distribution based on gridded data) (Source: Australian Bureau of Meteorology).

ní polovině roku výrazně klesly, což vedlo k omezení plavby v Panamském průplavu.

Zatímco se podmínky v Panamě od poloviny roku zlepšovaly, podstatně sušší než obvykle zůstaly v oblastech dále na severozápad, včetně Hondurasu, Guatemaly, Nikaraguy a Salvadoru, až do silných dešťů v říjnu. Střední Chile měla také mimořádně suchý rok, s ročním úhrnem v Santiagu pouze 82 mm, což je méně než 25 % dlouhodobého průměru.

Jednalo se o druhé po sobě jdoucí léto s rozšířením suchých období v mnoha částech západní a střední Evropy, od Francie po Ukrajinu. Paříž zaznamenala 34 po sobě jdoucích dnů bez srážek, od 19. srpna do 21. září, což se rovnalo 2. nejdelšímu zaznamenanému suchému období, kterému předcházelo o něco kratší 27denní suché období od 21. června do 17. července (historicky 6. nejdelší). Říční dopravu v Srbsku narušily začátkem podzimu nízké hladiny vody v Dunaji. Řeka Wisla v Polsku dosáhla nejnižší hladiny na konci září. Byla také suchá zima v mnoha částech západního Středomoří. Srážkové úhrny ve Španělsku byly od ledna do srpna 23 % pod průměrem, zaznamenali zde také doposud nejsušší únor v 21. století. Zimní srážky na většině území Maroka byly vzhledem k dlouhodobému průměru méně než poloviční. Obzvláště suché bylo pozdní jaro a začátek léta na jihu a západě Islandu. Ve Stykkishólmuru nebyly zaznamenány žádné srážky po dobu 37 po sobě jdoucích dnů, od 21. května do 26. června, což je nejdelší období sucha zaznamenané na řadě stanic od roku 1856.

### 3.11 Požáry

Požáry v roce 2019 zasáhly mnoho částí světa, obvykle v reakci na neobvykle suché či horké podmínky. V některých známých oblastech požárů byla aktivita nižší než v posledních letech, např. v západní části Severní Ameriky, ale velké požáry způsobily značné ztráty v říjnu v Kalifornii. Na druhé straně se v kontextu požárů jednalo o nadprůměrný rok v několika regionech ve vyšších zeměpisných šířkách, včetně Sibiře (Ruská federace) a Aljašky (USA). K požárům došlo také v některých částech Arktidy, kde byly požáry dříve

extrémně vzácné. V roce 2019 byly emise  $\text{CO}_2$  z letních požárů v Arktidě nejvyšší ze sedmnáctileté řady měření Copernicus Atmosphere Monitoring Service (CAMS) / ECMWF Global Fire Assimilation System (GFASv1.2).

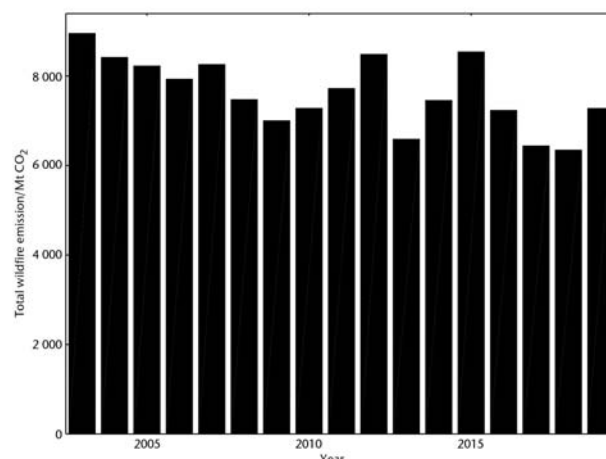
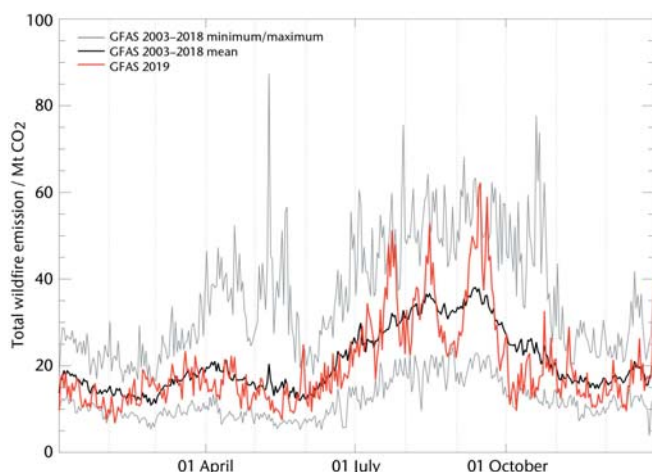
Austrálie zažila v pozdější části roku 2019 mimořádně dlouhou a těžkou sezonu požárů s opakovanými ohnisky. Velké požáry se začaly šířit v severovýchodním Novém Jižním Walesu a jižním Queenslandu začátkem září. Další ohniska, podporovaná suchými podmínkami a několika epizodami silného západního větru a extrémního vedra, se postupně během následujících měsíců šířila na jih. Měsíční kumulovaný index nebezpečí lesních požárů (Forest Fire Danger Index) byl nejvyšší v prosinci v Queenslandu, Novém Jižním Walesu, Jižní Austrálii a teritoriu hlavního města Austrálie (Canberra). Mnoho požárů trvalo více než dva měsíce. Požáry dosáhly svého vrcholu na konci prosince a v prvních několika lednových dnech, kdy došlo k rozsáhlým škodám v jihovýchodním Novém

Jižním Walesu, zejména v blízkosti pobřeží a ve východní Victorii, stejně jako v okolí Adelaide a na ostrově Kangaroo na jihu Austrálie. Počátkem roku 2020 bylo hlášeno 33 úmrtí a bylo zničeno více než 2 000 nemovitostí. V Novém Jižním Walesu a ve Victorii hořelo celkem asi na 7 milionech hektarů. Začátkem roku 2019 v lednu a únoru přispělo suché léto k četným dlouhodobým požárům v Tasmánii v normálně vlhkých západních a středních částech ostrova. V průběhu čtyř let je to podruhé, kdy požáry zasáhly oblasti, kde byly požáry historicky extrémně vzácné.

Silné sucho v Indonésii a sousedních zemích vedlo k nejvýznamnější sezoně požárů od roku 2015, ačkoli požáry a související znečištění kouřem nebyly tak závažné jako v roce 2015. Požární aktivita v amazonské pánvi byla zejména v srpnu také vyšší než v posledních letech, i když výrazně zaostávala za předchozími významně suchými roky, např. rok 2010. Počet hlášených požárů v Amazonii v Brazílii byl jen mírně nad 10letým průměrem, ale celková požární aktivita v Jižní Americe byla nejvyšší od roku 2010. Zeměmi s mimořádnou požární aktivitou v posledních letech byly Bolívie a Venezuela.

Zatímco v roce 2019 došlo v kontextu požárů celosvětově k významné regionální činnosti, celkové celosvětové denní a roční odhadované emise se blížily průměrům vypočteným za posledních 17 let (dataset CAMS / ECMWF Global Fire Assimilation System, GFASv1.2). Tento dataset kombinuje aktivní pozorování požárů z přístrojů MODIS na satelitech NASA Terra a Aqua, a poskytuje tak soubor údajů o průměrné denní radiační energii ohně a odhadovaných pyrogenických emisích, včetně pevných částic, reaktivních a skleníkových plynů.

Denní celkové emise  $\text{CO}_2$  z požárů (obr. 17, vlevo) byly po celý rok většinou na hodnotách průměru 2003–2018. Mezi červnem a říjnem se zvýšenou aktivitou vyšší než 20 Mt  $\text{CO}_2$  denně, a po celý zbytek roku se sníženou aktivitou, méně než 20 Mt  $\text{CO}_2$  denně. K největšímu nárůstu nad 17letou průměrnou hodnotu došlo v červenci, srpnu, září a na konci prosince, což odpovídá nejvyšší aktivitě požárů v Arktidě, na Sibiři, v Indonésii a Austrálii.



**Obr. 17 Vlevo: Celkové denní odhadované emise CO<sub>2</sub> z požárů v megatonách od 1. ledna do 31. prosince 2019 ve srovnání s průměrnou, minimální a maximální denní hodnotou v období let 2003–2018. Vpravo: Celkové roční odhadované emise CO<sub>2</sub> z požárů v megatonách mezi lety 2003 a 2019. Údaje jsou založeny na globálním systému Global Fire Assimilation System CAMS / ECMWF (GFASv1.2).**

Fig. 17. Left: Global daily total estimated CO<sub>2</sub> emissions from wildfires, in megatonnes of CO<sub>2</sub>, from 1 January to 31 December 2019, compared to the mean and minimum/maximum daily values based on the years 2003–2018. Right: Global annual total estimated CO<sub>2</sub> emissions from wildfires, in megatonnes of CO<sub>2</sub>, between 2003 and 2019. The figures are based on the CAMS/ECMWF Global Fire Assimilation System (GFASv1.2).

### 3.12 Rizika a dopady související se změnou klimatu

Rizika dopadů související s klimatem závisí na komplexních interakcích mezi klimatickými riziky a zranitelností, expozicí a přizpůsobivostí lidských a přírodních systémů. Při současné úrovni globálních emisí skleníkových plynů zůstává svět na cestě k překročení dohodnuté prahové hodnoty teploty +1,5 °C nebo +2 °C předindustriální úrovně, což by vedlo ke zvýšení rizik všudypřítomných účinků změny klimatu nad rámec toho, co již bylo zaznamenáno doposud.

Události související s klimatem již představují pro společnost prostřednictvím dalších dopadů na zdraví, potravinovou bezpečnost, zásobování vodou, jakož i na bezpečnost lidí, hospodářství, infrastruktury a na biologickou

rozmanitost. Změna klimatu má také závažné ekosystémové důsledky. Může ovlivnit využívání přírodních zdrojů a dostupnost zdrojů napříč regiony a zeměmi.

#### Literatura:

WMO, 2020. WMO Statement on the Status of the Global Climate in 2019. WMO – No. 1248, Geneva, Switzerland. ISBN 978-92-63-11248-4 [online]. Dostupné z WWW: [https://library.wmo.int/doc\\_num.php?explnum\\_id=10211](https://library.wmo.int/doc_num.php?explnum_id=10211).

Přeložili a upravili Stanislav Toman a Ilona Zusková, ČHMÚ, Na Šabatce 2050/17, 143 00 Praha 4 – Komořany, [stanislav.toman@chmi.cz](mailto:stanislav.toman@chmi.cz), [ilona.zuskova@chmi.cz](mailto:ilona.zuskova@chmi.cz). Odkazy na literaturu jsou uvedeny v originálním textu.

#### Lektor (Reviewer):

**RNDr. Radim Tolasz, Ph.D.**

## INFORMACE – RECENZE

### Instalace sněhoměrných čidel 20. až 22. května 2020

Od středy 20. do pátku 22. května 2020 byly po čtyřech letech připravována instalována ultrazvuková sněhoměrná čidla (US4200) na lokalitách pobočky ČHMÚ Ostrava. Měření výšky sněhové pokrývky bylo při této instalaci doplněno o měření teploty a vlhkosti vzduchu. Instalace těchto čidel a nových stanic v působnosti pobočky ČHMÚ byla realizována v rámci projektu „Rozšíření sítě sněhoměrných stanic“ (projekt UPPS), Sněhoměrná čidla (dále část 01) v rámci OPŽP MŽP.

Ve středu 20. května byla zahájena instalace na Kohútce (Nový Hrozenkov, O4KOHU01, 868 m n. m.). Lokalita je situována na česko-slovenském pomezí, asi 10 m od státní

hranice a asi 500 m od lyžařského areálu. Svah se severní expozicí. Za pěkného, ale větrného počasí instalace trvala asi 3,5 hodiny (11 °C). Náročnost instalace byla závislá na tom, kolik kamení bylo v půdě. Bylo nutné zakopat betonovou dlaždicí o rozměrech 50 × 40 × 15 cm a zavrtat čtyři vruty (délka 60 cm) pro uchycení napínacích lan a ochranného plátku vymezující měřenou elipsu (průměr přibližně 1,6 m). Sněhoměr je umístěn na pozemku Opatství Staré Brno Řádu sv. Augustina.

Druhá instalace proběhla v Kateřinčích-Ojičné (O4KATE01, 586 m n. m.), kde je také umístěna soukromá automatizovaná meteorologická stanice pana Davida Sponera (O3KATE01). Dobrá půda a zkušenosti z předešlé instalace zkrátila čas instalace na 2,5 hodiny. Lokalita je umístěna nedaleko vrcholu Ojičná, který je dlouhodobým působením sucha a kůrovce téměř bez lesa.



Horní Bečva – Kudlačena. Foto: P. Lipina.

Čtvrteční instalace byla započata na Velké Čantoryji (O4CANT01, 952 m n. m.). Cesta z Nýdku k chatě není úplně v dobrém stavu, ale díky povolení vjezdu od Lesů ČR jsme překonali 500 výškových metrů s veškerým nutným vybavením celkem snadno. Lokalita sněhoměru je 20 m pod hřebenem na česko-polském pomezí, 715 m východně je vrchol (995 m n. m.) s rozhlednou. V místě instalace je již 21 let umístěn totalizátor. Pozemek patří Lesům ČR, LS Jablunkov a je v mírném svahu s jižní orientací. Lesy na vrcholu a těsně pod ním intenzivně devastuje sucho a kůrovec. Instalace sněhoměru a teplotně-vlhkostního čidla trvala i s vymešovacím plůtkem okolo 3 hodin. Výkop a vrtání nebyly úplně jednoduché kvůli kamenité půdě. Zpočátku zlobilo připojení a přenosy dat, které jsou realizovány roamingem přes polského operátora. Věříme, že provoz stanice nebude narušován pasením koně majitelů turistické chaty ani velkým množstvím českých a polských turistů v bezprostředním okolí stanice.

Čtvrtá, nejrychleji instalovaná instalace, kterou jsme zvládli za dvě hodiny, byla na Horní Bečvě-Kudlačeni (O4KUDL01, 656 m n. m.). Sněhoměrná stanice s doplňkovým měřením teploty a vlhkosti vzduchu, tak jako na všech ostatních instalacích pobočky Ostrava, je umístěna na pozemku Standy Ondrucha, meteorologického pozorovatele na Lysé hoře. Od prosince 2009 je na této lokalitě srážkoměrná stanice, která je od srpna 2017 doplněna o měření teploty vzduchu čidlem Termio, které je umístěno v meteorologické budce. Stanice je umístěna na rovině v oblasti přírodní památky Kudlačena. Přírodní památka Kudlačena představuje podhorské, převážně mokré a rašelinné louky s prameništi a několika uměle vyhloubenými tůňkami. Nachází se nad údolím potoka Dížena na mírně ukloněném, místy silně zamokřeném severním svahu podélného hřbítku Rožnovské brázdy (<https://nature.hyperlink.cz/vsetinsko/Kudlacena.htm>). Je zřízena vyhláškou Okresního národního výboru Vsetín ze dne 21. 12. 1988 s účinností od 1. 1. 1989 jako CHPV Kudlačena.

Poslední a jediná páteční instalace sněhoměru proběhla na Paprsku (O4PAPR01, 999 m n. m.). Z Ostravy na Paprsek je to časově nejkratší trasou téměř 200 km a cesta trvá 2,5 hodiny. Dojezd na Paprsek je ze Starého Města pod Sněžníkem od loňského roku po nové asfaltové cestě. Na Paprsku provozuje ČHMÚ od listopadu 2003 srážkoměrnou stanici, kterou obsluhuje majitelka chaty paní Milada Míková s manželem. V prosinci 2006 byl stanici přidělen WMO indikativ pro denní sněhové zpravodajství prostřednictvím speciální meteorologické zprávy INTER. V listopadu 2011 byla na chatě umístěna webová kamera ČHMÚ. V říjnu 2012 byla instalována automatizovaná stanice AKS3. V srpnu 2015



Velká Čantoryje. Foto: P. Lipina.

byl automatický člunkový srážkoměr s dodatkovým vyhříváním výtokových otvorů nahrazen váhovým srážkoměrem a byla instalována vyvýšena rampa pro jeho umístění. Před samotnou instalací jsme museli změnit místo pro umístění sněhoměru. Na původně vybraném místě bude v příštím roce končit nová lanovka. Samotná instalace byla stejně náročná jako na Velké Čantoryji. Pod trávničkem bylo velké množství kamenů, které komplikovaly výkop a vrtání.

Tyto sněhoměrné stanice (typ ASNS) budou před začátkem zimní sezony doplněny o sněhoměrné latě (1 nebo 1,5 m vysoké).

Poděkování za výrobu, dodání, instalaci a spuštění patří panu Zdeňku Mágrovi, Čendovi Jirákovvi za pomoc při instalaci a zejména za přípravu celého projektu spolu s kolegy z oddělení aplikované hydrologie v Jablonci nad Nisou a Šimonu Berchovi z centrálního předpovědního pracoviště ČHMÚ v Praze.

Data jsou ze sněhoměrných stanic přenášena SIM kartou na server firmy Fiedler-Mágr a odtud jsou exportována do klimatologické databáze ČHMÚ CLIDATA. Data v 10minutovém intervalu jsou v téměř v on-line režimu dostupná na webové stránce ČHMÚ ([portal.chmi.cz](http://portal.chmi.cz)) v záložce Počasí a Grafy automatických stanic.

Těchto pět ultrazvukových sněhoměrných čidel doplnilo již dříve instalované ultrazvukové čidlo na automatizované meteorologické stanici Králický Sněžník (říjen 2019) a laserová sněhoměrná čidla instalovaná v průběhu léta a podzimu 2019 ve Zlatých Horách (O1ZLHO01, 444 m n. m.), Městě Albrechticích-Žárech (O1ZARY01, 498 m n. m.), Branné-Františkově (O2BRAN01, 548 m n. m.), Koutech nad Desnou, Dlouhých stráních, dolní nádrž (O2DSDN01, 765 m n. m.) a ve Světlé Hoře (O1SVET01, 593 m n. m.). Nejstarší instalace ultrazvukových sněhoměrných čidel na území pobočky ČHMÚ v Ostravě jsou z prosince 2010 na Beneškách, části Velkých Karlovic (Beskydy, O4BENE01, 850 m n. m.) a ze září 2011 v Klepáčově, část Sobotína (Jeseníky, O4KLEP01, 700 m n. m.). Obě stanice jsou typu ASNS a v letním období doplněny nevyhříváním člunkovým srážkoměrem. Sněhoměrné čidlo je součástí tzv. sněhoměrného polštáře, které kromě celkové výšky sněhu měří také jeho vodní hodnotu.

Letošní instalace z tohoto a pokračujícího projektu zakončily instalace sněhoměrného čidla v Doupovských horách a tři instalace v Krkonoších.

**Pavel Lipina, Miroslav Řepka**



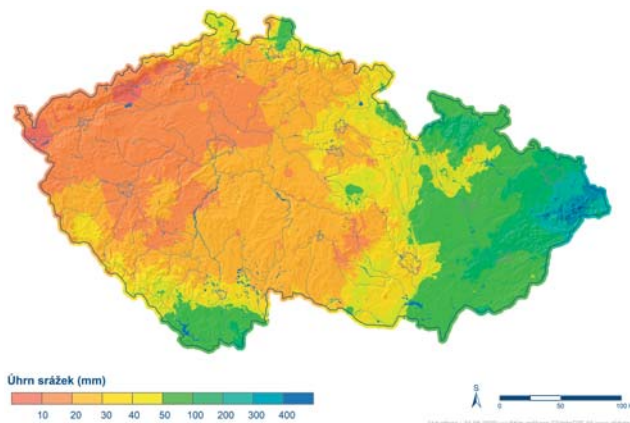
## Mimořádné srážkové úhrny a povodně v květnu 2010 na severní Moravě a ve Slezsku

Od mimořádných květnových srážkových úhrnů a povodně na řece Olši v roce 2010, na začátku června také na řece Bečvě, Opavě a horní Moravě uplynulo deset let. Při této příležitosti jsme připravili malé ohlédnutí a připomenutí těchto událostí.

Ve druhé polovině května a na počátku června 2010 byly v oblasti střední Evropy zaznamenány na toto roční období poměrně významné srážkové úhrny. S ohledem na značnou nasycenost většiny povodí v celé ČR vyústila tato situace v plošně rozsáhlou odtokovou reakci. V první fázi (13. až 19. května 2010) byly postiženy povodňovými stavy především povodí Odry ve své střední a dolní části na území ČR (zejména pravostranné přítoky Olše, Ostravice a další menší vodoteče včetně některých levostranných přítoků), povodí Bečvy a od soutoku Bečvy s Moravou rovněž střední a dolní tok řeky Moravy (včetně většiny levostranných přítoků v této oblasti). Ve druhé fázi (1. až 4. června 2010) se odtoková situace opakovala v menším rozsahu opět v povodí Odry (Olše, Ostravice a na rozdíl od 1. fáze byly zaznamenány povodňové stavy rovněž v povodí Opavy), částečně v povodí Bečvy a rovněž na rozdíl od 1. fáze byly významněji postiženy toky v horní části povodí Moravy (včetně dotokových reakcí ve střední a dolní části povodí), a také několik lokalit ve východních, jižních a západních Čechách.

**Tab. 1 Nejvyšší srážkové úhrny v Beskydech, na Ostravsku a příhraniční oblasti Polska a Slovenska za období 30. dubna až 12. května 2010 (SK .. stanice Slovenského hydrometeorologického ústavu (SHMÚ), PL .. stanice polského meteorologického ústavu (IMGW), POD .. stanice podniku Povodí Odry (POD)).**

Stanice	Nadmořská výška [m n. m.]	Úhrn srážek 30. 4.–12. 5. 2010 [mm]
Korňa (SK)	592	139,2
Makov (SK)	574	132,7
Jablunkov, Olše (POD)	379	126,7
Bílá, Konečná	720	124,7
Kysucké Nové Město (SK)	351	123,9
VD Těrlícko (POD)	295	115,5
Petřvald (POD)	235	115,0
Velké Karlovice	561	113,9
Haviřov, Bludovice	259	113,6
Turzovka (SK)	465	113,0
Albrechtice u Č.T.	292	112,5
Jablunkov, Návsí	380	110,9
Bílý Kříž (POD)	890	109,8
Dolný Hříčov (SK)	309	109,7
Žilina (SK)	365	109,5
Čeladná (POD)	510	109,4
Nýdek	400	109,0
Bytča (SK)	311	108,4
Čadca (SK)	423	108,2
Horní Bečva, Kudlačena	660	107,5
Dětmarovice, Olše (POD)	215	107,3
Stará Bystrica (SK)	476	105,5
Morávka, Uspolka	532	102,8
VD Morávka, nádrž (POD)	530	102,7
Lysá hora	1323	102,6
Bumbálka (POD)	920	102,5



**Obr. 1 Srážkové úhrny za období 13. až 21. května 2010 v České republice. Autor mapy Veronika Šustková.**

Povodňovou situaci způsobily dvě srážkové epizody s mírně odlišným charakterem synoptické situace. Příčinou první srážkové epizody (15. až 20. května 2010) byla rozsáhlá tlaková níže, která se zformovala nad centrálním Středomořím. V průběhu epizody se přesouvala přes Balkánský poloostrov dále k severovýchodu, kde následně docházelo nad Ukrajinou k jejímu pozvolnému vyplňování, přičemž zvolna slábnul její vliv na srážkovou aktivitu ve střední Evropě. S přihlédnutím k historickým zkušenostem (např. červenec 1997 na Moravě nebo srpen 2002 v Čechách) se jednalo o typickou „povodňovou“ synoptickou situaci s tzv. dráhou postupu Vb (typizace podle van Bebbera, 1891) přinášející poměrně rozsáhlé a velmi intenzivní srážky převážně trvalého charakteru s extrémními úhrny. Významnou roli hraje i přízemní konvergence proudění v rámci tlakové níže a orografické příčiny v podobě návětrných efektů (typicky severní návětrí Jeseníků a Beskyd, příp. Hostýnsko-Vsetínských vrchů).

Příčinou druhé srážkové epizody (30. května až 3. června 2010) byla poněkud odlišná synoptická situace, kdy tlaková níže doputovala nad Ukrajinu přes Britské ostrovy a severní části střední Evropy tentokrát z východních částí Atlantského oceánu, kde zůstávala bez výraznějšího pohybu po dobu 2 až 3 dnů a teprve následně ustoupila dále k severovýchodu až severu.

Většina území České republiky zaznamenala již v dubnu 2010 nadprůměrné srážky. Průměrný dubnový úhrn srážek byl 48 mm a srážkový průměr za období let 1981–2010 je 42 mm (tj. 114 %). V Olomouckém kraji spadlo v dubnu 66 mm (150 %) V Moravskoslezském kraji spadlo 78 mm srážek (147 %). Oba kraje byly srážkově nadnormální. Ve Zlínském kraji spadlo 58 mm (116 %), kraj byl hodnocen jako srážkově normální.

Souvislé, nebo téměř souvislé období se srážkami na severovýchodě republiky a přilehlém polském a slovenském území začalo 30. dubna 2010. Od tohoto dne po začátek první povodňové epizody spadlo na tomto území (podle dostupných dat) 51,2 až 139,2 mm srážek. Nad 120 mm spadlo v tomto období (tab. 1) v Korní a v Makově, v Jablunkově na Olši, na Bílé, Konečné a v Kysuckém Novém Městě.

Tyto srážkové úhrny za 12 dní před samotnou povodňovou epizodou představovaly 49 až 125 % dlouhodobého květnového srážkového úhrnu za období 1981–2010. Porovnání s dlouhodobým průměrem je k dispozici pouze pro

**Tab. 2 Nejvyšší srážkové úhrny v Beskydech, na Ostravsku a příhraniční oblasti Polska a Slovenska za období 13. až 21. května 2010 (SK .. stanice slovenského hydrometeorologického ústavu (SHMÚ), PL .. stanice polského meteorologického ústavu (IMGW), VD .. vodní dílo, POD .. stanice podniku Povodí Odry (POD)).**

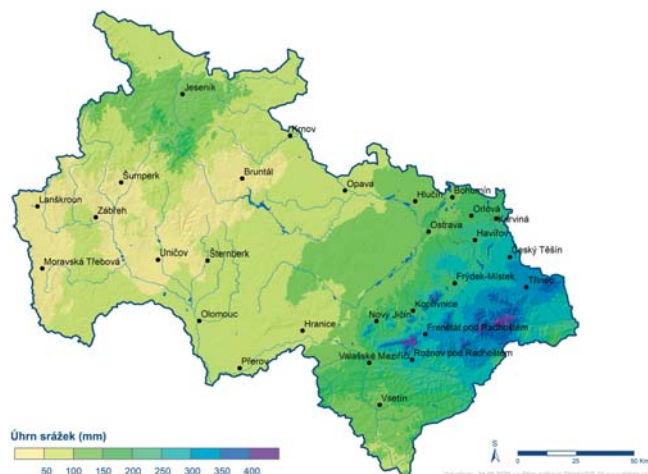
Stanice	Nadmořská výška [m n. m.]	Úhrn srážek 13.–21. 5. 2010 [mm]
Ustroň, Rownice (PL)	650	421,3
VD Morávka, nádrž (POD)	530	404,5
Lysá hora	1323	401,5
Morávka, Uspolka	532	396,0
Čeladná (POD)	510	395,2
Třinec (POD)	300	392,1
Brenna, Lesnica (PL)	430	386,3
Krásná, Visalaje	805	384,7
Nýdek	400	380,5
Bialsko-Biala (PL)	398	370,4
Horní Bečva, Kudlačena	660	343,5
Staré Hamry, Samčanka	527	334,1
Vyšší Lhoty (POD)	390	327,9
Ropice	327	327,2
Raškovice	397	323,7
Čeladná, Podolánky	510	322,5
Skoczów (PL)	290	321,8
Frenštát pod Radhoštěm	436	313,8
Tyra	500	313,2
Ondřejník (POD)	655	311,4
Lubno	398	306,0
Český Těšín	274	300,9
Šance	509	300,5
Cieszyn (PL)	295	299,5
Jablunkov, Olše (POD)	379	288,9
VD Šance, nádrž (POD)	510	288,8
Jablunkov, Návsí	380	280,4
Konczyce Wielkie (POD)	281	280,0
Ochaby (PL)	270	279,1
Wisla, Glebce (PL)	480	278,2
Rožnov pod Radhoštěm	380	272,3
Těrlicko, Hradiště	356	269,8
Albrechtice u Č. Těšína	292	269,7
Bílá, Hlavatá	770	269,5
Hnojník	340	268,1
VD Těrlicko (POD)	295	266,9
Paskov	254	263,5
Český Těšín, Bality (POD)	280	250,7

většinu českých stanic. Největší podíl tohoto období k dlouhodobému průměru úhrnu srážek v květnu byl zaznamenán na stanici Bílá, Konečná, v Havířově, Bludovicích, Velkých Karlovicích, Albrechticích u Českého Těšína, Zděchově, Příboře a Jablunkově, Návsí (vše nad 100 %).

Spolu se srážkově nadprůměrným dubnem toto 12denní období významně přispělo k nasycení celé oblasti a teprve po 12. květnu začalo období s mimořádnými denními srážkovými úhrny.

Za první povodňovou epizodu můžeme označit období 13. až 21. května 2010 a druhou epizodu od 30. května do 3. června 2010.

Z dostupných dat první povodňové epizody (13. až 21. května 2010) zaznamenala nejvyšší srážkový úhrn polská sta-



**Obr. 2 Srážkové úhrny za období 13. až 21. května 2010 na severní Moravě a ve Slezsku (oblast působnosti pobočky ČHMÚ Ostrava). Autor mapy Veronika Šustková.**

nice Ustroň, Rownica (421,3 mm), následovala stanice VD Morávka (404,5 mm), Lysá hora (401,5 mm) a Morávka, Uspolka (396 mm). Celkem 23 stanic zaznamenalo za tuto epizodu srážkový úhrn nad 300 mm srážek. V povodí řeky Olše se jednalo o nejvýznamnější povodeň na této řece v historii měření.

Vydatné a postupně také většinou trvalé srážky se začaly na Moravě a ve Slezsku objevovat během soboty 15. května 2010 ve večerních hodinách. Srážkové úhrny se na Moravě a ve Slezsku pohybovaly většinou mezi 5–15 mm (za 24 h), výjimku tvořily horské a podhorské oblasti Beskyd s úhrny 20–35 mm. Nejvýznamnější srážkové úhrny byly zaznamenány během noci z neděle 16. května na pondělí 17. května 2010.

Ani během noci na úterý 18. května 2010 srážková aktivita v postižených oblastech neustávala. Během druhé poloviny noci se intenzita srážek pohybovala kolem 5 mm (za 1 h), k ránu to bylo mezi 1–3 mm (za 1 h), přičemž v oblasti Jablunkova, Třince a Českého Těšína se tyto hodnoty pohybovaly mezi 5–8 mm (za 1 h). Následně během úterního dne 18. května 2010 dosahovala intenzita srážek většinou hodnot do 5 mm (za 1 h). V dosud nejvíce srážkově postižené oblasti Beskyd (v dílčích povodích Olše a Ostravice s menšími přítoky) dosahovaly denní srážkové úhrny 40–50 mm (za 24 h). Teprve v průběhu středy 19. května 2010 byly zaznamenávány srážky s nižší intenzitou ve srovnání s předešlými několika dny. Srážková aktivita se v závěru týdne částečně přesouvala k západu na zbylé území ČR. Vůbec poslední výraznější srážkové úhrny byly dle očekávání zaznamenávány ještě během noci z 20. na 21. května 2010 převážně s úhrny mezi 10–20 mm (za 24 h), v Beskydech a Hostýnsko-Vsetínských vrších s úhrny opět výraznějšími mezi 15–40 mm (24 h).

Z výše uvedeného celkem jednoznačně vyplývá, že největší množství srážek se v průběhu druhé květnové dekády skutečně vyskytlo především v oblasti Beskyd a jejich nejbližšího podhůří (Těšínsko, Třinecko, Jablunkovsko), jež je odvodňováno pravostrannými přítoky Odry a zčásti pak v severovýchodní oblasti Hostýnsko-Vsetínských vrchů, jež jsou odvodňovány Vsetínskou a Rožnovskou Bečvou. Nejvyšší denní srážkové úhrny byly zaznamenány ve dnech 16. a 17. května 2010 a za uplynulých 6 dní byly na některých lokalitách severní Moravy a Slezska zaznamenány

**Tab. 3 Nejvyšší srážkové úhrny v Beskydech, na Ostravsku a příhraniční oblasti Polska a Slovenska za období 30. května až 3. června 2010 (SK .. stanice slovenského hydrometeorologického ústavu (SHMÚ), POD .. stanice podniku Povodí Odry (POD)).**

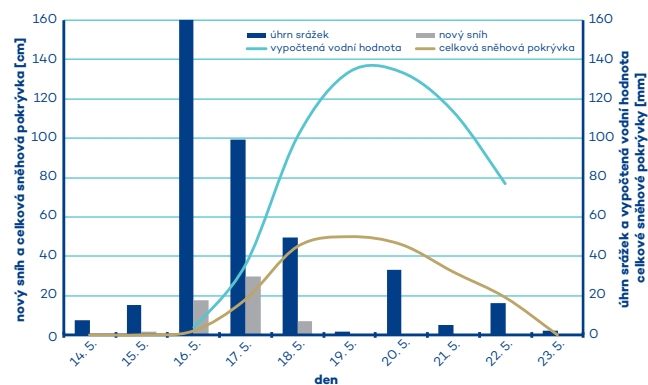
Stanice	Nadmořská výška [m n. m.]	Úhrn srážek 30. 5.–3. 6. 2010 [mm]
Lysá hora	1323	131,6
VD Morávka, nádrž (POD)	530	130,3
Sowiniec (POD)	269	119,9
Čeladná (POD)	510	115,9
Morávka, Uspolka	532	110,0
Kysucké Nové Mesto (SK)	351	108,3
Nýdek	400	107,0
Horní Bečva, Kudlačena	660	105,8
Jablunkov, Olše (POD)	379	105,0
Raškovice	397	104,0
Tyra	500	104,0
Bílá, Hlavatá	770	102,7
Třinec (POD)	300	101,3
Šance	509	100,7
Čeladná, Podolánky	510	100,4

celkové úhrny mezi 360 až 390 mm, což jsou úhrny přece jen o něco nižší ve srovnání s podobnou situací v roce 1997 (pětidenní úhrny srážek až 500 mm). Rovněž lokalizaci srážek při obou srovnávaných událostech můžeme označit jako dosti odlišnou. Zatímco v roce 1997 byly vysoké srážkové úhrny přeci jen zaznamenány na plošně rozsáhlejším území téměř celé Moravy a Slezska a měly v podstatě dvě „ohniska“ – jedno v Beskydech, druhé v Jeseníkách, tak v roce 2010 jsou o něco nižší srážkové úhrny zaznamenávány téměř výhradně v Beskydech a Hostýnsko-Vsetínských vrších.

Podíl srážkového úhrnu této epizody (13.–21. května 2010) k dlouhodobému průměru května za období let 1981–2010 to představuje v oblasti rozpětí 142 až 310 %. Největší podíl měly stanice Nýdek (309,9 %), Český Těšín (308,9 %), Staré Hamry, Samčanka (307,4 %), Ropice (305,8 %), Lysá hora (290,1 %), Frenštát pod Radhoštěm (275,7 %), Lubno (274,7 %), Raškovice (274,6 %), Albrechtice u Českého Těšína (272,4 %), Rožnov pod Radhoštěm (264,4 %) a Morávka, Uspolka (263,1 %).

Další významnější srážkové úhrny související s analyzovanou a dokumentovanou povodňovou situací byly zaznamenány v souvislosti s výskytem další tlakové níže nad Ukrajinou na přelomu měsíce května a června 2010. Při bližším pohledu a analýze této srážkové epizody se jednalo především o období od 30. května do 4. června 2010, přičemž srážky byly na počátku a konci této události opět poměrně výrazně lokalizovány do nejpostiženějších oblastí východní Moravy a Slezska. 2. června 2010 ovšem byly zaznamenány významné srážkové úhrny rovněž na zbylém území ČR s úhrny 60–90 mm (za 24 h) na návětrných stranách Krkonoše a Šumavy či 30. května 2010 na celém území ČR nejčastěji mezi 5–30 mm (za 24 h).

Za období druhé povodňové epizody 30. května až 3. června 2010 spadlo v Beskydech nejvíce srážek na Lysé hoře (131,6 mm), 130,3 mm na VD Morávka, 119,9 mm na stanici Sowiniec, 115,9 mm v Čeladné a 110 mm na Morávce, Uspolce. V Jeseníkách byly nejvyšší srážkové úhrny zaznamenány na Šeráku (98,2 mm), na Paprsku a na stanici Dlouhé Stráně, dolní nádrž (96,9 mm), v Hoštejně



**Obr. 3 Průběh vybraných meteorologických prvků na stanici Lysá hora ve dnech 14. až 23. května 2010.**

(89,3 mm), v Mikulovicích (86,2 mm), v Bělé pod Pradědem (83,9 mm), na Ramzové (83,8 mm), v Branné (79,5 mm) a ve Zlatých Horách (78,2 mm).

Podle procenta spadlých srážek v této třídení epizodě (30. 5. až 3. 6. 2010) ke květnovému srážkovému normálu nejvíce srážek spadlo ve Vsetíně (99,5 %), ve Zdechově (98,8 %), na Lysé hoře (95,1 %), ve Valašské Bystřici (94,6 %), na Bílé, Hlavaté (92,9 %) a na Horní Bečvě (95,2 %). Podrobný popis, včetně synoptických příčin a hydrologické odezvy viz ČHMÚ (2010) a Daňhelka a Šercl (2011).

K této povodňové epizodě v květnu roku 2010 se pojí ještě jedna významná sněhová epizoda na Lysé hoře. Souvislá sněhová pokrývka v zimě 2009/2010 skončila na Lysé hoře 18. dubna s maximem sněhové pokrývky 116 cm dne 17. března.

Dne 16. května 2010, 40 minut po půlnoci začal padat déšť se sněhem. Po půlhodině přešly smíšené srážky do sněžení, které trvalo až do 17:30 SEČ, kdy začaly opět padat smíšené srážky až do půlnoci. Tento den byl rovněž zaznamenán nárazovitý vítr, silná mlha a námraza. Ve dnech 17. až 19. května bylo počasí obdobné (mlha, sněžení a nárazovitý vítr). Ke dni 15. května 2010 byly zaznamenány 2 cm nového sněhu, 16. května 18 cm nového sněhu a 2 cm celkové sněhové pokrývky, 17. května 30 cm nového sněhu a 18 cm celkové sněhové pokrývky, 18. května 7 cm nového sněhu a 45 cm celkové sněhové pokrývky, 19. května sníh padal a do měření roztál a celková sněhová pokrývka byla 50 cm, 20. května byla celková sněhová pokrývka 46 cm, 21. května 32 cm, 22. května 19 cm a 23. května ráno na Lysé hoře byla zaznamenána jen nesouvislá sněhová pokrývka. Za čtyři dny (15. až 18. května) tak napadlo celkem 57 cm nového sněhu s maximem celkové sněhové pokrývky 50 cm. Z ostatních stanic pobočky Ostrava jsme pouze na Šeráku zaznamenali 7 cm nového sněhu (16. až 18. května 2010) a maximálně 4 cm celkové sněhové pokrývky 19. května.

Při této sněhové epizodě byly dosaženy také nejvyšší květnové srážkové úhrny, např. 16. května 163,2 mm (6. nejvyšší denní srážkový úhrn za období měření od roku 1897) a celkem při této srážkové epizodě spadlo na Lysé hoře 386,3 mm. Za celý květen 2010 spadlo 586,2 mm, což je květnový rekord za celou dobu měření.

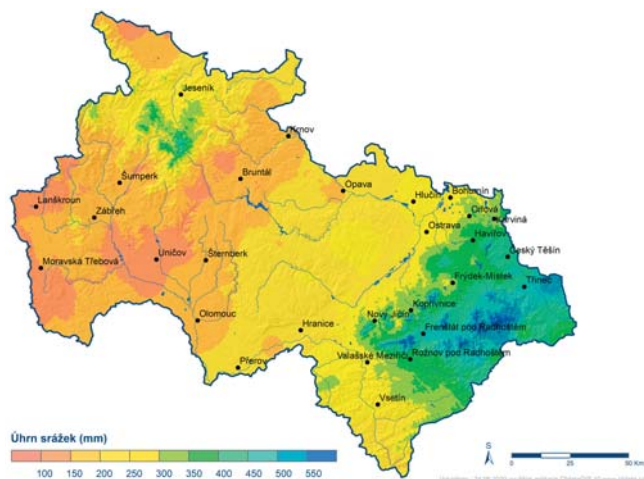
Celý měsíc květen byl na severní Moravě a ve Slezsku srážkově zcela mimořádný a velký počet meteorologických stanic zaznamenal vůbec nejvyšší květnové úhrny srážek za

**Tab. 4 Nejvyšší srážkové úhrny v Beskydech, na Ostravsku a příhraniční oblasti Polska a Slovenska za období 1. až 31. května 2010 (PL .. stanice polského meteorologického ústavu (IMGW), VD .. vodní dílo, POD .. stanice podniku Povodí Odry (POD)).**

Stanice	Nadmořská výška [m n. m.]	Úhrn srážek 1.–31. 5. 2010 [mm]
Ustroň, Rownica (PL)	650	591,0
Lysá hora	1323	586,2
Čeladná (POD)	510	580,3
VD Morávka, nádrž (POD)	530	578,5
Morávka, Uspolka	532	559,8
Nýdek	400	548,5
Krásná, Visalaje	805	539,2
Horní Bečva, Kudlačena	660	536,2
Třinec (POD)	300	536,1
Brenna, Lesnica (PL)	430	524,4
Bystřice nad Olší	370	517,0
Bialsko-Biala (PL)	398	511,5
Nýdek, M. Stožek, Plenisko	810	503,0
Čeladná, Podolánkky	510	489,1
Frenštát pod Radhoštěm	436	479,4
Staré Hamry, Gruň	810	478,0
Tyra	500	471,8
Staré Hamry, Samčanka	527	471,2
Ondřejník (POD)	655	463,1
Vyšní Lhoty (POD)	390	460,2
Jablunkov, Olše (POD)	379	458,7
Wisla, Glebce (PL)	480	458,0
Ropice	327	457,1
Skoczów (PL)	290	456,4
Šance	509	456,2
Raškovice	397	454,2
Třinec, Korská	312	451,0
Konczyce Wielkie (POD)	281	445,2
VD Šance, nádrž (POD)	510	436,5
Jablunkov, Návsí	380	435,8
VD Těrlicko (POD)	295	435,3
Albrechtice u Č. Těšína	292	433,9
Lubno	398	422,1
Těrlicko, Hradiště	356	416,4
Bílá, Hlavatá	770	409,5
Paskov	254	408,5
Istebna, Mloda Góra (PL)	820	407,2
Český Těšín	274	403,3

celou historii měření, některé stanice měly nejvyšší měsíční úhrn srážek za celé období pozorování.

V květnu 2010 zaznamenalo 27 stanic v oblasti Beskyd a přilehlé části Polska srážkový úhrn nad 450 mm. Nejvíce srážek spadlo na stanici Ustroň, Rownica (591 mm). V pořadí druhá nejvyšší hodnota byla naměřena na Lysé hoře (586,2 mm). Pokud porovnáme měsíční úhrn srážek v květnu 2010 s dlouhodobým květnovým průměrem za období let 1981–2010, tak nejvyšší podíl 446,7 % byl v Nýdku, 438 % v Albrechticích u Českého Těšína, 433 % ve Starých Hamrech, Samčance, 427 % v Ropici, 423 % na Lysé hoře, 421 % ve Frenštátě pod Radhoštěm a poslední dostupná hodnota nad 400 procent, a to 414 % v Českém Těšíně. Celkem 21 stanic v oblasti Beskyd měly podíl květnového úhrnu srážek roku 2010 k ročnímu úhrnu srážek v roce 2010 vyšší než 30 %. Nejvíce 36,9 % to bylo na polské stanici



**Obr. 4 Srážkové úhrny za květen 2010 na severní Moravě a ve Slezsku (oblast působnosti pobočky ČHMÚ Ostrava). Autor mapy Veronika Šustková.**

Bialsko-Biala, 33,4 % v Nýdku, 32,9 % na polské stanici Skoczów, 32,8 % v Haviřově, Bludovicích a 32,3 % ve Frenštátě pod Radhoštěm.

Podle podílu květnového úhrnu srážek (2010) k dlouhodobému ročnímu úhrnu (1981–2010) bylo 20 stanic s podílem 40 % a vyšší. Největší podíl 52,7 % byl na Olešné, 48,8 % v Rožnově pod Radhoštěm, 48,7 % v Bystřici nad Olší, 47 % v Mostech u Jablunkova, 45,6 % v Bohumíně a 45,4 % v Čeladné, Podolánkách.

Celý Moravskoslezský kraj měl v květnu roku 2010 plošný srážkový úhrn 280 mm. Druhý nejvyšší úhrn, 195 mm, byl zaznamenán v roce 1962, 146 mm v roce 1965, 142 mm v roce 2014 a 139 mm v roce 1976. Od roku 1961, kdy jsou tyto plošné úhrny pro kraje a Česko spočítány, bylo 20 let s květnovým srážkovým úhrnem 100 mm a více (i s květnem 2020). Olomoucký kraj měl květnový srážkový úhrn 195 mm, Zlínský kraj 224 mm a celá Česká republika 133 mm.

I letošní květen (2020) měl v Moravskoslezském kraji (podle doposud dostupných dat k 5. červnu 2020) vysoký srážkový úhrn. S předběžným plošným srážkovým úhrnem kraje 123 mm se od roku 1961 řadí na 10. místo. Možná by se z těchto vysokých květnových úhrnů mohla stát pěkná tradice, která by zachraňovala jarní průběh katastrofálního sucha posledních let. V loňském roce (květen 2019) byl krajský srážkový průměr 134 mm (7. nejvyšší krajská hodnota od roku 1961).

#### Literatura:

- ČHMÚ, 2010. Povodňová zpráva [online]. [cit. 5. 3. 2020]. Dostupné z WWW: [http://portal.chmi.cz/files/portal/docs/poboc/CB/pruvodce/povodnove\\_zpravy/os\\_2010\\_05.pdf](http://portal.chmi.cz/files/portal/docs/poboc/CB/pruvodce/povodnove_zpravy/os_2010_05.pdf).
- DAŇHELKA, J., ŠERCL, P., 2011. Povodně v České republice v roce 2010. *Meteorologické zprávy*, roč. 64, č. 1, s. 4–9, ISSN 0026-1173. Dostupné z WWW: <http://portal.chmi.cz/files/portal/docs/reditel/SIS/casoz/assets/2011/Meteo-2011-01.pdf>.
- CHALUPA, J., ONDRUCH, V., LIPINA, P., 2014. 60 let pozorování profesionální meteorologické stanice Lysá hora. Praha: ČHMÚ. 1. vydání, 40 s. ISBN 978-80-87577-36-3.

**Pavel Lipina, Roman Volný a Veronika Šustková**

## 50 let dobrovolným pozorovatelem

Dne 1. května 1970 poprvé přistoupila k meteorologické budce a odečetla všechny potřebné hodnoty pro svůj první klimatologický termín jako dobrovolný pozorovatel Českého hydrometeorologického ústavu. Od té doby uplynulo neuvěřitelných 50 let, a i když se v průběhu desetiletí změnil typ stanice i rozsah pozorování, nic to nemění na skutečnosti, že paní Jana Janotová ze Světlé Hory je jednou z mála, které se této mety podařilo dosáhnout.

Paní Jana Janotová (roz. Komárková) se narodila 7. 6. 1942 ve Zlíně, ale pochází ze Světlé Hory, která se nachází na východním úpatí Hrubého Jeseníku v nadmořské výšce 600 m, 7 km severozápadně od města Bruntál. Vyučila se zahradnicí a po svatbě s panem Josefem Janotou se přestěhovali do Václavova u Bruntálu, kde byli rovněž oba zaměstnáni v místním JZD. Zde se jim také narodila dcera Iveta a po dalších pěti letech syn Josef.



**Paní Jana Janotová je dobrovolným pozorovatelem ČHMÚ od 1. května 1970. Foto: P. Lipina.**

V této době dostali možnost se přestěhovat zpátky do Světlé Hory a pracovat pro Horskou laboratoř, vedenou pod Výzkumným ústavem zelinářským Olomouc (původně Krajský výzkumný ústav zemědělský), a vést tam zelinářský výzkum. Protože se provádělo zejména testování nově vyšlechtěných odrůd (okurky, košťáloviny), bylo potřeba znát i klimatické podmínky daného místa. Součástí této horské laboratoře byla proto i klimatologická stanice, kterou od jejího založení v roce 1955 obsluhoval řídící učitel ve výslužbě pan Josef Friedl. V květnu roku 1970 náhle zemřel, a proto ihned

pozorování převzali manželé Janotovi. Výzkum v této podobě zde probíhal až do roku 1990, kdy byl zřizovatelem zrušen, a stanice byla zprivatizována. Chvilí ještě pokračoval výzkum pro obilnářský Zemědělský výzkumný ústav Kroměříž. Poté byl provoz ukončen a na místě zřízeno klasické zahradnictví, které vedla paní Janotová, zatímco pan Janota se pustil do komunální politiky (místostarosta Světlé Hory). Po mnoho let zde také chodili na praxi studenti střední zemědělské technické školy.

Pozorování a měření ve Světlé Hoře bylo díky své poloze a podmínkám považováno za velmi důležité a stanice vždy patřila k páteřní dobrovolnické síti ČHMÚ. Pozorovací program stanice byl bohatý, kromě standardních meteorologických prvků jako teplota a vlhkost vzduchu, směr a rychlost větru, srážky nebo sněhoměrné charakteristiky se měřily i sluneční svit nebo teploty půdy. Několik let zde fungovala i fenologická stanice nebo stanice kvality ovzduší (1997–2010). Spolu s dalšími 12 dobrovolnickými klimatologickými stanicemi v působnosti ostravské pobočky, tvořila Světlá Hora tzv. skupinu interových stanic, což znamenalo, že se denně telefonicky předávaly informace o naměřených datech za uplynulých 24 hodin ve speciálních kódech. V roce 1998 pak byla stanice mezi prvními dobrovolnickými automatizovanými stanicemi ostravské pobočky, vybavenými komu-

## Vybrané klimatologické charakteristiky ze stanice Světlá Hora za posledních 50 let.

Charakteristika	Hodnota	Rok, datum
průměrný roční úhrn srážek	679 mm	1970–2019
maximální roční úhrn srážek	941,3 mm	2010
minimální roční úhrn srážek	430,4 mm	2015
maximální měsíční úhrn srážek	263,4 mm	červenec 1997
minimální měsíční úhrn srážek	0 mm	listopad 2011
maximální denní úhrn srážek	60,2 mm	6. 6. 2000
průměrná sezonní výška nového sněhu	311 cm	1969/70–2018/19
maximální sezonní výška nového sněhu	625 cm	2005/2006
minimální sezonní výška nového sněhu	142 cm	1989/1990
maximální denní výška nového sněhu	35 cm	15. 2. 2012
maximální celková výška sněhu	88 cm	6.–8. 3. 1970
maximální vodní hodnota sněhu	275 mm	23. 3. 2006
průměrná roční teplota vzduchu	6,4 °C	1970–2019
průměrná měsíční teplota vzduchu v lednu	–3,5 °C	1970–2019
průměrná měsíční teplota vzduchu v červenci	16,2 °C	1970–2019
absolutní maximální teplota vzduchu	34,3 °C	8. 8. 2013
absolutní minimální teplota vzduchu	–31,8 °C	12. 1. 1987
průměrná roční relativní vlhkost vzduchu	84,5 %	1970–2019
nejnižší naměřená relativní vlhkost vzduchu	13 %	25. 2. 1980
průměrná roční rychlost větru	2,3 m.s <sup>-1</sup>	1970–2019
nejčtetnější směr větru	S – 24 %	1970–2019
absolutní maximální rychlost větru	26,8 m.s <sup>-1</sup>	27. 10. 2002
průměrná roční oblačnost	6,3	1970–2019
průměrný roční úhrn slunečního svitu	1587,6 h	1970–2019
maximální roční úhrn slunečního svitu	2007,6 h	2003
minimální roční úhrn slunečního svitu	1261,4 h	1987
maximální měsíční úhrn slunečního svitu	324,8 h	srpen 2003
minimální měsíční úhrn slunečního svitu	7,4 h	prosinec 1993
maximální denní úhrn slunečního svitu	14,7 h	4. 6. 2003
průměrný roční počet dnů s bouřkou	21,1	1970–2019
nejvyšší roční počet dnů s bouřkou	37	1995
nejnižší roční počet dnů s bouřkou	9	2006
průměrný roční počet dnů s mlhou	30,8	1970–2019
nejvyšší roční počet dnů s mlhou	97	1972
nejnižší roční počet dnů s mlhou	6	2009
průměrný roční počet dnů se srážkami	183	1970–2019
nejvyšší roční počet dnů se srážkami	217	2017
nejnižší roční počet dnů se srážkami	154	1972
průměrný roční počet dnů se sněžením	60	1970–2019
nejvyšší roční počet dnů se sněžením	86	1970
nejnižší roční počet dnů se sněžením	27	2014
celkový počet dnů s kroupami	61	1970–2019
nejvyšší roční počet dnů s kroupami	6	1978

nikáčním počítačem pro vkládání a odesílání naměřených a pozorovaných dat. Svou práci paní Janotová i její manžel (zemřel 22. 11. 2017) vykonávali vždy pečlivě a svědomitě.

V historickém žebříčku nejdéle sloužících pozorovatelů klimatologických stanic na severní Moravě a ve Slezsku jsou manželé Janotovi na 2. místě, hned za Gustavem Adolfem Thalem, učitelem ze Suchdola nad Odrou, který byl pozorovatelem v období leden 1873 až červen 1924, tedy celkem 51,5 let. V příštím roce se tedy paní Janotová dostane na příčku nejvyšší. V žebříčku nejdéle sloužících pozorovatelů bez rozdílu typu stanice jí pak patří 7. příčka.

Děkujeme paní Janě Janotové (i jejímu manželovi), že svou činností tak dlouho přispívá k poznání meteorologických podmínek v podhůří Hrubého Jeseníku. Do dalších let jí přejeme pevné zdraví, optimismus, spokojenost a skvělé rodinné zázemí.

**Miroslav Řepka**

## Světový den větru – svátek příznivců větrné energie

Vítr v plachtách objevitelských i dobyvatelských a nákladních lodí měl po staletí nemalý vliv na to, kudy se ubírala historie lidstva. Lidé, které s využitím energie větru pojí profese nebo zájem, a je mezi nimi nemálo meteorologů a klimatologů, vědí, že i v naší době se vítr stává faktorem významně ovlivňujícím lidskou civilizaci. Světový den větru, který každoročně slavíme 15. června, je příležitost připomenout čeho větrná energetika ve světě dosáhla a kam dále směřuje. Za života jediné generace lidí větrná energetika vyrostla od dětských počátků k mladé dospělosti, která předznamenává pozoruhodnou budoucnost.

Posuďte sami: V roce 2019 dosáhl podíl větrných elektráren na uspokojení celkové spotřeby elektřiny v EU (v tom roce ještě včetně Spojeného království) 15 %. V jednotlivých státech unie byl tento podíl pochopitelně různý. Největší v Dánsku – 48 %, v Irsku 33 %, v Portugalsku 27 %, v Německu 26 %, ve Spojeném království 22 %, ve Španělsku 21 %. To jsou údaje za celý rok 2019, v kratších obdobích s větrným počasím tento podíl např. v Dánsku běžně převyšuje 100 %, tzn., že část elektřiny je exportována a případně akumulována ve skandinávských přečerpávacích elektrárnách.

Současnou etapu vývoje větrné energetiky v celém světě charakterizuje skutečnost, že v roce 2019 dosáhl celkový instalovaný výkon větrných elektráren 652 GW, což výrazně převyšuje světový instalovaný výkon jaderných elektráren, který byl ve stejné době jen 400 GW. Celkový světový instalovaný výkon větrných elektráren za patnáctileté období končící rokem 2019 vzrostl čtrnáctinásobně. Které hospodářské odvětví se může pochlubit takovým tempem růstu?

Více než třetina světového instalovaného výkonu větrných elektráren ke konci roku 2019 připadala na Čínu. Ta v dotyčném ukazateli před několika lety předstihla USA a své světové prvenství si stále upevňuje. V posledních letech rostl v Číně celkový instalovaný výkon větrných elektráren asi dvakrát rychleji než v EU. Na dalších místech světového pořadí podle instalovaného výkonu větrných elektráren následují USA, Německo a Indie. V Německu se kvantitativní růst instalovaného výkonu větrných elektráren v posledních letech zpomalil, ale dochází tam k pozoruhodnému vývoji větrné energetiky po kvalitativní stránce. Asi polovina instalovaného výkonu větrných elektráren uvedených do provozu v roce 2019 připadá na mořské větrné parky. Ty mají



**Větrné elektrárny se staly součástí vzhledu kulturní krajiny. Ilustrační foto. Zdroj: Adobe Stock.**

velký podíl na nové výstavbě také ve Spojeném království. U Německa stojí za zmínku i nová velkorysá vládní vodíková strategie, tedy program akumulace energie jejím použitím k rozkladu vody na vodík a kyslík. Získaný vodík pak může být použit jako zdroj energie. To může být významným přínosem pro energetiku v zemi, kde velká část energie je získávána ze zdrojů závislých na počasí, tedy zdrojů s velmi proměnlivým výkonem. Řada zemí vykazuje vysoké tempo růstu instalovaného výkonu větrných elektráren: USA, Indie, která si stanovila pro příští roky mimořádně ambiciózní cíle, Španělsko, Spojené království, Švédsko, Řecko se specifickými větrnými poměry (meltemi – etezie), dokonce i Francie s mohutnou jadernou energetikou aj. Nejde jen o kvantitativní růst, ale staví se stále výkonnější větrné turbíny s delšími listy rotoru, využívá se větru v rostoucích výškách nad zemským povrchem, roste podíl mořských instalací – na ty v roce 2019 v Evropě připadala asi čtvrtina nově instalovaného výkonu. To vše může příznivce větrné energetiky těšit.

Nás Čechy ovšem netěší, že instalovaný výkon našich větrných elektráren v roce 2019 dosahoval jen 340 MW a elektřina z nich pokrývala jen necelé 1 % celkové spotřeby elektřiny v zemi. Nemáme sice tak skvělé větrné podmínky jako některé ve větrné energetice úspěšné země, ale to není hlavní příčina našeho zaostávání. Využíváme jen nepatrnou část těch možností, které naše podnebí nabízí. V rozvoji větrné energetiky nás předstihly sousední a blízké vnitrozemské země, které nemají lepší větrné poměry než Česko – Bavorsko, Rakousko, Maďarsko. Pro Čechy je snazší postavit větrné elektrárny ve Vietnamu (dělá to karlovarská firma KV Ventí) než na totéž získat stavební povolení ve vlastní zemi. Tato truchlivá skutečnost je výzvou pro všechny, kterým není využití energie větru lhostejné. Mějme ji na paměti i při volbách všeho druhu, protože naši volení zástupci dělají dobrou nebo špatnou energetickou politiku ve státě, v krajích a v obcích.

Prameny informací: [www.windeurope.org](http://www.windeurope.org), [www.gwec.net](http://www.gwec.net), <https://gwec.net/global-wind-report-2019>, [www.csve.cz](http://www.csve.cz)

**Ivan Sládek**

# Konference GIS Esri v ČR

4. a 5. listopadu 2020

## Novinky v geoinformaticce

Konference GIS Esri je největší konferencí věnovanou geoinformaticce v České republice. Vedle využití GIS v inženýrských sítích a veřejné správě patří mezi významná probíraná témata také **dálkový průzkum Země, ochrana přírody a ovzduší, monitoring změny klimatu i hlukové znečištění.**

Letošní konference bude probíhat virtuálně. Mohli jsme ji tak učinit přístupnější a využít co nejvíc výhod virtuálního prostředí. Přihlaste se a seznamte se s možnostmi současných geoinformačních technologií jak ve výzkumu, tak při praktických aplikacích.

Více informací o konferenci a přihlášku naleznete na stránkách [www.arcdata.cz](http://www.arcdata.cz).



Partnerem konference je společnost AV MEDIA.



Časopis Meteorologické zprávy patří mezi mediální partnery konference.



## POČASÍ A ROSTLINY

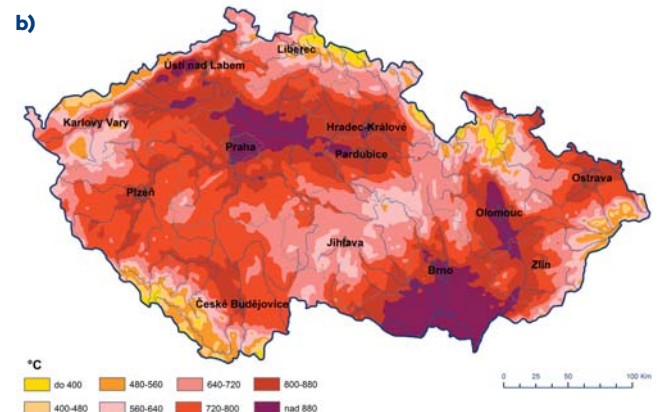
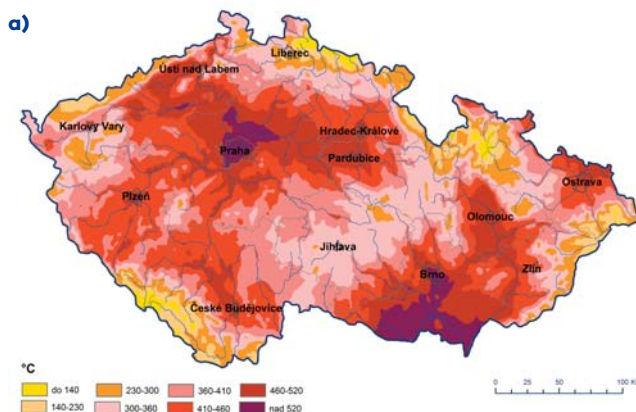
### Fenologický vývoj na území ČR v květnu a v červnu 2020

V tomto čísle vás budeme informovat, jak se změnila vybraná agroklimatická charakteristika a jaký byl vývoj vegetace v průběhu měsíce května a června.

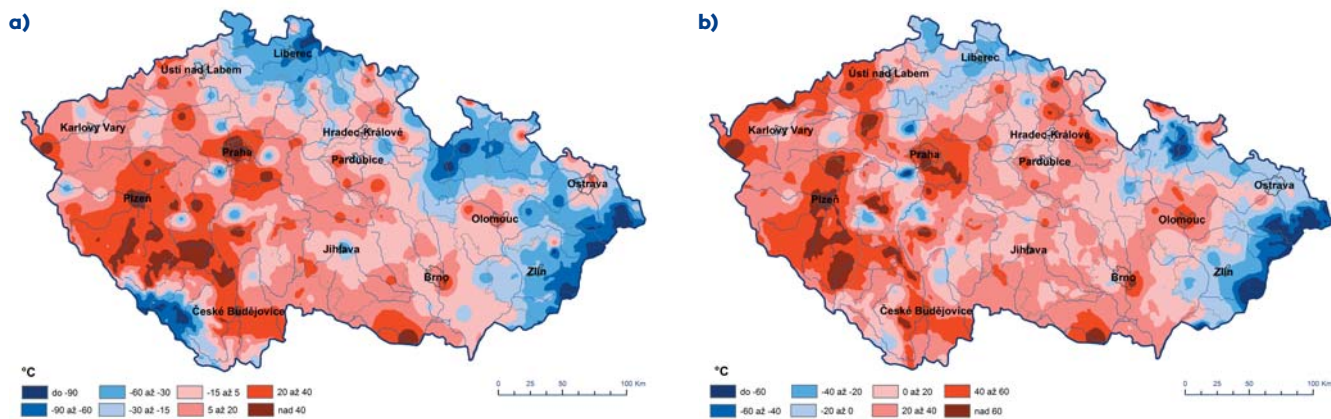
Suma efektivních teplot nad 5 °C od začátku roku k 31. 5. a k 30. 6. 2020 je uvedena v následujících mapách (obr. 1). Ke konci května se hodnoty na většině území pohybovaly v rozmezí 300 až 520 °C, ke konci června to bylo v rozmezí 560 až 880 °C.

V průběhu měsíců května a června došlo k ochlazení a teploty vzduchu nebyly již abnormálně vysoké ve srovnání s normálem. Naopak, na některých lokalitách jako např. ve Šluknovském a Frýdlantském výběžku, na severní Moravě, v Beskydech či na Zlínsku byly sumy efektivních teplot vzduchu nad 5 °C pod normálem 1981–2010, odchylky nabývaly záporné hodnoty (obr. 2). Nejteplejší lokality byly v západních, jižních, středních a východních Čechách, dále na jižní Moravě a na Olomoucku. Odchylky dosahovaly hodnot nad 40 °C (k 31. 5. 2020) a nad 60 °C (k 30. 6. 2020).

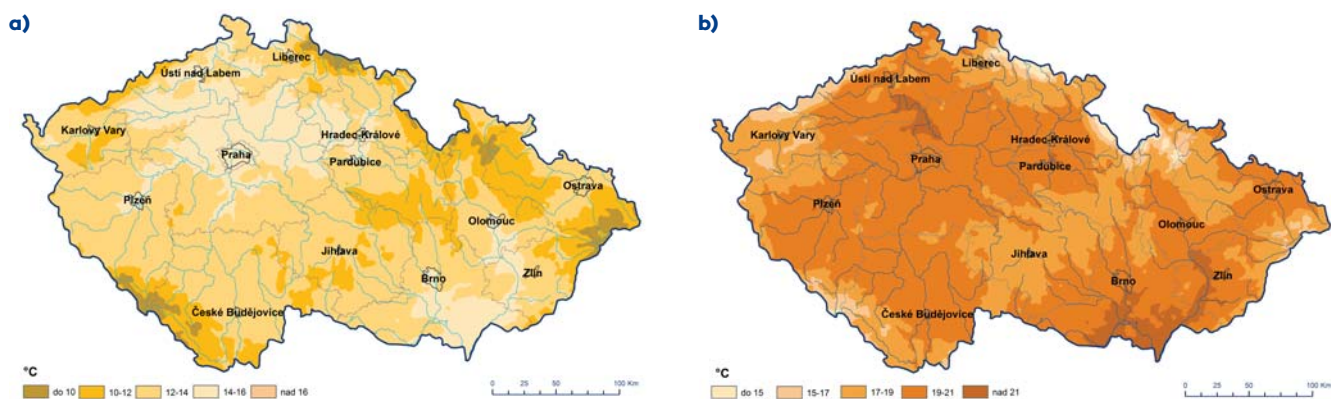
Průměrná denní teplota půdy v hloubce 10 cm byla 31. 5.



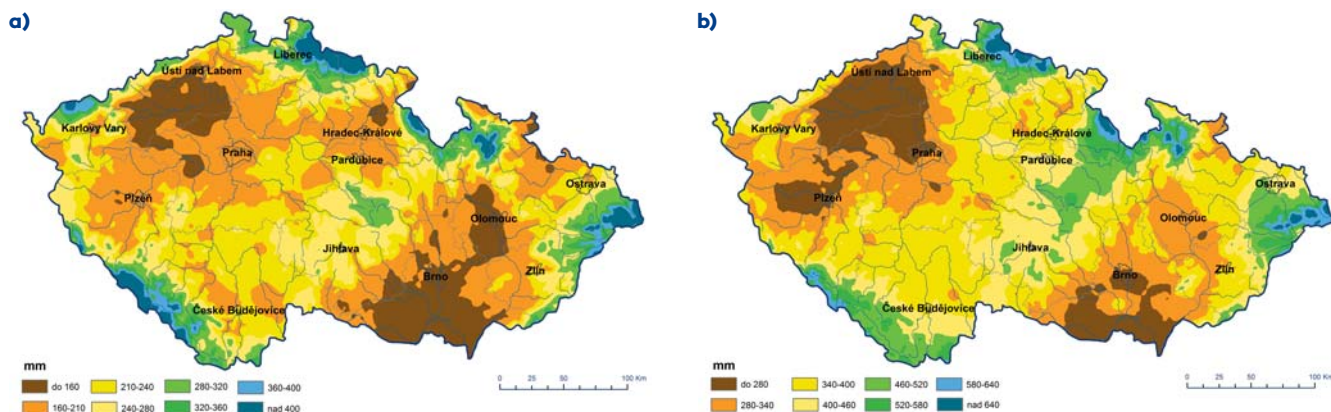
Suma efektivních teplot vzduchu nad 5 °C k 31. 5. 2020 (a) a k 30. 6. 2020 (b).



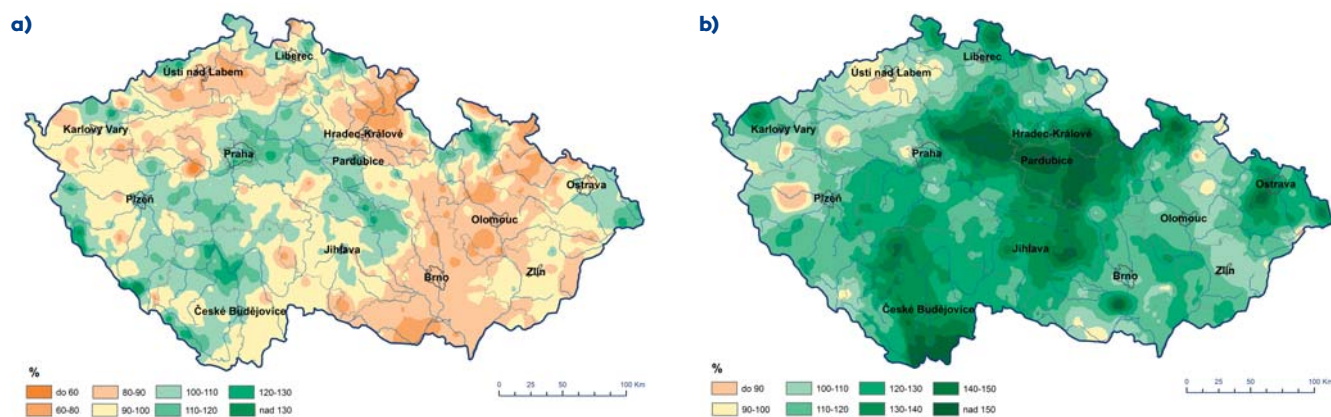
Obr. 2 Suma efektivních teplot vzduchu nad 5 °C (odchylna od normálu 1981–2010) k 31. 5. 2020 (a) a k 30. 6. 2020 (b).



Obr. 3 Průměrná denní teplota půdy v hloubce 10 cm dne 31. 5. 2020 (a) a 30. 6. 2020 (b).

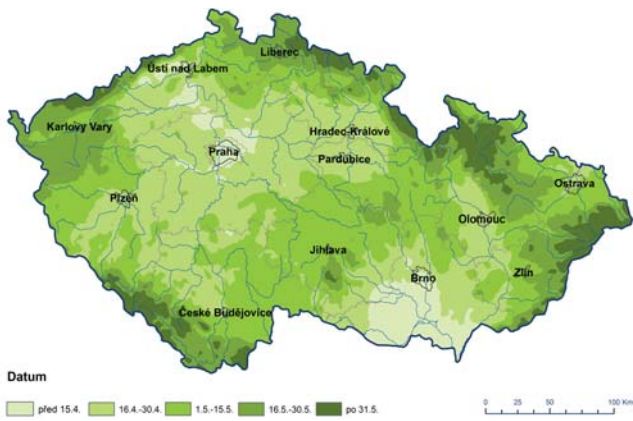


Obr. 4 Kumulativní úhrn srážek k 31. 5. 2020 (a) a k 30. 6. 2020 (b).

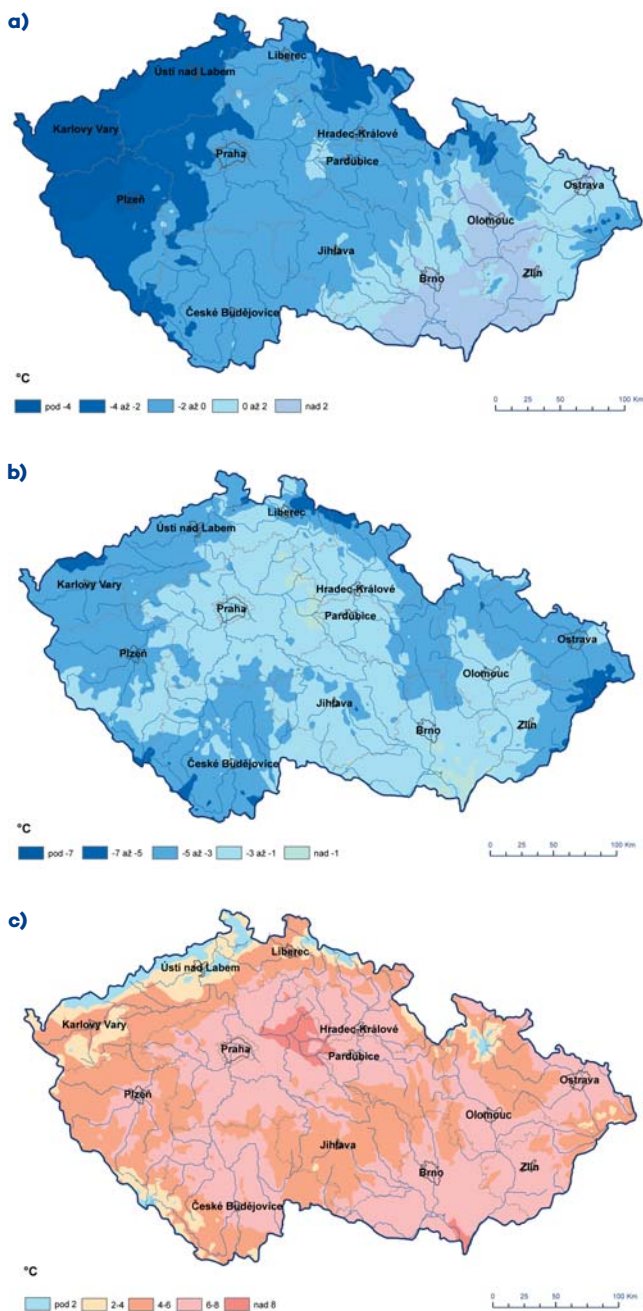


Obr. 5 Kumulativní úhrn srážek (% normálu 1981–2010) k 31. 5. 2020 (a) a k 30. 6. 2020 (b).





**Obr. 6** Začátek hlavního vegetačního období v roce 2020.



**Obr. 7** Teplota přízemního minima (měřeno ve výšce 5 cm) na „ledové muže“ 12. 5. 2020 (a), 13. 5. 2020 (b) a 14. 5. 2020 (c).

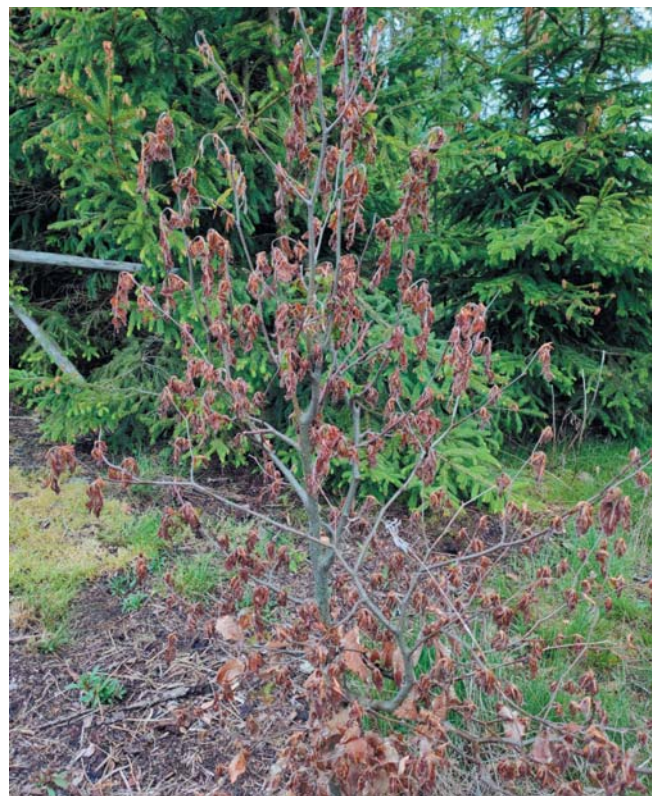
2020 v rozmezí 10 až 16 °C, 30. 6. 2020 byla v rozmezí 15 až 21 °C (obr. 3).

**Kumulativní úhrn atmosférických srážek** (od 1. 1. 2020) k 31. 5. a 30. 6. je zobrazen v mapách na obr. 4. Při srovnání s normálem (obr. 5) je vidět, že srážkový deficit se výrazně zlepšil v průběhu měsíce června, kdy se na území ČR vyskytovaly atmosférické srážky. Tyto atmosférické srážky byly velmi důležité pro vývoj vegetace vzhledem k výraznému srážkovému deficitu v předchozích měsících.

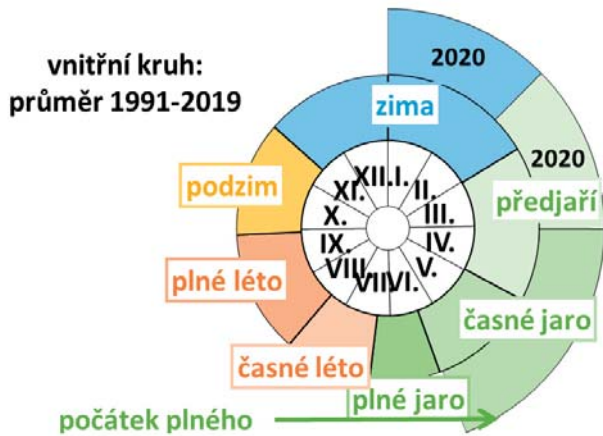
Vegetace byla v průběhu května a června v plném rozvoji, hlavní vegetační období (stanovené na základě průměrné denní teploty vzduchu nad 10 °C) začalo v nejteplejších lokalitách již v polovině dubna, v nejvýše položených lokalitách na konci května (obr. 6). V letošním roce 2020 se potvrdila pránostika „ledových mužů“, došlo ke vpádu studeného vzduchu (obr. 7) a k poškození zejména kvetoucích ovocných dřevin. V části Krušných hor došlo k rozsáhlému pomrznutí porostů buku lesního, a to jak u mladých jedinců (obr. 8), tak i u dospělých jedinců. Rovněž došlo k pomrznutí borůvky na různých lokalitách, např. v Příkosicích v západních Čechách, v Desné v Jižerských horách a v Šindelové v Krušných horách. Ke vpádu studeného vzduchu došlo v letošní vegetační sezoně bohužel již potřetí a to způsobilo velké škody na vegetaci.

V průběhu května začalo fenologické plné jaro (charakteristické dokončením zalistění všech stromů), srovnání s dlouhodobým průměrem je uvedeno na obr. 9.

V průběhu května nastoupila pylová sezona jehličnanů, nejprve kvetl smrk ztepilý (obr. 10) a později začala kvést borovice lesní (obr. 11), oba druhy kvetly o několik dní dříve ve srovnání s dlouhodobým průměrem. Souběžně s borovicí začaly kvést trávy, nejprve psárka luční (obr. 12) a později srha říznačka (obr. 13).



**Obr. 8** Pomrzlé listy buku lesního v lokalitě Šindelová v Krušných horách.



**Obr. 9 Fenologický kalendář pro ČR – aktuální rok 2020 a dlouhodobý průměr 1991–2019.**

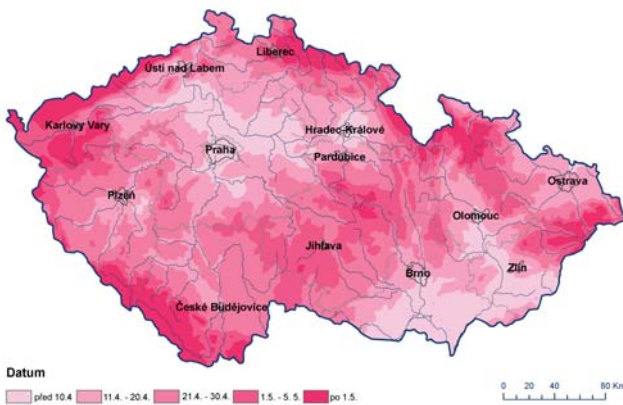
V květnu a červnu nastoupila řada fenologických fází. V průběhu první poloviny května postupně odkvetl blatouch bahenní a naopak rozkvetl pryskyřník prudký, jahodník obecný, hluchavka bílá a jírovec maďal. Hlohy, šefíky a střemchy byly v plném květu a konvalinka vonná přecházela do stadia butonizace. Ve druhé polovině května postupně rozkvetly konvalinky, jeřabiny (v letošním roce v extrémní míře), kopretina luční a jetel plazivý. Dále byla zaznamenán počátek fruktifikace (to znamená, že několik dní po odkvětu se začínají tvořit plody) např. u dubu letního, svídy dřín, např. u javoru klen, olše lepkavé, třešně ptačí, lípy srdčité, habru obecného, slivoně trnky a bezu

hroznatého, bylo zaznamenáno dřevnatění výhonů (tj. výhon ve spodní části dřevnatí a ztrácí původně bylinný charakter (dužnatost). Na stanici Příkosice v západních Čechách byla u kopretin zaznamenána tato zvláštnost – na sledované lokalitě měly kopretiny výrazně kratší lodyhy oproti jiným rokům. Toto může být důsledek sucha. V květnu panovaly na většině území nepříznivé vláhové podmínky, ke zmírnění sucha došlo až v průběhu června po výskytu atmosférických srážek.

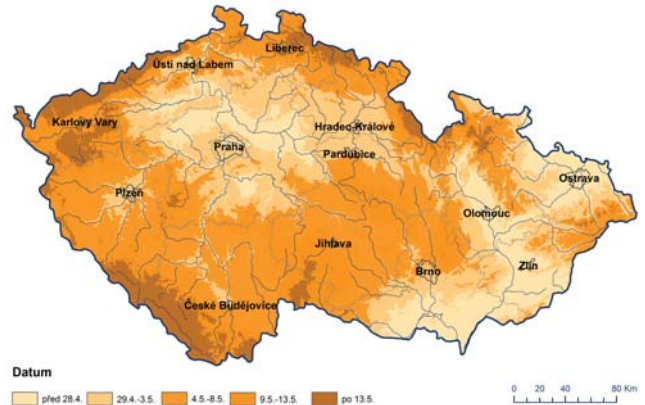
V první polovině června akáty rozkvetly i ve středních polohách, na některých lokalitách začala senoseč, a začaly dozrávat rané odrůdy třešní a jahody zahradní. Později jeřabiny a kopretiny rozkvetly i v horských polohách, začal kvést bez černý (v letošním roce kvetl velmi dlouho vzhledem ke střídání chladnějších a teplejších období), svída krvavá a u většiny dřevin začala nastupovat fenologická fáze tvorba pupenů. Na některých lokalitách (např. na Moravě) byly u modřínu, olše a dubu letního zaznamenány i tzv. janské výhony. Jedná se o druhý růst výhonů, vývoj normálních jarních výhonů je zpravidla již ukončen. Janské výhony se objevují obvykle začátkem léta. Dále začaly fruktifikovat i další dřeviny (např. jeřáb obecný a javor klen), a jehličnany dokončily růst jehlic do finální velikosti. Lípa srdčitá byla v průběhu června na většině území ve stadiu butonizace (vzhledem ke střídání teplot déle než je obvyklé) a nejdříve rozkvetla na jižní Moravě. Ve třetí dekádě června začala kvést třežalka tečkovaná (tato bylina obvykle kvete kolem svátku Jana – 24. června).

Vývoj vegetace byl v průběhu měsíců května a června velmi rozmanitý a většina fází se v průběhu června dostala do normálu.

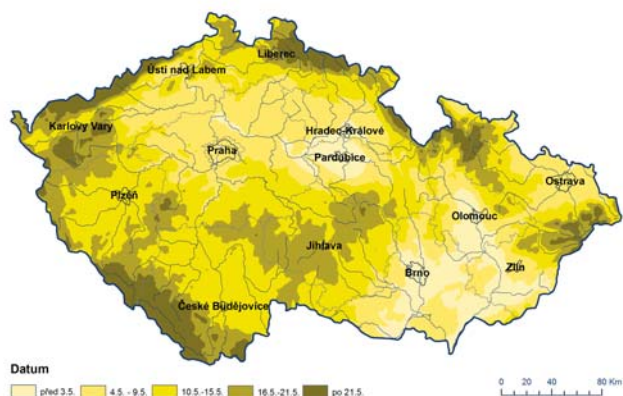
**Lenka Hájková**



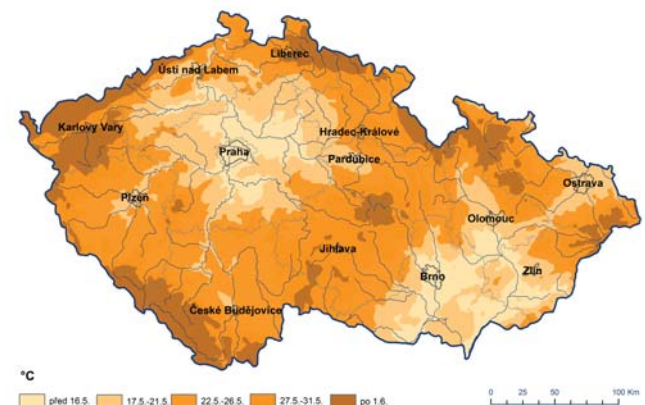
**Obr. 10 Počátek kvetení smrku ztepilého v roce 2020.**



**Obr. 12 Počátek kvetení psárky luční v roce 2020.**



**Obr. 11 Počátek kvetení borovice lesní v roce 2020.**



**Obr. 13 Počátek kvetení srhy říznačky v roce 2020.**

# Meteorologické zprávy

Meteorological  
Bulletin

Odborný recenzovaný časopis se zaměřením na meteorologii, klimatologii, kvalitu ovzduší a hydrologii. Dvuměsíčník

Reviewed journal specialized in meteorology, climatology, air quality and hydrology. Bi-monthly

## Vydavatel (redakce) – Publishers

Český hydrometeorologický ústav, Na Šabatce 2050/17,  
143 06 Praha 4-Komořany

Czech Hydrometeorological Institute, Na Šabatce 2050/17,  
143 06 Praha 4-Komořany, Czech Republic

e-mail: mz@chmi.cz, casmz.chmi.cz

## 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. Voženilek, Univerzita Palackého v Olomouci, Olomouc, Česká republika

## Abstracting and Indexing:

Meteorological and Geostrophical Abstracts

## Sazba a tisk:

Ing. Jiří Šilar DTP

ISSN 0026-1173

Registrační číslo MK ČR E 5107

© Meteorologické zprávy, Český hydrometeorologický ústav

VEŘEJNÁ SPECIALIZOVANÁ KNIHOVNA ČHMÚ

## Zahraniční časopisy odebírané specializovanou knihovnou ČHMÚ – výběr:

BAMS – USA

Climatic Change – Nizozemsko

Danube Watch – Rakousko

ECMWF – Velká Británie

ICAO Journal – Kanada

Időjárás – Maďarsko

International Journal of Climatology – Velká Británie

Journal of Applied Meteorology and Climatology – USA

Journal of the Atmospheric Sciences – USA

Journal of Hydrology and Hydromechanics – Slovensko

Journal of the Meteorological Society of Japan – Japonsko

La Météorologie – Francie

Meteorologický časopis (Meteorological Journal) – Slovensko

Meteorologische Zeitschrift – Německo

Monthly Weather Review – USA

Promet – Německo

Przegląd geograficzny – Polsko

Quarterly Journal of the Royal Meteorological Society  
– Velká Británie

Tellus A: Dynamic Meteorology and Oceanography – Dánsko

Tellus B: Chemical and Physical Meteorology – Dánsko

Vodohospodársky spravodajca – Slovensko

Weather – Velká Británie

Weather and Forecasting – USA

WMO Bulletin – Švýcarsko

<http://biblio.chmi.cz/>

**Kontakt:** Český hydrometeorologický ústav  
Na Šabatce 2050/17  
143 06 Praha 412-Komořany  
tel.: 244 032 723, 244 032 733