



ČESKÝ HYDROMETEOROLOGICKÝ ÚSTAV
CZECH HYDROMETEOROLOGICAL INSTITUTE

METEOROLOGICKÉ ZPRÁVY

METEOROLOGICAL BULLETIN

Zpráva Světové meteorologické organizace o stavu počasí a podnebí ve světě v roce 2016	97
František Šopko – Ondřej Vlček – Roman Juras – Hana Škáchová: Meteorologická analýza rozsáhlých smogových situací v ČR v lednu a únoru 2017	107
Kristýna Bartůňková – Lukáš Pop – Zbyněk Sokol: Vliv nově vzniklé vodní plochy na vlhkost vzduchu	114
Anketa – Klimatologie a klimatologové dnes a v blízké budoucnosti	120

The WMO Statement on the Status of the Global Climate in 2016	97
<i>František Šopko – Ondřej Vlček – Roman Juras – Hana Škáchová: Meteorological analysis of the extensive smog situations in January and February 2017 in the Czech Republic</i>	<i>107</i>
<i>Kristýna Bartůňková – Lukáš Pop – Zbyněk Sokol: Influence of newly formed water surface on air humidity . .</i>	<i>114</i>
Survey – Climatology and climatologists today and in the near future	120

Abstracting and Indexing:

- Meteorological and Geostrophysical Abstracts

Meteorologické Zprávy, odborný recenzovaný časopis se zaměřením na meteorologii, klimatologii, čistotu ovzduší a hydrologii. Dvoutměsíčník

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

Vedoucí redaktor – Chief Editor

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

Redaktoři – Assistant Editors

O. Šuvarinová, Český hydrometeorologický ústav, Praha, Česká republika

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

Redakční rada – Editorial Board

J. Bednář, Univerzita Karlova, Praha, Česká republika

J. Brechler, 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

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. Pastířák, Slovenský hydrometeorologický ústav, 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, Český hydrometeorologický ústav, Praha, Česká republika

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

Vydavatel (redakce) – Publishers

- Český hydrometeorologický ústav, Na Šabatce 2050/17, 143 06 Praha 4-Komořany, telefon 244 032 722, 244 032 725, e-mail: hanka.stehlikova@chmi.cz. Sazba a tisk: Ing. Jiří Šilar DTP. Rozšiřuje a informace o předplatném podává a objednávky přijímá Český hydrometeorologický ústav, SIS, Na Šabatce 2050/17, 143 06 Praha 4-Komořany, iva.sieglerova@chmi.cz. Cena jednotlivého čísla 35,- Kč, roční předplatné 300,- Kč, včetně poštovného. Registrační číslo MK ČR E 5107.

© Meteorologické Zprávy, Český hydrometeorologický ústav

- Czech Hydrometeorological Institute, Na Šabatce 2050/17, 143 06 Praha 4-Komořany, Phones: (+420) 244 032 722, (+420) 244 032 725, e-mail: hanka.stehlikova@chmi.cz. Printed in the Ing. Jiří Šilar DTP. Orders and enquiries: Please contact Czech Hydrometeorological Institute, SIS, Na Šabatce 2050/17, 143 06 Praha 4-Komořany, Czech Republic, iva.sieglerova@chmi.cz. Annual subscription: 48,- EUR (6 issues)

- ISSN 0026-1173

METEOROLOGICKÉ ZPRÁVY

Meteorological Bulletin

ROČNÍK 70 (2017)

V PRAZE DNE 31. SRPNA 2017

ČÍSLO 4

ZPRÁVA SVĚTOVÉ METEOROLOGICKÉ ORGANIZACE O STAVU POČASÍ A PODNEBÍ VE SVĚTĚ V ROCE 2016

The WMO Statement on the Status of the Global Climate in 2016. Since 1993 the World Meteorological Organization (WMO) has been publishing its annual “WMO Statement on the Status of the Global Climate”. The report has gradually gained in popularity and recently become a recognized, authoritative source of information for the scientific community, the media, and the general public. The report presented is the latest installment in this successful series. The journal Meteorologické zprávy (Meteorological Bulletin) offers its readers an abbreviated version of the report.

KLÍČOVÁ SLOVA: teplota průměrná globální – úhrn srážek globální – led mořský
KEYWORDS: average global temperature – globally precipitations – sea-ice

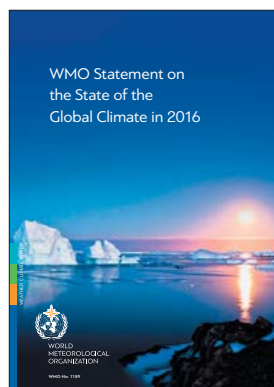
1. PŘEDMLUVA

Světová meteorologická organizace (SMO) vydává každý rok zprávu o stavu globálního klimatu na základě informací poskytnutých národními meteorologickými a hydrologickými službami (NMHS) a dalšími národními i mezinárodními organizacemi. Po více než 20 let jsou tyto zprávy zveřejňovány v šesti úředních jazycích OSN s cílem informovat vlády, mezinárodní agentury, další partnery SMO a širokou veřejnost o trendech globálního klimatu, o extrémních a zajímavých projevech počasí a klimatických jevech v jednotlivých zemích a regionech.

Tato dosud poslední zpráva (obr. 1) potvrzuje, že uplynulý rok 2016 byl zatím nejteplejší, s průměrnou globální teplotou o 1,1 °C nad úrovní před průmyslovou revolucí, což je o 0,06 °C více než předchozí rekordní teplota z roku 2015. Toto zvýšení koresponduje s dalšími změnami klimatického systému. Nejteplejší v zaznamenané historii byla průměrná teplota povrchových vod světového oceánu, nadále stoupala globální výška hladiny moře a rozloha arktického mořského ledu byla opět po většinu roku podprůměrná.

Důležitou roli hrála silná epizoda El Niño 2015/2016, která měla spolu s antropogenními změnami klimatu výrazné dopady na lidskou společnost a přírodní prostředí. Rok se vyznačoval suchem, které nepříznivě ovlivnilo zemědělskou produkci, a vystavilo tak hladu obyvatele jižní a východní Afriky a Střední Ameriky. Hurikán Matthew způsobil značné škody na Haiti a ve Spojených státech, povodně zasáhly východní a jižní Asii. V mnoha tropických mořích byla pozorována zvýšená úmrtnost korálů spojená s významnými negativními dopady na mořské potravinové řetězce, celé ekosystémy i rybolov.

Po dosažení rekordních ročních emisí oxidu uhličitého,



Obr. 1 Obálka publikace WMO.

Fig. 1. Cover of the WMO publication.

s průměrnou koncentrací 400 ppm, je vliv lidské činnosti na klimatický systém stále zřetelnější. Stále lépe jej demonstrují výsledky studií věnovaných extrémním projevům počasí a klimatu souvisejícím s teplem. Protože společenské a ekonomické dopady změny klimatu nabývají stále většího významu, spolupracuje SMO s dalšími organizacemi v rámci OSN, aby informace obsažené v této zprávě pomáhaly všem lidem, v zemědělství, v oblasti zdraví a dalších odvětvích.

Historickým milníkem je vstup pařížské mezinárodní dohody o změně klimatu v platnost dne 4. listopadu 2016. Realizace přijatých usnesení se stává skutečností a nyní tato dohoda řídí mezinárodní společenství v boji s klimatickými změnami především omezováním produkce skleníkových plynů a dalšími opatřeními zvyšujícími odolnost vůči změnám klimatu. Na žádost smluvních stran (COP) bylo na výročním zasedání v Marrákeši dohodnuto, že SMO bude každoročně předkládat jak výroční zprávu o stavu klimatu, tak výroční zprávu o stavu skleníkových plynů. Tyto zprávy tak doplní hodnotící zprávy Mezivládního panelu o změně klimatu. Kromě poskytování informací o vědeckém výzkumu se SMO zavázala podporovat své členy při budování a rozvoji národních klimatických služeb.

SMO děkuje národním meteorologickým a hydrologickým službám, mezinárodním a regionálním vědeckým centrům a institucím a odborníkům z celého světa, kteří přispěli ke vzniku této zprávy. Vítá návrhy, jak dále zlepšit její úroveň a kvalitu, s důrazem na požadavky vyplývající z pařížské klimatické dohody, z mezinárodní konference o snižování rizika katastrof (Sendai 2015) a dalších cílů udržitelného rozvoje deklarovaných OSN.

(P. Taalas, generální sekretář SMO)

2. ÚVOD

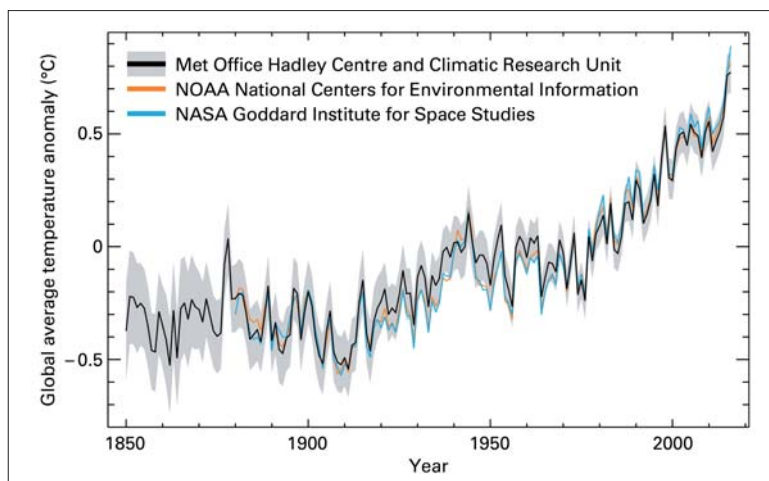
Předkládaná zpráva je založena na datebázích a informacích, které byly zpřístupněny SMO jejími členy a partnery. Své údaje, příspěvky a přímé vstupy na webové stránky poskytl více než 80 organizací. V případě potřeby komunikovala SMO přímo s národními zdroji za účelem ověření dat a informací před jejich zařazením do zprávy. Vybrané základní klimatické prvky jsou sledovány Globálním klimatickým monitorovacím systémem. Zpráva také využívá informace o dopadech změny klimatu poskytované agenturami OSN zabývajícími se různými společenskými a ekonomickými oblastmi. Obrázky obětí a hospodářských ztrát pocházejí, pokud není uvedeno jinak, z Centra pro výzkum epidemií a katastrof (CRED) na Katolické univerzitě v Lovani v Belgii.

3. SOUHRN

V roce 2016 pokračovalo oteplování a byl dosažen nový teplotní rekord přibližně 1,1 °C nad úrovní před průmyslovou revolucí, o 0,06 °C vyšší než dosavadní rekord z roku 2015. Na konci roku 2015 dosáhl svého nového maxima obsah oxidu uhličitého v atmosféře: $400,0 \pm 0,1$ ppm. Celková rozloha mořského ledu klesla pod průměrnou hodnotu o více než 4 miliony km^2 – tato bezprecedentní anomálie nastala v listopadu. Celosvětové hladiny moře silně stouply během epizody El Niño 2015/2016, na počátku roku 2016 byly dosaženy nové rekordní hodnoty. Tato poslední epizoda měla silný vliv na klima. Silné sucho ovlivnilo zemědělskou produkci v mnoha částech světa, zejména v jižní a východní Africe a Střední Americe, miliony lidí strádaly nedostatkem potravy, stovky tisíc musely opustit své domovy.

Zdroji těchto informací jsou Světový potravinový program OSN (WFP), Organizace pro výživu a zemědělství (FAO), Úřad Vysokého komisaře OSN pro uprchlíky (UNHCR) a Mezinárodní úřad pro migraci (IOM).

Hurikán Matthew v severním Atlantiku vedl k nejhorší katastrofě způsobené počasím v tomto roce, na Haiti zanechal mnoho obětí, v USA způsobil velké hospodářské ztráty. Východ a jih Asie postihly záplavy se stovkami mrtvých a stovkami tisíc vysídlených lidí a velkými ekonomickými škodami. Naopak vlhčí poměry vedly k dobré zemědělské produkci v oblasti Sahelu, s rekordními výnosy zemědělských plodin v Mali, Nigeru a Senegalu. Četné studie prokázaly, že lidský vliv na klima byl od padesátých let hlavním hnacím motorem probíhajícího oteplování globálního klimatického systému. Lidská činnost vedla na mnoha místech také k regionálnímu oteplování, změnám v rozložení teploty na kontinentální i subkontinentální úrovni a ke zvýšení frekvence a intenzity extrémně horkých epizod.



Obr. 2 Odchylky globální průměrné teploty (referenční období 1961 až 1990) podle tří hlavních datových sad použitých ve zprávě. Odstíny šedé zobrazují nejistotu v datové sadě HadCRU. (Zdroj: UK Met Office Hadley Centre).

Fig. 2. Global average temperature anomalies (1961–1990 reference period) for the three major datasets used in this Statement. The grey fading indicates the uncertainty in the HadCRU dataset. (Source: UK Met Office Hadley Centre).

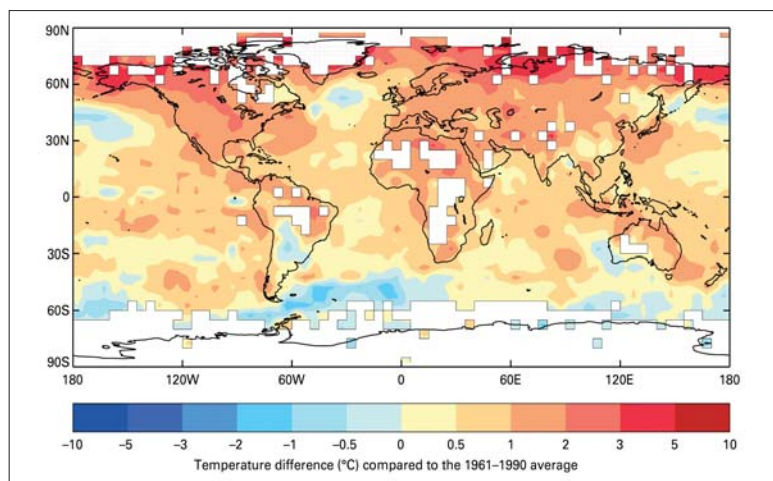
4. TEPLOTA

4.1 Globální teplota

Rok 2016 byl nejteplejší podle všech hlavních datových sad globální povrchové teploty (obr. 2), i když u některých se rozdíl oproti druhému nejteplejšímu roku 2015 pohyboval v oblasti nejistoty výpočtu. Ve třech hlavních datebázích používaných SMO byl rok 2016 o $0,83 \pm 0,1$ °C teplejší než průměrná teplota referenčního období 1961–1990 ($0,52$ °C nad průměrem 1981–2010) a o $0,06$ °C vyšší než rekordní teplota roku 2015. Ve srovnání s dobou před průmyslovou revolucí vzrostla teplota o 1,1 °C. Podle ERA-Interim reanalýz Evropského centra pro střednědobou předpověď počasí (ECMWF) byl rok 2016 ještě teplejší, s průměrnou globální teplotou $0,62$ °C nad průměrem let 1981–2010, o $0,18$ °C teplejší než rok 2015. Byl to nejteplejší rok pro oblasti souší i pro oceány, na severní i jižní polokouli.

Svých nejvyšších hodnot dosáhla také průměrná teplota posledních pěti i deseti let: v letech 2012–2016 a 2007–2016 o $0,65$ a $0,57$ °C nad průměr let 1961–1990 ($0,34$ a $0,26$ °C nad průměr 1981–2010). Každý z 16 roků od roku 2001 měl teplotu nejméně o $0,4$ °C vyšší než je průměr 1961–1990, tedy hodnotu teploty, které bylo před rokem 2001 dosaženo pouze jednou – v roce 1998. Globální teplota je i nadále v souladu s trendem oteplování o $0,1$ °C až $0,2$ °C za deset let.

Globální teplota roku 2016 byla podstatně ovlivněna silnou epizodou El Niño 2015/2016, a to zejména na počátku roku. Roky se silným projevem El Niña, jako například 1973, 1983 a 1998, jsou typicky o $0,1$ až $0,2$ °C teplejší oproti víceletému průměru, např. poslednímu desetiletí, a teplota roku 2016 byla v souladu s tímto pravidlem. Zvlášť teplé poměry panovaly od října 2015 do dubna 2016, kdy vliv El Niña na globální klima vrcholil. Globální teplota byla nad průměrnou teplotou let 1961–1990 nejméně o $0,85$ °C v každém z těchto měsíců, v únoru 2016 dokonce o $1,13$ °C. Od května, kdy El Niño zankl, teplota poněkud poklesla. Tento pokles se týkal všech měsíců až do prosince, měsíční průměry však byly stále o $0,65$ až $0,75$ °C nad průměrem, s výjimkou srpna ($+0,82$ °C). Všechny měsíce od ledna do srpna, s výjimkou června, zaznamenaly



Obr. 3 Globální teplotní anomálie v roce 2016 (referenční období 1961 až 1990) (Zdroj: UK Met Office Hadley Centre).

Fig. 3. Global temperature anomalies in 2016 (from 1961–1990 reference period) (Source: UK Met Office Hadley Centre).

rekordní globální teplotu, od září byla jejich teplota nižší než u stejných měsíců roku 2015.

4.2 Teplota souší

Teplé podmínky s teplotou nad průměrem let 1961–1990 panovaly v roce 2016 téměř ve všech zemích celého světa (obr. 3), s jedinou významnou výjimkou. Tou byla část Jižní Ameriky – hlavně centrální Argentina – a část jihozápadní Austrálie. Většina území ve středních a vyšších zeměpisných šířkách severní polokoule byla nejméně o 0,1 °C teplejší než ve srovnávacím období 1961–1990. Výjimku tvořila oblast Quebecu v Kanadě a některé regiony Dálného východu na území Ruska. Teplo s průměrnou teplotou nejméně o 3 °C nad průměrem 1961–1990 bylo v mnohých oblastech s vysokou zeměpisnou šířkou, zejména v pobřežních částech Ruska, na Aljašce, v severozápadní Kanadě a na ostrovech v Barentsově a Norském moři. Na letišti ve Svalbardu (Špicberky, Norsko) naměřili průměrnou roční teplotu –0,1 °C, což bylo o 6,5 °C nad průměrem 1961–1990 a o 1,6 °C více, než v předešlém roce.

S výjimkou arktických oblastí bylo teplo roku 2016 pozoruhodnější svým rozšířením po celém světě, než pro své extrémní projevy v jednotlivých lokalitách. Pouze relativně malá část zemí uváděla roční teplotu jako svou rekordní, např. Indie, Thajsko, Singapur, Nový Zéland a Tunisko. Z širšího pohledu byl rok 2016 jedním z pěti nejteplejších let v historických záznamech na každém lidmi obývaném kontinentě. Byl to nejteplejší rok pro celou Severní Ameriku, druhý nejteplejší pro Spojené státy (nejteplejší pro Aljašku) a čtvrtý nejteplejší pro Kanadu. Druhým nejteplejším byl pro Afriku a Jižní Ameriku a třetím nejteplejším pro Evropu. Asie měla nejteplejší období leden až září, stejně jako Rusko, ale relativně chladnější podmínky v posledních třech měsících roku.

Nejvýznamnější chladnou oblastí roku byla část Jižní Ameriky, zahrnující severní a střední Argentinu, Paraguay a nižší polohy Bolívie. Záporné teplotní odchylky byly nejvýraznější na podzim a na začátku zimy, a pak zejména v květnu, kdy měla Argentina svou nejnižší zaznamenanou měsíční teplotu. Ve výrazném kontrastu byly jižní oblasti, teplota v Antarktidě

v Esperanze dosáhla dne 26. května 17,2 °C – byla to jedna z nejvyšších zaznamenaných hodnot teploty v těchto oblastech. V Buenos Aires nepřesáhla teplota hodnotu 20 °C po dobu 103 dní, od 25. dubna do 5. srpna, bylo to nejdelší takto chladné období v historických záznamech. Druhá oblast s chladnými podmínkami – jihozápadní Austrálie – zažila svou nejchladnější zimu od roku 1990.

5. OCEÁNY

Rychlost zvyšování obsahu energie v klimatickém systému – zemská energetická nerovnováha – je nejdůležitějším ukazatelem, který určuje míru globální změny klimatu.

Drtivý podíl (více než 90 %) zemské energetické nerovnováhy spočívá v ohřevu oceánů. Měření teploty oceánů a souvisejících změn v obsahu oceánského tepla (OHC) umožňuje sledovat změny v energetické nerovnováze Země v dlouhodobém měřítku. Teplejší voda oceánů má větší objem, což vede ke globálnímu i regionálnímu vzestupům hladiny moře. Zvýšené OHC způsobuje asi 40 % pozorovaného zvýšení hladiny moře za posledních 60 let.

Globální průměrná povrchová teplota moře byla v roce 2016 nejvyšší v historii. Stejně jako u teploty souše byly největší odchylky v prvních měsících roku, ale na rozdíl od nich od dubna klesaly jen nepatrně. Hodnoty za měsíce květen až říjen neklesly více než o 0,1 °C oproti začátku roku, o něco podstatnější pak byl jejich pokles v listopadu a prosinci.

Mezi oblastmi, které zaznamenaly povrchovou teplotou moře s odchylkou nejméně 1 °C od průměru, patřil západní Atlantik severně od tropů (místně zde teplota dosahovala i hodnot 2 °C nad průměr), západní část severního Pacifiku jižně a západně od Japonska až k Číně a Filipínám, Aljašský záliv, vody kolem Indonésie a severní Austrálie, a Tasmanovo moře. Podprůměrná teplota moře se vyskytla v některých oblastech Jižního oceánu jižně od 45. rovnoběžky, v oblasti okolo Drakeova průlivu mezi Jižní Amerikou a Antarktidou a dále v severním Atlantiku jižně od Grónska, kde však nebyla tak výrazná odchylka jako v roce 2015, v částech centrálního severního Pacifiku a ve vodách kolem jihozápadní Austrálie.

Vysoká oceánská teplota významně přispěla k bělení korálů v některých tropických oblastech. Mezi ně patřil zejména Velký bariérový útes na východním pobřeží Austrálie, kde byla naměřena mimořádně vysoká povrchová teplota vody v březnu. Mortalita korálů až 50 % byla hlášena hlavně v severní části útesu. V pozdějších částech roku bylo hlášeno silné bělení korálů v japonském okrsku Okinawa, kde vládou podporovaný výzkum odhalil v listopadu a prosinci mortalitu korálů až 70 % v laguně Sekisei. Bělení korálů bylo hlášeno také z pacifických ostrovních států Fidži a Kiribati – na Fidži i se souvisejícím hynutím ryb. Odchylky teploty až 3 °C nad průměrem se v některých oblastech podílejí na dramatických změnách fyzikálního, chemického a biologického stavu mořského prostředí se závažnými dopady na potravinové řetězce a mořské ekosystémy, a v jejich důsledku také na socioekonomicky významný rybolov.

Hodnota celkového OHC se sice mírně snížila oproti rekordním hodnotám roku 2015, avšak průměrná hodnota roku 2016 stále zůstává druhou nejvyšší v existujících záznamech. Na severní polokouli dosáhlo OHC nových rekordních

maxim, které však byly v globálním měřítku vyrovnány výrazným poklesem na polokouli jižní. Podle údajů NOAA je celková hodnota globální odchylky OHC v roce 2016 (oproti referenčnímu období 1955–2006) 140 ZJ pro vrstvu 0–700 m a 208 ZJ pro vrstvu 0–2 000 m. V roce 2015 byly tyto hodnoty 151 a 224 ZJ (zetajoule, 1 ZJ = 1021 J).

Celosvětově vzrostla hladina moře od začátku 20. století o 20 cm, především v důsledku tepelné roztažnosti vody a tání ledovců a ledových polí. Některé regiony přitom zažívají vyšší nárůst hladiny než ostatní. Nejvyšší nárůsty hladiny moře byly pozorovány v tropickém západním Pacifiku v letech 1993 až 2015. Ty byly zčásti příčinou obrovské devastace části Filipín při tajfunu Haiyan v listopadu 2013. Globální úroveň hladiny moře silně vzrostla během epizody El Niño 2015/2016, s nárůstem okolo 15 mm od listopadu 2014 do února 2016. Je to vyšší růst než průměr od roku 1993 (3 až 3,5 mm za rok), přičemž hodnoty na počátku roku 2016 představují nově vytvořená rekordní maxima. Od února do srpna zůstala hladina moří poměrně stabilní, protože vliv El Niña zeslábl. Údaje o úrovni hladiny na konci roku nebyly v době vzniku této zprávy k dispozici.

6. SKLENÍKOVÉ PLYNY

Poslední analýzy měření provedené v rámci Globálního programu sledování atmosféry SMO ukazují, že průměrný globální obsah CO_2 , metanu (CH_4) a oxidu dusného (N_2O) dosáhl v roce 2015 svých nových vrcholů: CO_2 $400,0 \pm 0,1$ ppm, CH_4 1845 ± 2 ppb a N_2O $328,0 \pm 0,1$ ppb. Tyto hodnoty představují 144, 256 a 121 % předindustriální úrovně (před rokem 1750). Zpracovaná globální data skleníkových plynů pro rok 2016 budou k dispozici až v příštím roce 2018.

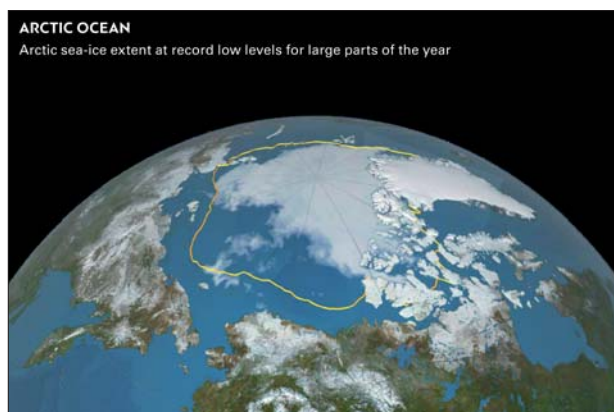
Zvýšení obsahu CO_2 od roku 2014 do roku 2015 bylo větší než mezi lety 2013 až 2014 a také větší, než je průměrný nárůst za poslední desetiletí, a to i přes nepříliš významné změny v množství produkovaných emisí vzniklých spalováním fosilních paliv. Ke zvýšení hodnot v roce 2015 přispěla poslední epizoda El Niña, a to jednak zvýšením emisí z pozemních zdrojů (např. lesní požáry), jednak snížením spotřeby CO_2 vegetací v oblastech postižených suchem. Zvýšení obsahu CH_4 mezi roky 2014 a 2015 bylo také větší než nárůst v letech 2013 a 2014 a než činí průměrná míra růstu za poslední dekádu. Zvýšení obsahu N_2O bylo obdobné. Roční index skleníkových plynů podle NOAA ukazuje, že radiační působení skleníkových plynů se od roku 1990 do roku 2015 zvýšilo o 37 %, na této hodnotě se CO_2 podílí 80 procenty.

7. KRYOSFÉRA

Kryosféra na naší planetě zahrnuje pevné srážky, sněhovou pokrývku, mořský led, jezerní a říční led, horské údolní ledovce, horské ledovcové čapky, ledové kry, pevninské ledovce, permafrost a sezonně zmrzlou půdu. Její stav poskytuje velmi užitečné informace o klimatických změnách, přesto je její podrobné monitorování stále nedostatečné. V dnešní době je sledována jen zhruba ze 30 % oproti žádoucímu ideálnímu stavu. Je sledována značná část zemského povrchu, ale celkové pokrytí ještě není na odpovídající úrovni. Některá měření se uskutečňují z vesmíru, naše schopnost využívání satelitů na oběžných drahách se stále ještě vyvíjí. Hlavními součástmi kryosféry, kterými se zabývá tato zpráva, jsou mořský led, horské a pevninské ledovce a sněhová pokrývka.

7.1 Mořský led

Rozloha arktického mořského ledu byla v roce 2016 výrazně podprůměrná a po velkou část roku dosahovala dokon-



Obr. 4 Rekordně malá rozloha arktického mořského ledu v roce 2016. (Zdroj: NASA).

Fig. 4. Arctic sea-ice extent at record low levels for large parts of the year. (Source: NASA).

ce rekordně nízkých hodnot (obr. 4). Sezonní maximum 14,52 milionu km^2 nastalo 25. března a bylo to nejnižší maximum podle družicových pozorování v letech 1979 až 2016, ještě nižší než v roce 2015. Plocha mořského ledu byla rekordně malá v květnu i červnu, ale relativně pomalé letní tání mělo za následek, že sezonní minimum – 4,14 milionu km^2 – bylo větší než rekordní hodnota z roku 2012. Roční minimum se tak vyrovnalo druhému nejnižšímu stavu z roku 2007. Podzimní zamrzání bylo výjimečně pomalé, v listopadu se dokonce na několik dní zastavilo. Průměrná listopadová plocha 9,08 milionu km^2 byla o 0,8 milionu km^2 menší, než dosavadní rekordní minimum. V prosinci se zamrzání zrychlilo a tato anomálie se zmenšila.

V prvních osmi měsících roku 2016 se rozloha antarktického mořského ledu blížila průměru z let 1979–2015, svého sezonního maxima 18,44 milionu km^2 dosáhla dne 31. srpna. To bylo nejčasnější dosažení maxima za dobu měření. Jarní tání bylo mimořádně rychlé, což způsobilo, že listopadový průměr 14,54 milionu km^2 byl zdaleka nejnižší, 1 milion km^2 pod předchozím rekordním minimem. Byla to dosud největší měsíční odchylka v satelitních záznamech. Důvody tohoto prudkého úbytku ledu dosud plně nechápeme, významně k němu pravděpodobně přispěl neobvyklý charakter místních sezonních větrů.

7.2 Horské a pevninské ledovce

Předběžná data Světového střediska pro monitorování ledovců za rok 2016 naznačují pokračující tání horských ledovců. Ledovce, pro které jsou k dispozici data za roky 2015 a 2016 vykazují průměrný úbytek 858 mm, přičemž pouze jeden z 26 sledovaných měl pozitivní hmotnostní bilanci. Průměrný hmotnostní deficit je menší než dosud rekordní úbytek z let 2014/2015, ale zůstává nad průměrem let 2003 až 2015.

Ztráty grónského ledovce byly během 12 měsíců předcházejících srpnu 2016 podobné jako v posledních letech. Změny zaledněné plochy se blížily průměrným hodnotám z let 1990 až 2013, s nadprůměrným přírůstkem ledu během chladných měsíců a poté silným táním, zejména v červenci. Období tání začalo neobvykle brzy, již v dubnu, díky neobvyklému teplu, jež se v této době vyskytlo v mnoha oblastech Grónska. Úbytky ledovcem pokryté plochy byly největší od roku 2012. V poslední čtvrtině roku, zejména v říjnu, byly zaznamenány velké přírůstky ledovce v důsledku výjimečně silných srážek na jihovýchodě Grónska.

7.3 Sněhová pokrývka

Průměrná roční rozloha sněhové pokrývky na severní polokouli byla 24,6 milionu km² v roce 2016, což je o 0,5 milionu km² pod průměrem let 1967–2015, a to je 12. nejnižší zaznamenaná hodnota. Sněhové poměry se velmi podobaly roku 2015. Po nadprůměrných sněhových srážkách v lednu byla plocha sněhu od února výrazně pod průměrem (o 2,4 až 3,3 milionu km²) až do června. Průměr dubnové plochy byl nejnižší v historických záznamech, březen byl druhý a únor třetí v pořadí. Podzimní sněhová pokrývka byla nadprůměrná, stejně jako tomu bylo i uplynulé tři roky. V září a dalších měsících až do prosince byly zaznamenány kladné odchylky od dlouhodobého průměru, každý z těchto měsíců se rozlohou řadil mezi první desítku v záznamech.

Pro jižní polokouli neexistují srovnatelné záznamy o rozloze sněhu, s výjimkou Antarktidy je zde sněhová pokrývka, kromě vysokých horských poloh, obecně vzácná. Abnormálně suché a teplé podmínky na jihu Jižní Ameriky se projevíly např. velmi nezvyklým 69denním obdobím bez sněhových srážek v Ushuaii (Argentina) od 21. dubna do 30. června. V Austrálii byla největší sezonní výška sněhu u Spencers Creek ve Sněžných horách mírně pod dlouhodobým průměrem. Silné srážky a podprůměrná teplota v září a říjnu vedly k neobvykle pozdnímu sezonnímu vrcholu rozlohy sněhu v prvním týdnu října.

8. HLAVNÍ ČINITELÉ KLIMATU

Výkyvy světového klimatu jsou sezonně i meziročně ovlivňovány několika hlavními klimatickými oscilacemi, které působí na velkých částech naší planety. Pravděpodobně nejznámější z hlavních hnacích sil variability klimatu je pacifický El Niño – Jižní oscilace (ENSO). Také rovníkový Indický oceán zažívá kolísání mořské povrchové teploty, i když s menší pravidelností než Pacifik. Indický oceánský dipól (IOD) popisuje variabilitu mezi západní a východní částí oceánu. Arktická oscilace (AO) a Severoatlantická oscilace (NAO) jsou dva režimy, které spolu úzce souvisí. Variabilita v atmosférickém proudění se vyskytuje i ve středních a vyšších zeměpisných šířkách severní polokoule. V kladném režimu je subtropický hřeben vysokého tlaku výraznější než obvykle a současně jsou silnější oblasti nízkého tlaku ve vyšších zeměpisných šířkách, jako např. Islandská a Aleutská tlaková níže. Tato situace vede k silnějšímu západnímu proudění ve středních zeměpisných šířkách. V záporném režimu je situace přesně opačná a vede naopak k silnějšímu východnímu proudění. Na jižní polokouli analogicky existuje Jižní prstencový mod (SAM), známý také jako antarktická oscilace (AAO).

Rok 2016 začal silnou událostí El Niño v tropickém Pacifiku s povrchovou lednovou teplotou moře ve východním Tichomoří více než 2 °C nad průměrem. Během prvních měsíců roku se poté voda postupně ochlazovala v souladu s typickým rozpádovým mechanismem El Niña, v květnu teplota klesla na běžnou úroveň. Epizoda El Niño 2015/2016 tak dosáhla svého vrcholu s Niño indexem (ONI) +2,3 °C po dobu tří měsíců. Listopad 2015 až leden 2016 tak zaznamenal jednu ze tří nejsilnějších epizod od roku 1950 (spolu s epizoda-

mi 1997/1998 a 1982/1983). Rovníková teplota Pacifiku byla po většinu druhé poloviny roku podprůměrná, nejnižší hodnoty ONI (–0,8 °C) v září, říjnu a listopadu stačily, aby byla deklarována slabší událost La Niña (některé zdroje ale hodnotí stav jako neutrální).

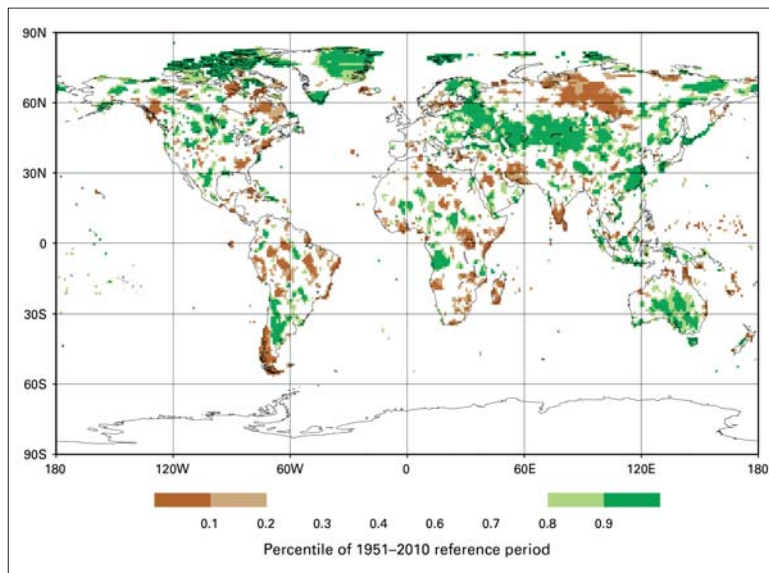
Mezi červnem a říjnem proběhla silně negativní fáze IOD s abnormálně vysokou teplotou mořského povrchu ve východní tropické části Indického oceánu mezi Indonésií a severozápadní Austrálií a relativně chladnými vodami u východního pobřeží Afriky. Hodnoty indexu IOD klesly v červenci a v září pod –1 °C, a proto byla tato epizoda hodnocena jako jedna z nejsilnějších od počátku sledování. Negativní fáze IOD byla spojena s nadprůměrnými srážkami na mnoha místech Austrálie a Indonésie a velkým suchem v rovníkové východní Africe. AO se v rozhodujícím období od ledna do března pohybovala kolem průměrných hodnot, po mírně záporných hodnotách v lednu následovaly mírně kladné hodnoty v únoru a březnu. Na začátku zimy 2016/2017 byl index AO spíše kladný. Index NAO byl pozitivní v celém období ledna až března 2016 a poté opět v prosinci.

9. SRÁŽKY

Celosvětové srážky byly v roce 2016 silně ovlivněny přechodem od podmínek El Niña na začátku roku k neutrálním nebo slabým podmínkám La Niña v druhé polovině roku. Následkem toho nastaly silné sezonní kontrasty, ale roční úhrn se v mnoha částech světa relativně přibližoval průměru (obr. 5).

Některé regiony zaznamenaly v období po El Niño silné dešťové srážky, což vedlo k výrazně nadprůměrným ročním úhrnům. Indonésie a Austrálie, které byly po květnu silně ovlivněny i negativním IOD, měly rozsáhlé oblasti s dešťovými srážkami nad 90. percentilem (nejvlhčích 10 % všech let), stejně jako části jihovýchodní Číny.

Tento rok byl srážkově bohatý v mnoha částech severní



Obr. 5 Roční úhrn srážek vyjádřený jako percentily referenčního období 1951–2010 pro oblasti, které byly nejsušší (pod 20% percentilem, hnědá barva) a nejvlhčí (nad 20% percentilem, zelená barva) během sledovaného období, tmavší odstíny hnědé a zelené indikující hranici nejsuššího, resp. nejvlhčího 10% percentilu. (Zdroj: Global Precipitation Climatology Centre, Deutscher Wetterdienst, Germany).

Fig. 5. Annual total precipitation 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, Deutscher Wetterdienst, Germany).

polokoule. Velká oblast se srážkami nad 90. percentilem se rozprostírala od Kazachstánu na západ přes západní část Ruské federace do Finska, severního Švédska a Norska. Velké části na severu Ruské federace byly suché, s velkou oblastí severně od 55° severní šířky mezi Uralem a jezerem Bajkal, kde byly srážky pod 10. percentilem.

Trvale vysoký tlak nad Jižní Amerikou a kladná AO, které převládaly po většinu roku, silně ovlivnily srážky na jihu Jižní Ameriky. Byl to výjimečně suchý rok na většině chilského území od Santiaga na jih a v jižní Argentině. Naproti tomu na východní straně And v Argentině byly v mnoha oblastech severně od severní Patagonie srážky výrazně nadprůměrné.

Tropické západní pobřeží Jižní Ameriky, které během silných roků El Niña obvykle mívá vydatné srážky, mělo v prvních měsících roku 2016 srážky jen různorodé, přičemž sezonní úhrny se v západním Peru a Ekvádoru blížily průměru. Další oblastí, kde chyběly pro El Niño typické dešťové srážky, byla Kalifornie, kde byly sezonní srážky v letech 2015/2016 téměř průměrné (po čtyřech velmi suchých letech za sebou), a jen mírně omezily dlouhé období sucha, ačkoli se situace na konci roku 2016 zklidnila nadprůměrnými srážkami, zejména na severu.

Srážky byly ve většině střední a západní Evropy v průměru, přičemž velmi vlhká první polovina roku byla v kontrastu se suchou druhou půlkou. Zima 2015/2016 byla srážkově bohatá po celém západním okraji Evropy. Skotsko, Wales a Severní Irsko měly zimu srážkově rekordní a Spojené království jako celek druhou nejbohatší. V mnoha částech západní a střední Evropy byly květen a červen také velmi vlhké s významnými záplavami, zejména ve Francii a Německu. Sucho zavládlo ve velké části západní a střední Evropy během července až září, přičemž Francie měla historicky nejsušší červenec a srpen. Prosinec byl také extrémně suchý, přičemž mnohé oblasti měly méně než 20 % normálu. Švýcarsko mělo svůj nejsušší prosinec, který byl třetím historicky nejsušším měsícem. Několik stanic v západním Švýcarsku a přilehlých oblastech Francie nemělo v prosinci žádné srážky. Jedním z indikátorů kontrastu mezi první a druhou polovinou roku bylo to, že Uccle v Belgii zaznamenal srážkově rekordní leden až červen (62 % nad průměrem), následovaný třetím nejsušším červencem a prosincem (36 % pod průměrem).

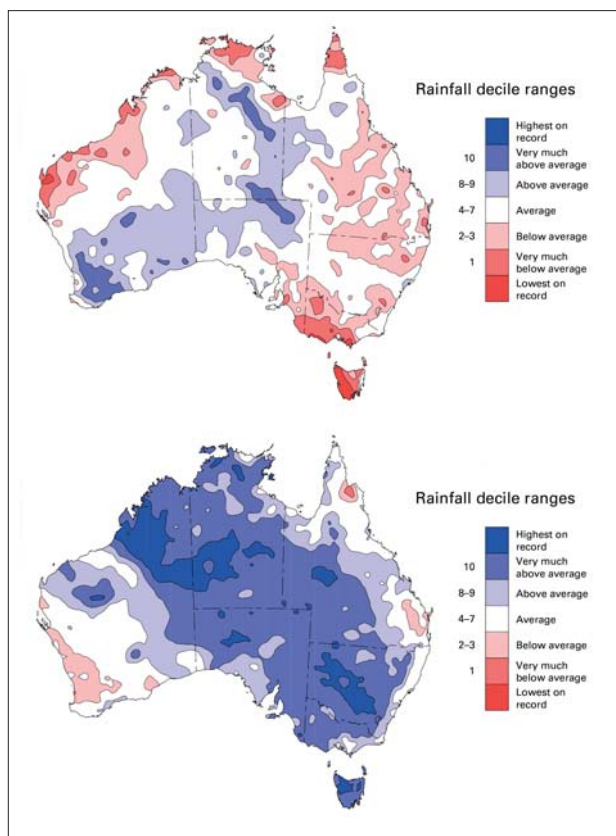
10. EXTRÉMNÍ UDÁLOSTI

Extrémní události jsou zodpovědné za mnohé významné dopady, jak z hlediska obětí, tak ekonomických ztrát. Mezinárodní měnový fond (MMF) shledal, že malé rozvojové státy jsou neúměrně postiženy přírodními katastrofami, a průměrné roční náklady jsou mnohem větší, než ve větších zemích.

10.1 Nezávažnější sucha a povodně

Začátkem roku bylo v některých částech světa zaznamenáno sucho spojené s účinky El Niña. Většina z těchto regionů, s výjimkou Brazílie, zaznamenala v průběhu roku 2016 obecný návrat k průměrným či nadprůměrným srážkám, v některých případech se ale sucho zhoršilo. Projekt Světového potravinového programu (WFP) ukázal, že počet lidí, kteří potřebují pomoc v důsledku sucha v souvislosti s El Niňem, by měl v únoru 2017 dosáhnout vrcholu.

Většina území jižní Afriky započala rok velkým suchem. Druhý rok po sobě byly v letním období dešťů (říjen–duben 2015/2016) srážky 20 až 60 % pod průměrem. V mnoha částech regionu byla zničena úroda. Ukázalo se, že mimořádné sucho bylo vyhlášeno ve všech regionech Jihoafrické republiky kromě jednoho, zatímco na severu zhoršená zemědělská produkce způsobila nedostatek potravin. WFP odhaduje, že



Obr. 6 Decily srážek v Austrálii, osm měsíců od září 2015 do dubna 2016 (nahore) a osm měsíců od května do prosince 2016 (dole). (Zdroj: Australian Bureau of Meteorology).

Fig. 6. Rainfall deciles for Australia for the eight months September 2015 to April 2016 (top) and the eight months May to December 2016 (bottom) (Source: Australian Bureau of Meteorology).

počátkem roku 2017 bude 18,2 milionů lidí potřebovat nouzovou pomoc. Celková produkce obilovin v jižní Africe v létě 2015/2016 poklesla o 13 % oproti sezoně 2014/2015 a o 31 % ve srovnání s obdobím 2013/2014. Období dešťů v sezoně 2016/2017 mělo slibný začátek, s dešťovými srážkami v říjnu až prosinci téměř průměrnými nebo nadprůměrnými na většině území. Některé oblasti, např. střední a severní Malawi, zůstávaly suché a výrazné zlepšení v humanitární situaci se až do sklizně v březnu a dubnu 2017 neočekávalo.

Významné sucho postihlo v Brazílii povodí Amazonky i severovýchod země; oba kraje mají historickou tendenci k suchu v pozdějších fázích průběhu El Niña. Po velmi suchých měsících v polovině roku 2015 se deficit srážek v Amazonii rozšířil na měsíce srážkových maxim v lednu až březnu, zejména v západních a jižních částech povodí, a srážky pokračovaly na průměrné až podprůměrné úrovni v následujících měsících. Do konce července bylo 24 extrémně nízkých měsíčních úhrnů téměř v celém povodí Amazonky. Dešťové srážky v pozdější části roku byly různorodé a vyústily pouze v mírné a lokální zlepšení. Prozatímní údaje ukazují, že rok 2016 v povodí Amazonky byl zjištěn jako nejsušší kalendářní rok. Řeky byly na abnormálně nízkých stavech. Acre zaznamenala nejnižší hodnoty, a přišla neúroda. V severovýchodní Brazílii sucho pokračovalo, v lednu silný déšť nebyl následován dalšími srážkami, a více než 60 % regionu bylo do konce roku označeno za výjimečně suché. Produkce obilovin v Brazílii byla 22 % pod pětiletým průměrem. Sucho jinde na severu Jižní Ameriky,

zejména v Kolumbii a ve Venezuele, se od dubna zmírnilo, ačkoli v první polovině roku přispěly ve Venezuele podnormální stavy hladin vodních nádrží k nedostatku elektrické energie. Střední Amerika také zažila počátkem roku 2016 sucho, přičemž Organizace pro výživu a zemědělství (FAO) odhaduje, že 3,5 milionů lidí zažívalo v Salvadoru, Guatemale, Hondurasu a Nikaragui potravinovou nejistotu. Podstatné zlepšení se v těchto oblastech vyskytlo až později během roku.

K nejdramatičtějšímu přechodu sucha do nadprůměrných srážek došlo v Austrálii (obr. 6). Sucho bylo na počátku roku rozloženo ve dvou oddělených oblastech, vnitrozemí Queenslandu a jihovýchodním regionu zahrnujícím Tasmánii, západní Victorii a jihovýchod jižní Austrálie, s podprůměrnými srážkami v některých částech obou regionů už od roku 2012. Tasmánie byla obzvláště těžce postižena velkými požáry a nedostatkem elektřiny z důvodu nízkých zásob vody. V květnu došlo k výraznému posunu k období s nadprůměrnými srážkami, když El Niño oslabil a ustálila se záporná IOD fáze. Toto období vyvrcholilo v září, kdy v mnoha částech východní Austrálie padaly měsíční srážkové rekordy. Následné rozsáhlé záplavy vnitrozemských řek způsobily uzavření hlavní silnice z Melbourne do Brisbane na dobu delší než jeden měsíc. K ničivým záplavám došlo na začátku června na východním pobřeží severní Tasmánie. Poté, co od září 2015 do dubna 2016 bylo osm rekordně nejsušších měsíců, Tasmánie měla od května do prosince historicky nejdeštivější období. Tyto vysoké srážky a mírné jarní podmínky vedly k rekordní úrodě obilí a předpokládá se produkce ozimů o 49 % vyšší než v roce 2015.

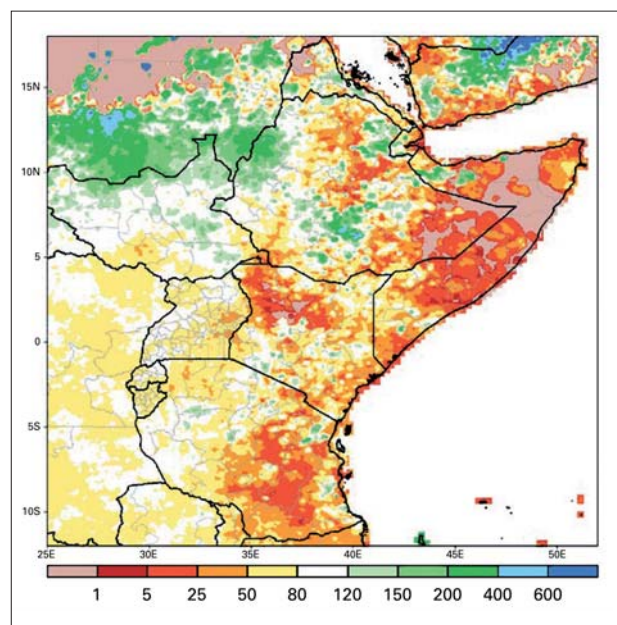
V ostatních regionech započal rok významným suchem, zejména v důsledku nízkých srážek v období dešťů v polovině roku 2015, na většině rozlohy Indie, v částech Vietnamu (zejména delta Mekongu), severní Etiopii a velké části Indonésie. Významné zemědělské ztráty byly ve Vietnamu, kde 83 % území státu bylo hodnoceno jako postižené suchem nebo pronikáním slané vody, v Indii byl nedostatek vody, a 10 milionů lidí potřebovalo humanitární pomoc v Etiopii. Zpráva Mezinárodní organizace pro migraci (IOM) ukazuje, že sucho způsobené jevem El Niño bylo hlavním faktorem, který přispěl v prvním čtvrtletí roku 2016 k největšímu počtu nově přesídlených lidí v Etiopii, ve srovnání se stejným časovým obdobím v předchozích třech letech (2013, 2014 a 2015). V první polovině roku 2016 zažila Indie, Vietnam i Etiopie průměrně až nadprůměrné srážky, které v podstatě podmínky zlepšily, zatímco v Indonésii přispěla negativní fáze IOD, při jaké je obvykle sušší období, od května k výskytu přívalem dešťů, které se soustředily na Jávě a Sumatře. To bylo ještě patrnější na Vánočním ostrově jižně od Jávy, kde napadlo od dubna do listopadu 3 900 mm srážek – téměř čtyřnásobek průměru. Koncem roku 2015 a v prvních měsících roku 2016 postihly neobvykle suché podmínky v jižním Pacifiku oblast sahající od jižní Papuy-Nové Guineje přes Šalamounovy ostrovy a Vanuatu na Fidži, Tongu, Samou a jižní Cookovy ostrovy, protože konvergenční zóna jižního Pacifiku (SPCZ, South Pacific Convergence Zone) se přemístila na severovýchod (typické pro roky El Niño) před určitým oživením v druhé polovině roku. Port Vila (Vanuatu) zaznamenal historicky nejsušší rok.

V suchem zasažené oblasti východní Afriky se situace ke konci roku zhoršila (obr. 7). V Somálsku, Keni a Tanzanii se úhrn srážek blížil již během období „dlouhých dešťů“ (březen až květen) k podprůměrným hodnotám před srážkově mimořádně chudou sezonou „krátkých dešťů“ (říjen až prosinec). Ačkoli se ke konci sezony vyskytlo pár užitečných dešťů, úhrn za říjen až prosinec byl stále 50 % pod průměrem, a to zejména

ve východní Tanzanii, východní Keni a Somálsku (70 až 90 % pod průměrem byl v pobřežním pásu Keni a Tanzanie). Tento region má historicky velké humanitární dopady vlivem sucha a agentury monitorující situaci uvedly ve zprávě Úřadu vysokého komisaře OSN pro uprchlíky (UNHCR), že v únoru 2017 bylo v rámci Somálska přemístěno 135 000 lidí. Značné ztráty vznikly na úrodě a úbytek hospodářských zvířat vlivem chudých pastvin byl hlášen také v Keni. Zimní sezona 2015/2016 v Maroku a severozápadním Alžírsku byla také suchá, srážky ve většině Maroka za období od září 2015 do dubna 2016 byly 15 až 40 % pod průměrem. Sklizeň pšenice zde byla o 65 % nižší než v roce 2015.

Velmi suché podmínky postihly většinu jižního a středního Chile, stejně tak i daleký jih Argentiny. Srážky ve většině této oblasti byly o 30 až 60 % nižší, než je průměr. V Chile, v Coyhaique a Balmacedě, byl nejsušší rok v historii a druhý nejsušší v Puerto Monttu, Osornu a Punta Arenas. Dlouhé období podprůměrných srážek pokračovalo v centrálním Chile, přičemž průměr srážek v Santiagu za šest let 2011 až 2016 byl 40 % pod dlouhodobým průměrem. Suché podmínky zapříčinily vznik velkých lesních požárů, které vypukly na konci roku před opětovným zhoršením v lednu 2017. Extrémní vedro koncem roku 2016 s novým teplotním rekordem 37,3 °C bylo zaznamenáno v Santiagu 14. prosince. Sucho také převládalo v některých částech Bolívie.

Suché léto a podzim panovaly na mnoha místech východních Spojených států a v přilehlých částech východní Kanady. Jihovýchodní vnitrozemí Spojených států bylo suché především v říjnu a listopadu, kdy některá místa měla po dobu dvou měsíců pouze malé nebo vůbec žádné srážky, což přispívalo k velkým požárům. Po období s vydatnými monzunovými dešti nad většinou Indie v polovině roku 2016, nastaly velmi suché podmínky v těch částech jižní Indie, které v období severovýchodního monzunu od října do prosince dosáhly svých srážkových maxim. V historii této oblasti to byl nejsušší říjen až prosinec se sezonními srážkami o 65 % nižšími než průměr (v ostrém kontrastu s rozsáhlými záplavami, kte-



Obr. 7 Srážky ve východní Africe za říjen až prosinec 2016 v procentech průměru (Zdroj: US NOAA Climate Prediction Center).

Fig. 7. Rainfall for East Africa for October to December 2016 as a percentage of average (Source: US NOAA Climate Prediction Center).

ré postihly region na konci roku 2015). Suché podmínky také ovlivnily Srí Lanku.

10.2 Významné povodně

Povodí řeky Jang-c'-ťiang v Číně okusilo nejvýznamnější povodňové období od roku 1999, přičemž některé přítoky zaznamenaly rekordní průtoky. Silné deště trvaly ve střední a dolní části Jang-c'-ťiang od dubna do července (obr. 8), s celkovým úhrnem za duben až červenec 30 % nad průměrem, podobně nebo mírně nad úrovní let 1998 a 1999. Přes kratší přestávky se od 18. do 20. července soustředily v oblasti Pekingu velmi silné deště, které také způsobily ničivé záplavy. Celkově došlo v povodí Jang-c'-ťiang a oblasti Pekingu k 310 úmrtím a škodám ve výši 14 miliard dolarů. Celkově se v Číně jednalo o srážkově rekordní rok, jehož roční úhrn 730 mm byl 16 % nad dlouhodobým průměrem.

Záplavy a sesuvy půdy na Srí Lance v polovině května zanechaly po sobě více než 200 mrtvých či pohřešovaných a několik set tisíc lidí evakuovaných. Velké záplavy byly během monzunového období zaznamenány v různých částech Indie, zejména v povodí Gangy, kde řeka dosáhla v některých místech rekordní výše, stejně tak jako v Nepálu a Bangladéši.

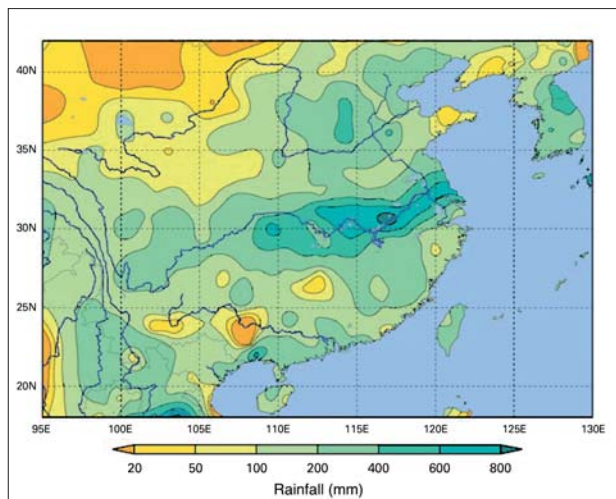
Nadprůměrné srážky padaly v květnu a začátkem června v některých částech západní Evropy. V severní Francii dosáhl měsíční úhrn až dvojnásobku, a dosáhl v pařížském regionu ve čtyřdenní sumě od 80 do 120 mm ve dnech 28. až 31. května. To způsobilo na začátku června povodně. V Paříži dosáhla hladina Seiny své historicky páté nejvyšší úrovně (nejvyšší mimo zimní měsíce), povodeň způsobila velké škody na majetku.

Extrémní záplavy postihly od 9. do 15. srpna část jihu Spojených států, zejména Louisianu. Sedmidenní srážkové úhrny se v nejhůře postižených oblastech pohybovaly od 500 do 800 mm, s rekordním 15hodinovým úhrnem 432 mm v Livingstonu dne 12. srpna. Některé řeky dosáhly vrcholu povodně o 1,5 m výše oproti předchozímu maximu. Bylo hlášeno třináct úmrtí a více než 50 000 domů a 20 000 podniků bylo poškozeno nebo zničeno. Celkové ztráty byly odhadnuty na 10 miliard dolarů.

Nadprůměrný sezonní úhrn srážek v oblasti Sahelu vedl k významnému rozvodnění v povodí Nigeru. Na horním Nigeru v Mopti (Mali) dne 6. září dosáhla řeka nejvyšší úrovně hladiny od roku 1964 a při záplavách ve vnitřní deltě Nigeru v Mali v listopadu a prosinci dosáhly řeky svých nejvyšších výšek hladin za posledních 50 let. K povodním došlo také dále po proudu, a to zejména v Nigeru a severní Nigérii, byly zaznamenány i v jiných částech západní Afriky mimo povodí Nigeru v Gambii, Senegalu a Ghaně. Silné záplavy byly také zaznamenány v jižní polovině Súdánu. Dostatečné množství srážek se ale zasloužilo o dobrou zemědělskou úrodu v mnoha částech Sahelu, s rekordními výnosy v Mali, Nigeru i Senegalu.

10.3 Tropické cyklony¹⁾

Globální aktivita tropických cyklon byla téměř v normálu, s celkovým počtem 82 cyklon, mírně nižším, než je dlouhodobý průměr 85 cyklon ročně (obr. 9). Nadprůměrná aktivita byla v severním Atlantiku (15 cyklon, průměrně 12) a východní části Tichého oceánu (21 cyklon, průměrně 16), ale podprůměrná byla na jižní polokouli, zejména v australské oblasti, kde byla nejnižší aktivita od počátku satelitních záznamů s pouhými třemi cyklony (průměrně 10). Historicky druhá



Obr. 8 30denní srážkové úhrny nad východní Asií od 21. června do 20. července 2016 z datového souboru APHRODITE (Zdroj: Japan Meteorological Agency).

Fig. 8. Rainfall over eastern Asia for the 30 days 21 June to 20 July 2016 from the APHRODITE dataset (Source: Japan Meteorological Agency).

nejpozději vzniklá pojmenovaná bouře (Nepartak) se vyvinula až 3. července, sezona v severozápadním Tichém oceánu byla blízka průměru s 26 cyklony, ačkoli jejich geografické rozmístění jeví neobvyklé znaky, jako jsou např. poprvé v historii pozorování od roku 1951 zaznamenaná tři vniknutí na japonský ostrov Hokkaidó.

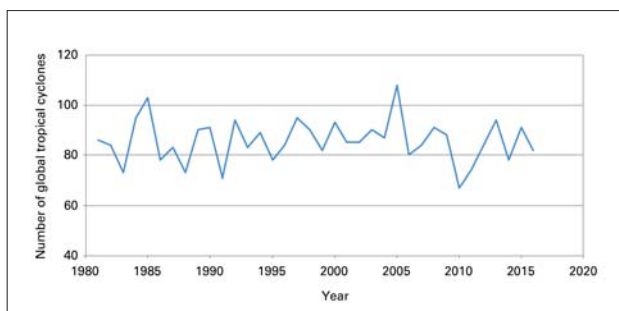
Nejničivější tropická cyklona roku, i nejničivější meteorologická katastrofa jakéhokoli typu, byl hurikán Matthew, který pustošil na přelomu září a října různé části severního Atlantiku. Jižně od Haiti dosahovala jeho intenzita 5. kategorie – první atlantský hurikán této intenzity od roku 2007 – a jihozápadní Haiti přešel 4. října jako systém 4. kategorie. Po překřížení východní Kuby a Baham se pak Matthew přesunul na sever, jen kousek od východního pobřeží Spojených států, s téměř paralelní drahou s pobřežím a krátkým vniknutím do Jižní Karolíny před přesunem zpět na moře. Největší ztráty na životech spojené s Matthewem byly zaznamenány na Haiti, s hlášením nejméně 546 mrtvých. Došlo ke zhoršení existujících problémů s nedostatkem potravin a s nemocemi v zemi, případy výskytu cholery se v nejhůře postižených provinciích zvýšily o 50 %. Velké ekonomické ztráty byly ve Spojených státech (hlavně z povodní v Severní a Jižní Karolíně, Georgii a na Floridě), také na Kubě, Bahamách a Haiti ve výši více než 15 miliard dolarů.

Dalším živlem zodpovědným za vážnou katastrofu na konci srpna v severovýchodní oblasti Korejské lidové demokratické republiky (KLDR) byl tajfun Lionrock. Účinek tajfunu, se srážkovým úhrnem až 320 mm za čtyři dny, vedl ke katastrofálním záplavám. Vládní zprávy popsaly událost jako nejvýznamnější přírodní katastrofu od založení KLDR se 133 mrtvými a 395 nezvěstnými lidmi a zničením 11 600 obydlí.

Dosud nejsilnější tropická cyklona na Fidži, cyklon Winston, překročil ostrovy Fidži koncem února jako systém 5. kategorie. Velké škody vznikly zejména na severním pobřeží hlavního ostrova Viti Levu, kde bylo hlášeno celkem 44 úmrtí, škody byly odhadnuty na 1,4 miliardy dolarů. Cyklon Winston také významně zpusťoval ostrov Tonga.

Mezi další významné intenzivní tropické cyklony patřil tajfun Nepartak, spojený s 86 úmrtími na Tchaj-wanu, s uváděným změřeným tlakem 911 hPa; tajfun Meranti, který nejintenzivněji v historii udeřil v provincii Fu-tien v Číně na pevninu poté,

¹⁾ Poznámka překladatele: Tropickým cyklonám v severním Atlantiku a východním Tichomoří říkáme hurikán, v severozápadním Tichomoří tajfun a zejména v Indickém oceánu cyklon.



Obr. 9 Celkový počet tropických cyklon pro každý rok od roku 1981 do roku 2016. Roční součet kombinuje 12 měsíců končících v prosinci na severní polokouli a 12 měsíců končících v červnu na jižní polokouli (např. počet v 2016 je za sezonu 2016 na severní polokouli a 2015/2016 na jižní polokouli).

Fig. 9. Total number of tropical cyclones for each year from 1981 to 2016. Annual totals combine the 12 months ending December for northern hemisphere regions and the 12 months ending June for southern hemisphere regions (e.g. the 2016 total is for the 2016 northern hemisphere season and the 2015/2016 southern hemisphere season).

co nejprve přešel přes nejsevernější ostrovy Filipín, který měl v centru nejnižší pozorovaný tlak (890 hPa) jakékoli tropické cyklony v roce 2016, a cyklon Fantala, kterého 17. dubna jižně od Seychel udělala 10minutová průměrná rychlost větru $250 \text{ km} \cdot \text{h}^{-1}$ jedním z nejintenzivnějších cyklonů zaznamenaných v jihozápadním Indickém oceánu.

Na severní polokouli v centrální části Tichého oceánu se objevily dva neobvyklé lednové hurikány. Pali, kromě neobvyklého načasování také dosáhl nejnižší zeměpisné šířky (2°S) z hurikánů na západní polokouli, zatímco Alex, který způsobil škody na Azorách, byl prvním lednovým hurikánem v Severním Atlantiku od roku 1938. Koncem listopadu dosáhl několika rekordů formování a intenzity v pozdní sezoně hurikán Otto, který měl také historicky nejnižší zaznamenané působení tropické cyklony na pevnině ve Střední Americe, když překročil pobřeží jižní Nikaraguy. Byl také prvním hurikánem, který překročil Kostariku a jako jeden z mála si zachoval cestou přes střední Ameriku intenzitu tropické cyklony a znovu se objevil na straně Tichého oceánu.

10.4 Devastující požáry v různých částech světa

Nejničivější požár v kanadské historii, jenž byl nejnekladnější přírodní katastrofou v zemi, se vyskytl v květnu. Po nezvykle suchém a mírném začátku roku s historicky nejsušší zimou a jarem vypukl v blízkosti města Fort McMurray v Albertě počátkem května požár dále zesílený větrem a nízkou vlhkostí. Než se přesunul 4. května do města, překročila teplota 33°C – dosud nejvyšší teplota takto brzy v roce. Požár vedl k celkové evakuaci města a nakonec zničil 2 400 budov, způsobil škody 3 miliardy dolarů v pojistných ztrátách a několik dalších miliard v ostatních ztrátách. Žádné úmrtí nebylo přímo připisováno požáru, ačkoli dva lidé zemřeli při dopravní nehodě během evakuace. Oheň nakonec zasáhl plochu přibližně 590 000 ha a pod kontrolu se dostal až počátkem července.

Později v roce se mimořádně suché podmínky v jihovýchodní části Spojených států podílely na nejničivějších požárech v moderní historii. V okolí města Gatlinburg v Tennessee bylo dne 28. listopadu hlášeno 14 úmrtí a bylo poškozeno nebo zničeno 2 400 budov.

V létě 2015/2016 dlouhotrvající oheň pohltil velkou část střední a západní Tasmánie, která byla v té době těžce zasažena suchem. Požáry většinou vypukly v polovině ledna a rozší-

řily se do oblasti náhorní roviny, kde je oheň extrémně vzácný, což vedlo k významnému poškození citlivé alpské vegetace zapsané do seznamů UNESCO. Požáry hořely po dobu několika týdnů a některé se nedostaly pod kontrolu ani do poloviny března.

Portugalsko ohlásilo největší spálené území letními požáry od roku 2006. Požár na Madeiře začátkem srpna se shodoval s nejteplejším dnem od roku 1976 na letišti Funchal ($38,2^\circ \text{C}$), což mělo za následek tři úmrtí a odhadovanou škodu ve výši 60 milionů eur.

10.5 Extrémní teplotní maxima a minima

Objevilo se také několik významných horkých epizod. Rok začal extrémní vlnou veder v jižní Africe, která byla zhoršena pokračujícím suchem. V některých případech byly pár týdnů staré rekordy z listopadu a prosince 2015 znovu překonávány. Mnoho stanic zaznamenalo rekordní hodnoty v prvním lednovém týdnu. Dne 7. ledna dosáhla teplota v Pretorii $42,7^\circ \text{C}$ a v Johannesburgu $38,9^\circ \text{C}$, obě tyto hodnoty byly o více než 3°C vyšší než rekordní záznamy na těchto místech před listopadem 2015.

Extrémní vedro postihlo v dubnu a květnu jižní a jihovýchodní Asii před začátkem letního monzunu; jihovýchodní Asie byla v dubnu těžce zasažena. Maximum teploty bylo nejvyšší v Thajsku, kde byl 28. dubna v Mae Hong Sonu stanoven národní rekord $44,6^\circ \text{C}$ a rekordy byly pokořeny na mnoha místech. V Malajsii bylo v březnu a dubnu dosaženo několika měsíčních rekordů. O několik týdnů později byla na Phalodi naměřena teplota $51,0^\circ \text{C}$, což je v Indii nejvyšší zaznamenaná teplota.

Rekordní nebo téměř rekordní teploty se vyskytovaly v některých částech Blízkého východu a severní Afriky v řadě případů od konce července do začátku září. Nejvyšší zaznamenaná teplota $54,0^\circ \text{C}$ byla v Mitribahu (Kuvajt) dne 21. července, což by po potvrzení byla nejvyšší teplota zaznamenaná v Asii. Další extrémně vysoké hodnoty teploty byly zaznamenány 22. července v Basře (Irák) $53,9^\circ \text{C}$ a v Delhoranu (Írán) $53,0^\circ \text{C}$ (národní rekord), přičemž výrazně vysoká teplota byla zaznamenána také v Maroku, Tunisku, Libyi a Spojených arabských emirátech.

Významná podzimní vlna veder ovlivnila v první polovině září mnoho částí západní a střední Evropy. Nejvyšší teplotu naměřili v jižním Španělsku, kde bylo 6. září v Córdobě zaznamenáno $45,4^\circ \text{C}$; zářijové rekordy padly na mnoha dalších stanicích ve Španělsku a v Portugalsku. Teplo se rozšířilo do severozápadní Afriky s rekordně vysokou teplotou v září, která byla zaznamenána v Maroku, i do severní Evropy, s maximem dne 13. září $34,4^\circ \text{C}$ v Gravesendu (Anglie). Září bylo ve Spojeném království o více než 2°C nad průměrem a bylo nejteplejší od roku 1911, zatímco mnoho měsíčních nebo sezonních rekordů bylo zaznamenáno v Německu, Švédsku a Norsku.

Nejvýznamnější studená vlna se objevila v pozdním lednu ve východní Asii, kde se extrémně nízká teplota rozšířila od východní Číny na jih až k dalekému Thajsku. V jižní Číně v Kantonu napadl první sníh od roku 1967 a v Nan-ningu první od roku 1983, během toho poklesla teplota na Hongkongské observatoři na $3,1^\circ \text{C}$, šestou nejnižší teplotu v historii. Pozdní mrazy na konci dubna v části střední a východní Evropy zapříčinily významné škody v zemědělství, s hlášenou ztrátou 105 milionů eur na obilninách a ovocných stromech v Chorvatsku.

10.6 Závažné bouřky, sněžení a tornáda

Silné bouřky a tornáda způsobily v mnoha částech světa značné ztráty. Nejhorší incident nastal 23. června v provincii

Ťiang-su v Číně, kde tornádo způsobilo 99 úmrtí. Jednalo se o jedno z nejničivějších tornád zaznamenaných v čínských dějinách, v době, kdy byly v oblasti také velké záplavy.

Aktivita tornád ve Spojených státech byla pátým rokem podprůměrná, s předběžným počtem 985 tornád, což je zhruba 10 % pod průměrem od roku 1990. Celkový roční počet 17 úmrtí souvisejících s tornádem byl také značně podprůměrný. Vyskytovaly se zde však i jiné závažné a destruktivní bouře.

Samotná dvě ohniska velkých krupobití v Texasu, jedno v Dallasu ve Fort Worthu v březnu a druhé soustředěné do San Antonia v dubnu, vyústily v kombinované škody za více než 5 miliard dolarů. Kroupy s průměrem 11 cm byly hlášeny v San Antoniu. Kromě Spojených států došlo k významnému krupobití 23. června v provincii Brabant v Nizozemsku, s kroupami o průměru 5 až 10 cm a ztrátami odhadovanými na 500 milionů eur.

Bleskové záplavy vlivem bouřek se objevily v mnoha částech světa. Pozoruhodné epizody zahrnovaly ty v dubnu okolí Houstonu, v Texasu ve Spojených státech, v Tunisku v září (232 mm srážek spadlo 29. září za 24 hodin v Hiboun-Monastiru) a v listopadu v Johannesburgu v Jižní Africe.

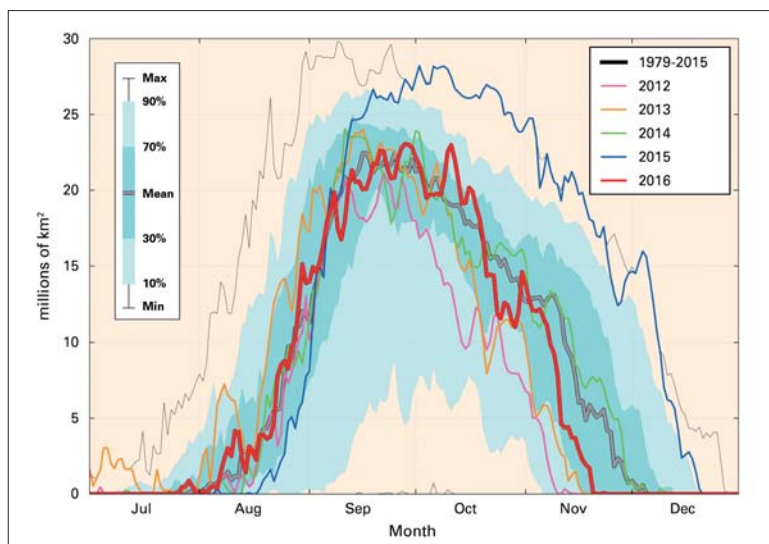
Velká sněhová bouře zasáhla mezi 22. a 24. lednem severovýchodní Spojené státy od západní Virginie po oblast New Yorku, s celkovou výškou sněhové pokrývky přesahující 50 cm. Mnoho míst v New Yorku registrovalo maximální úhrn sněhu během jedné bouře, např. 77 cm na mezinárodním letišti JFK a 71 cm v Newarku, stejně jako v Baltimoru 74 cm. Bouře byla hodnocena NOAA jako čtvrtá nejsilnější sněhová bouře v regionu od roku 1950.

Neobvykle brzy pokrývala silná sněhová vrstva již na začátku listopadu části Skandinávie, zatímco chladný východní vítr přicházel přes relativně teplé pobřežní vody. Výška sněhu 39 cm, po dvou dnech silného sněžení, byla ve Stockholmu 10. listopadu rekordem pro tento měsíc. Silné sněžení se vyskytovalo také v jiných částech východního Švédska, včetně ostrova Götlandu, stejně jako na západní straně Oslofjordu v Norsku. Významně brzké sněhové srážky ovlivnily také Japonsko, kdy v Tokiu napadl první měřitelný listopadový sníh od počátku záznamů v roce 1875.

11. STRATOSFÉRICKÝ OZON

Přijetím Montrealského protokolu bylo používání chlovaných uhlovodíků ukončeno a velikost antarktické ozonové díry se od roku 1998 stabilizovala bez významného trendu. Díky své dlouhé životnosti však tyto sloučeniny zůstávají v atmosféře po mnoho desetiletí. V atmosféře je stále vysoká koncentrace sloučenin chloru a bromu, které v Antarktidě způsobují úplné zničení ozonu mezi srpnem a prosincem v určitých výškách, a proto je velikost ozonové díry z roku na rok určována zejména meteorologickými podmínkami.

Stratosférická teplota na jižním pólu byla v roce 2016 blízká dlouhodobému průměru 1979–2015 a polární vír byl poněkud nesouměrný, na rozdíl od roku 2015, kdy byla teplota relativně nižší a vír byl stabilní a dobře soustředěný kolem jižního pólu.



Obr. 10 Plocha (milióny km²) celkového ozonu pod 220 Dobsonových jednotek. Rok 2016 je zobrazen červeně, 2015 modře, 2014 zeleně, 2013 oranžově a 2012 fialově. Hladká šedá linie je průměr 1979–2015. Tmavě zelenomodře vybarvená oblast představuje 30. až 70. percentil a světle zelenomodře vybarvená oblast představuje 10. a 90. percentil pro období 1979–2015. Oblast ozonové díry v roce 2016 dosáhla svého maxima 28. září se 23,1 milióny km². (Zdroj: Zpracovala SMO s využitím dat stažených z webové stránky NASA <http://ozonewatch.gsfc.nasa.gov>).

Fig. 10. Area (millions of km²) where the total ozone column is less than 220 Dobson units. 2016 is shown in red, 2015 in blue, 2014 in green, 2013 in orange and 2012 in purple. The smooth grey line is the 1979–2015 average. The dark green-blue shaded area represents the 30th to 70th percentiles and the light green-blue shaded area represents the 10th and 90th percentiles for the time period 1979–2015. The ozone hole area reached its maximum for 2016 on 28 September with 23.1 million km² (Source: prepared by WMO using data downloaded from the Ozonewatch website at NASA <http://ozonewatch.gsfc.nasa.gov>).

Poškození ozonové vrstvy začalo relativně brzy díky přesunu víru do oblastí s vyšším slunečním svitem. Oblast ozonové díry podle údajů analýzy NASA dosáhla svého maxima v roce 2016 dne 28. září s plochou 23,1 milióny km² (obr. 10), zatímco maxima v roce 2015 dosáhla dne 2. října s rozlohou 28,2 miliónu km². Druhá analýza Královského nizozemského meteorologického institutu zjistila, že plocha ozonové díry v 2016 dosáhla 28. září maxima 22,3 miliónu km², zatímco v 2015 dosáhla dne 9. října maxima 27,1 miliónu km². V obou případech byly vrcholy hodnot blízké průměru za posledních 10 let a poněkud nižší než rekordní nebo téměř rekordně vysoké hodnoty pozorované v roce 2015.

V Arktidě začátkem března 2016 dosáhl úbytek stratosférického ozonu v polárním víru 27 %. To bylo více než průměr 1994–2016 (18 %), ale méně než maximum úbytku ozonu v Arktidě (38 % v roce 2011, 30 % v roce 1996). Zima 2015/2016 začala jako neobvykle chladná, ale náhlé oteplování stratosféry počátkem února další ztrátu ozonu odvrátilo.

Literatura:

SMO, 2016. WMO Statement on the Status of the Global Climate in 2016. WMO-No. 1189, WMO, Geneva. [online]. [cit. 2017]. Dostupné z WWW: https://library.wmo.int/opac/doc_num.php?explnum_id=3414

Přeložili a upravili Václav Pokorný a Ilona Zusková, ČHMÚ, Na Šabatce 2050/17, 143 06 Praha 4-Komořany, pokorny@chmi.cz, zuskova@chmi.cz

Lektor (Reviewer): RNDr. Radim Tolasz, Ph.D.

METEOROLOGICKÁ ANALÝZA ROZSÁHLÝCH SMOGOVÝCH SITUACÍ V ČR V LEDNU A ÚNORU 2017

František Šopko, Český hydrometeorologický ústav, oddělení meteorologických předpovědí, Na Šabatce 2050/17, 143 06 Praha 4, sopko@chmi.cz

Ondřej Vlček, Český hydrometeorologický ústav, oddělení modelování a expertíz, Na Šabatce 2050/17, 143 06 Praha 4, vlcek@chmi.cz

Roman Juras, Český hydrometeorologický ústav, oddělení modelování a expertíz, Na Šabatce 2050/17, 143 06 Praha 4, roman.juras@chmi.cz

Hana Škáchová, Český hydrometeorologický ústav, oddělení modelování a expertíz, Na Šabatce 2050/17, 143 06 Praha 4, skachova@chmi.cz

Meteorological analysis of the extensive smog situations in January and February 2017 in the Czech Republic. Two extensive periods characterized by high concentrations of particulate matter PM_{10} occurred during January and February 2017. During these periods, 39 smog alerts and 16 regulations for major pollution sources were announced for most of the Czech regions. The huge amount of smog alerts was caused by unfavourable dispersion conditions and also by changes in legislative rules governing the alert announcements. The character of the large-scale circulation and common meteorological characteristics are described in the text. The unfavourable dispersion conditions were supported by ground and low-level temperature inversions preventing the dispersion of pollutants. It is shown that mainly sunny weather was observed during days with the highest PM_{10} concentrations. A detailed course of concentrations and meteorological parameters is shown for the capital city of Prague, where such situations were quite unusual. The long-term relationship between synoptic types and the PM_{10} concentration during the cold part (Oct–Marc) of the year is also analysed in the article.

KLÍČOVÁ SLOVA: znečištění ovzduší – situace smogová – regulace – smogový varovný a regulační systém (SVRS) – suspendované částice PM_{10} – podmínky rozptylové – inverze teplotní – typy synoptické

KEYWORDS: air pollution – smog situation – regulation – Smog Warning and Regulatory System (SWRS) – particulate matter PM_{10} – dispersion condition – temperature inversion – synoptic type

1. ÚVOD

Suspendované částice PM_{10} ¹⁾ a na ně vázané škodliviny, zejména benzo[a]pyren, představují jeden z přetrvávajících problémů ochrany kvality ovzduší v České republice. Částice PM_{10} působí negativně na srdečně-cévní a dýchací ústrojí a benzo[a]pyren je prokázán karcinogen (více např. ČHMÚ 2016). K překračování hodnoty denního imisního limitu PM_{10} ($50 \mu\text{g}\cdot\text{m}^{-3}$) dochází zejména v chladné části roku (Kolářová et al. 2017). To je dáno jednak častějším výskytem nepříznivých rozptylových podmínek, jednak emisemi znečišťujících látek z lokálního vytápění. Lokální vytápění domácností se na roční bilanci emisí tuhých znečišťujících látek podílí přibližně 30 % (ČHMÚ 2016). Ale vzhledem k tomu, že jsou tyto emise uvolňovány pouze v chladné části roku a ostatní zdroje mají zpravidla celoroční provoz, je podíl lokálního vytápění výrazně vyšší. Je však třeba upozornit, že částice PM_{10} v ovzduší nejsou tvořeny pouze primárně emitovanými tuhými znečišťujícími látkami, ale z podstatné části i sekundárními aerosoly vznikajícími chemickými a fyzikálními reakcemi v ovzduší ze svých plynných prekurzorů (např. NO_x , SO_2 , NH_3 a těkavé organické látky). Podíl sekundárních anorganických aerosolů na celkové koncentraci $PM_{2,5}$ se může v městském prostředí pohybovat mezi 20–40 % (Vlček, Corbet 2011). Příspěvek sekundárních organických aerosolů biogenního původu může v evropských podmínkách činit 2–4 $\mu\text{g}\cdot\text{m}^{-3}$ (Fuzzi et al. 2015).

V případě mimořádně vysokých koncentrací znečišťujících

látek v ovzduší je podle české legislativy vyhlášována smogová situace, případně regulace vybraných zdrojů znečišťování ovzduší (ČHMÚ 2017a). Pravidla pro jejich vyhlášování a odvolávání jsou stanovena zákonem č. 201/2012 Sb., o ochraně ovzduší. Pro suspendované částice PM_{10} se smogová situace vyhlásí, překročí-li klouzavé 12hodinové průměry koncentrací alespoň na polovině měřících stanic reprezentativních pro danou oblast informativní prahovou hodnotu (IPH) $100 \mu\text{g}\cdot\text{m}^{-3}$ a během následujících 24 hodin není očekáván pokles 12hodinových průměrů zpět pod IPH. Pro vyhlášení regulace platí stejná pravidla, ale je vyžadováno překročení regulační prahové hodnoty $150 \mu\text{g}\cdot\text{m}^{-3}$ (ČHMÚ 2017a).

V lednu a únoru 2017 byl z důvodů vysokých koncentrací suspendovaných částic PM_{10} vyhlášen velký počet smogových situací a regulací. Jednalo se o 39 smogových situací v celkové délce 3 757 hodin (156,5 dne) a 16 regulací v celkové délce 906 hodin (37,8 dne). Tento text je zaměřen na dvě nejvýznamnější období se zhoršenou kvalitou ovzduší na převážné části území České republiky (obr. 1).

Počátek prvního období nastal 19. 1. 2017, kdy denní průměr koncentrací PM_{10} překročil hodnotu $100 \mu\text{g}\cdot\text{m}^{-3}$ na většině stanic smogového varovného a regulačního systému (SVRS). Smogová situace byla postupně vyhlášena ve 13 a regulace v 6 oblastech SVRS z celkových 16 (Škáchová et al. 2017a). Tato lednová epizoda byla neobvyklá mimo jiné i tím, že minimální denní průměry koncentrací PM_{10} naměřené v Praze a ve Středočeském kraji byly 20. 1. 2017 vyšší než maximální hodnoty naměřené v Moravskoslezském kraji. Maximální denní průměr PM_{10} ze všech stanic v databázi ISKO ČHMÚ byl ve dnech 19.–23. 1. naměřen 20. 1. 2017 na stanici Kladno-Švermov ($216,5 \mu\text{g}\cdot\text{m}^{-3}$).

Druhé období začalo na severní a střední Moravě 10. 2. a postupně se koncentrace PM_{10} zvyšovaly i na území Čech

¹⁾ Běžně jsou pod pojmem suspendované částice PM_{10} myšleny aerosolové částice v atmosféře s aerodynamickým průměrem menším nebo rovným $10 \mu\text{m}$. To ale není přesné, ve skutečnosti je měřena koncentrace částic, které projdou velikostně selektivním vstupním filtrem definovaným v referenční metodě odběru vzorků a měření PM_{10} EN 12341, vykazujícím pro aerodynamický průměr $10 \mu\text{m}$ odlučovací účinnost 50 % (směrnice ES/2008/50, čl. 2, odst. 18).

až do 13. 2. Smogová situace byla vyhlášena v 11 a regulace ve 4 oblastech SVRS. Maximální denní průměr PM_{10} ($273,9 \mu g \cdot m^{-3}$) byl naměřen 15. 2. 2017 na stanici Věřňovice (okres Karviná). K poklesu koncentrací došlo na většině území České republiky kolem 17. 2.

Denní imisní limit PM_{10} (v kalendářním roce je povoleno maximálně 35 překročení hodnoty denního imisního limitu PM_{10}) byl na konci února překročen již na 17 stanicích z celkového počtu 113 stanic AIM s kontinuálním měřením PM_{10} (Škáchová et al. 2017b). Z pohledu vyhlášených smogových situací byla nejhorší situace v Moravskoslezském kraji (zahrnuje tři oblasti SVRS), a to zejména v Aglomeraci Ostrava/Karviná/Frýdek-Místek, kde byla od 19. 1. do 18. 2. kromě 6 dní (28.–31. 1. a 8.–9. 2.) takřka bez přestání vyhlášena smogová situace nebo regulace. Naopak nejlepší situace panovala v krajích Libereckém a Karlovarském a na Vysočině, kde nebyla vyhlášena žádná smogová situace.

Vysoký počet vyhlášených smogových situací a regulací byl ovlivněn nejen nepříznivými rozptylovými podmínkami, ale také novelou zákona o ochraně ovzduší č. 201/2012 Sb., která upravila mimo jiné podmínky pro vyhlásování a odvolávání smogových situací a regulací z důvodu vysokých koncentrací PM_{10} . Novela přinesla větší flexibilitu ve vyhlásování smogových situací a regulací, které nyní mnohem lépe než dříve reflektuje skutečný vývoj koncentrací. Změny podrobně popisuje Juras a Vlček (2017).

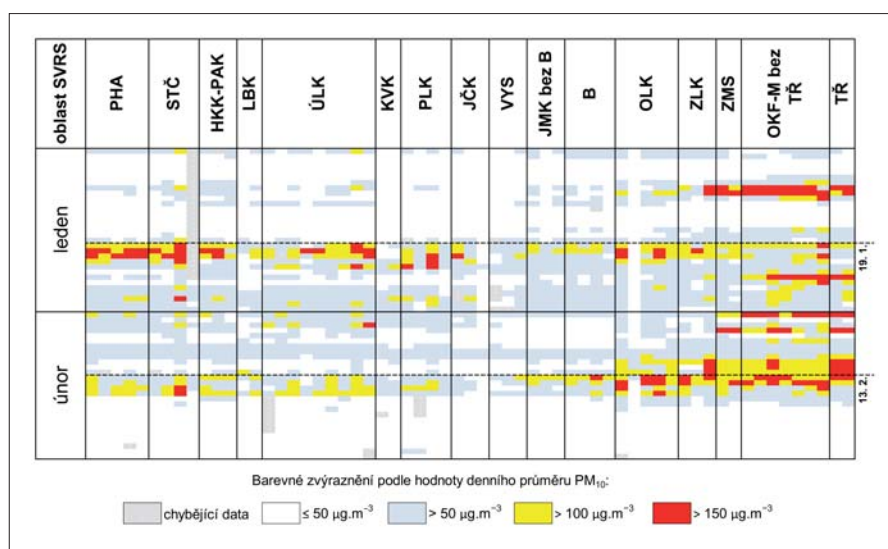
Níže je uveden rozbor synoptických příčin obou smogových situací a dále detailní průběh koncentrací a meteorologických podmínek v Praze, pro kterou byla situace poměrně neobvyklá.

2. SYNOPTICKÉ PŘÍČINY

V následujícím textu je teplotou, není-li řečeno jinak, myšlena teplota vzduchu ve 2 m nad zemským povrchem. Teplotní inverzí, případně jen inverzí, je míněn stav, kdy teplota vzduchu s výškou roste, na rozdíl od běžného průběhu, kdy ve vertikálně promíseném suchém vzduchu teplota klesá přibližně o $0,98^\circ C$ na 100 m výšky (tzv. suchoadiabatický gradient) a ve vzduchu nasyceném vodní parou o $0,65^\circ C$ na 100 m výšky (tzv. nasyceně adiabatický gradient).

2.1 Epizoda 19.–23. ledna 2017

Ve dnech 16. až 17. ledna 2017 se nad západní a střední Evropou vytvořila oblast vysokého tlaku vzduchu, která se rozšiřovala dále k východu. Po jejím předním okraji pronikl do střední Evropy studený a suchý kontinentální vzduch od



Obr. 1 Průměrné denní koncentrace PM_{10} na reprezentativních stanicích SVRS v lednu a únoru 2017.

Pozn.: Sloupce odpovídají reprezentativním stanicím SVRS a řádky dnům. Pro přehlednost nejsou jednotlivé sloupce a řádky odděleny čarami. Buňky jsou vybarveny podle průměrné denní koncentrace na dané stanici (počítána od 06:00 do 06:00 UTC následujícího dne). V záhlaví jsou uvedeny zkratky jednotlivých oblastí SVRS; na levé straně jsou sdruženy české oblasti a na pravé moravské: PHA – Aglomerace Praha, STČ – Středočeský kraj, HKK-PAK – Královéhradecký kraj a Pardubický kraj, LBK – Liberecký kraj, ÚLK – Ústecký kraj, KVK – Karlovarský kraj, PLK – Plzeňský kraj, JČK – Jihočeský kraj, VYS – Kraj Vysočina, JMK bez B – Jihomoravský kraj bez aglomerace Brno, B – Aglomerace Brno, OLK – Olomoucký kraj, ZLK – Zlínský kraj, ZMS – Zóna Moravskoslezsko, OKF-M bez TR – Aglomerace Ostrava/Karviná/Frýdek-Místek bez Třinecké, TR – Třinecko. Seznam reprezentativních stanic je uveden ve Věstníku MŽP č. 07/2016 (MŽP 2016).

Fig. 1. Mean daily concentration of PM_{10} during January and February 2017 at representative SVRS stations.

Notice: The columns represent single SVRS stations, and the rows represent days. The SVRS regions and months are distinguished by solid lines for better readability. The background colour of the cells is governed by the mean daily PM_{10} concentration at the station (calculated from 06:00 to 06:00 UTC). The abbreviations at the heads of columns represent: PHA – Agglomeration of Prague, STČ – Central Bohemia zone, HKK-PAK – Hradec Králové region and Pardubice region, LBK – Liberec region, ÚLK – Ústí nad Labem region, KVK – Karlovy Vary region, PLK – Plzeň region, JČK – South Bohemia region, VYS – Vysočina region, JMK bez B – South Moravia region without agglomeration of Brno, B – Agglomeration of Brno, OLK – Olomouc region, ZLK – Zlín region, ZMS – Moravia-Silesia zone, OKF-M bez TR – Agglomeration of Ostrava/Karviná/Frýdek-Místek without Třinec area. A complete list of stations has been published in the Bulletin of the Ministry of Environment Nr. 07/2016 (MŽP 2016).

severovýchodu. Situaci na přízemní synoptické mapě a příliv studeného vzduchu od severovýchodu v hladině 850 hPa, tedy přibližně v 1 500 m nad mořem, 18. 1. v 00:00 UTC ukazuje obr. 2 – teplota v této hladině poklesla nad územím ČR až k $-14^\circ C$.

Dne 18. 1. se na téměř celém území ČR vyjasnilo. To při sněhové pokrývce na celém území ČR a uklidnění větru vedlo k výraznému poklesu teploty v noci na 19. 1. a na 20. 1. převážně na -12 až $-18^\circ C$. Tento pokles teploty vedl k vytvoření výrazné přízemní teplotní inverze.

Sněhová pokrývka a převážně jasná obloha i v dalších dnech vedly k radiálnímu ochlazení zemského povrchu, a teploty se tak i přes den udržovaly převážně pod bodem mrazu.

Určitou roli sehrál i pozvolný postup oblastí vysokého tlaku přes střední Evropu k jihovýchodu. Po její zadní straně se ve vyšších hladinách od severozápadu dostával nad území ČR teplejší vzduch, což vedlo dále k zesilování teplotní inverze (obr. 3, 4b).

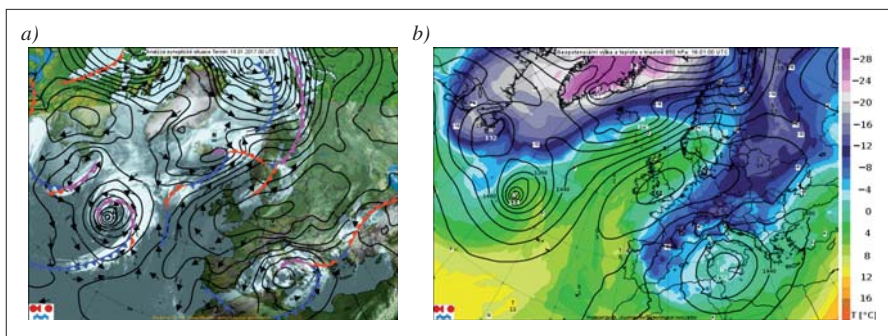
Vývoj teplotního zvrstvení ukazuje aerologický výstup z Prahy-Libuše, kde je v hladině 850 hPa zpočátku patrný výskyt studeného vzduchu (obr. 4a). Postupně se vytváří výraz-

ná teplotní inverze, a to jak již zmíněným nočním poklesem teplot ve spodní vrstvě atmosféry, tak i přílivem teplejšího vzduchu ve výškách 1–3 km nad zemí (obr. 4b, c). Navíc subsidence (sesedání) vzduchu v oblasti vysokého tlaku vzduchu inverzi dále zesiluje. Inverze ve dnech 20.–22. 1. 2017 sahala od země až do výšky nad jeden km (obr. 4b, c). Aerologický výstup z Prostějova měl obdobný průběh teploty jako z Prahy-Libuše.

Při výše zmíněném pozvolném postupu tlakové výše přes střední Evropu k jihovýchodu převládalo bezvětrí nebo jen slabý vítr. V těchto dnech tak přetrvávaly nepříznivé rozptýlové podmínky, a tudíž i vysoké koncentrace suspendovaných částic PM₁₀ prakticky na celém území ČR.

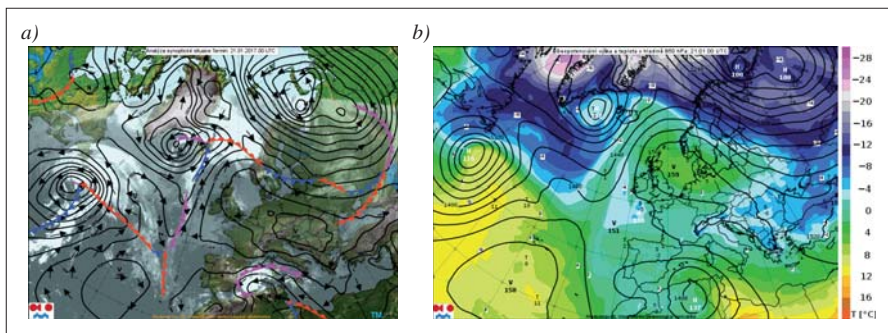
V Moravskoslezském kraji, ale i na severu Čech se po část období (mj. 20. a 21. 1. 2017) vyskytovala nízká oblačnost, proto zde teplota vzduchu neklesala tak hluboko pod bod mrazu. Inverze zde byla méně výrazná a imisní situace částečně příznivější než jinde v ČR.

Ve dnech 23.–24. 1. 2017 se při nočním poklesu teploty postupně na celém území ČR vytvořila nízká oblačnost, která se přes den nerozpustila, takže teplota vzduchu v následujících nocích už tolik neklesala. Přízemní inverze se neobnovovala, naopak její spodní hranice se zvedla od země do výšky kolem 1 km. Pod inverzí bylo nor-



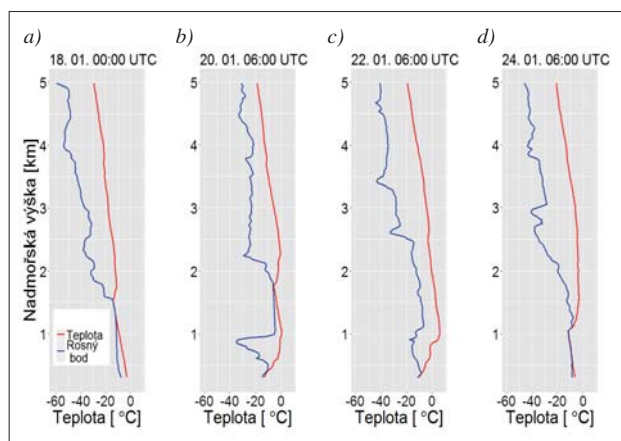
Obr. 2 Analýza synoptické situace (a) a geopotenciální výška a teplota v hladině 850 hPa (B) 18. 1. 2017 00:00 UTC. (a) Analýza synoptické situace: znázorněno je přízemní tlakové pole (černé čáry) a šipkami směr proudění vzduchu v přízemní vrstvě. Frontální systémy jsou zakresleny barevnými hřebeny: studená fronta modře s trojúhelníkovým hřebenem, teplá fronta červeně s půlkulatým hřebenem a okluzní fronta fialově s půlkulatým trojúhelníkovým hřebenem. Bílá barva představuje oblačnost snímanou meteorologickou družicí. (b) Geopotenciální výška a teplota v hladině 850 hPa (černé čáry, resp. barevné pole). Vytvořeno ve Visual Weather (IBL soft 2017).

Fig. 2. Synoptic analysis (a) and geopotential height and temperature at 850 hPa level (B) from 18 January 2017 00:00 UTC. (a) Synoptic analysis: Ground pressure is shown (black solid lines), and arrows show air flow direction in the same layer. Frontal systems are displayed as colourful line symbols. Cold fronts are shown as blue lines with triangles. Warm fronts are indicated by red lines with half circles. Occluded fronts are shown in purple with mixed triangles and half circles. The white colour represents clouds. (b) Geopotential height and temperature at 850 hPa level (solid black lines, colour scale, respectively). Created in Visual Weather (IBL Soft 2017).



Obr. 3 Analýza synoptické situace (a) a geopotenciální výška a teplota v hladině 850 hPa (b) 21. 1. 2017 00:00 UTC. Popis viz obr. 2.

Fig. 3. Synoptic analysis (a) and geopotential height and temperature at 850 hPa level (b) from 21 January 2017 00:00 UTC. For a complete description of symbols, see Fig. 2.



Obr. 4 Aerologický výstup ze stanice Praha-Libuš zobrazující průběh teploty vzduchu a teploty rosného bodu od země do výšky 5 km z 18. 1. 2017 00:00 UTC (a), 20. 1. 2017 06:00 UTC (b), 22. 1. 2017 06:00 UTC (c) a 24. 1. 2017 06:00 UTC (d).

Fig. 4. Aerological diagram from the Prague-Libuš station displaying air temperature and dewpoint up to a 5 km height from 18 January 2017 00:00 UTC (a), 20 January 2017 06:00 UTC (b), 22 January 2017 06:00 UTC (c), and 24 January 2017 06:00 UTC (d).

mální teplotní zvrstvení, kdy teplota vzduchu s výškou klesá (obr. 4d). To vedlo ke zlepšení rozptýlových podmínek a koncentrace znečišťujících látek všeobecně poklesly. Zmiňovaná oblačnost je patrná i z obrázku 4d, když ve vrstvě přibližně 500–1 000 m nad zemí byla teplota rosného bodu prakticky stejná jako teplota vzduchu, což značí, že v této vrstvě vzduchu byla vysoká, prakticky 100% relativní vlhkost.

2.2 Epizoda 13.–17. února 2017

Z 12. na 13. 2. 2017 pronikl kolem tlakové výše nad Skandinávií a pobaltskými republikami na území ČR studený a suchý vzduch od východu, který vedl k rozpouštění oblačnosti a následnému vyjasnění (obr. 5). Tlaková výše postupovala zvolna do střední Evropy, kde se udržovala do 15. 2. (obr. 6), a v dalších dnech se přesunula k jihovýchodu. V důsledku jasné oblohy, uklidnění větru a sněhové pokrývky na většině území ČR klesala teplota vzduchu v nočních hodinách převážně na –4 až –9 °C. Z těchto důvodů se vytvářela inverze, která sahala od země až do výšky několika set metrů, přechodně i nad 1 km (obr. 7a–c), což vedlo k poměrně rychlému vzestupu koncentrací suspendovaných částic PM₁₀. Inverze byla nejvýraznější od 14. do 16. 2. V noci na 17. 2. začala přechá-

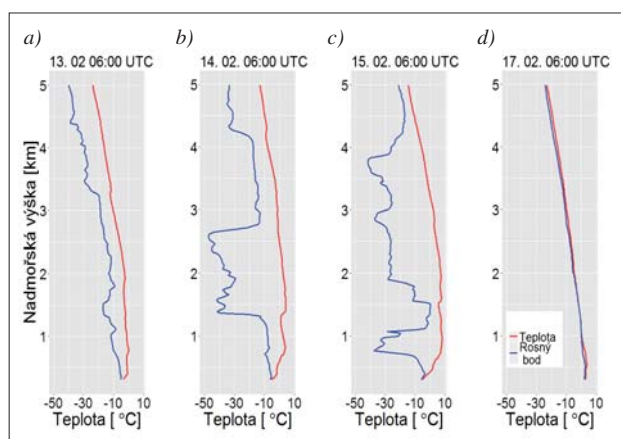
zet přes území ČR od severozápadu studená fronta, která ukončila inverzní, přes den slunečné počasí (obr. 7d), a způsobila rychlý pokles koncentrací suspendovaných částic PM_{10} na většině území ČR.

Při této smogové situaci bylo ve většině regionů ČR nejvyšších koncentrací dosaženo v době od 13. do 17. 2. Avšak na Moravě a ve Slezsku byly koncentrace PM_{10} vysoké už ve dnech 10.–12. 2. (obr. 1). V těchto dnech bylo na území ČR zataženo a na severní Moravě převládala slabý severovýchodní vítr. Lze tedy usuzovat, že vysoké koncentrace v tomto regionu měly pravděpodobně zčásti svůj původ v Polsku.

2.3 Možnosti předpovědi

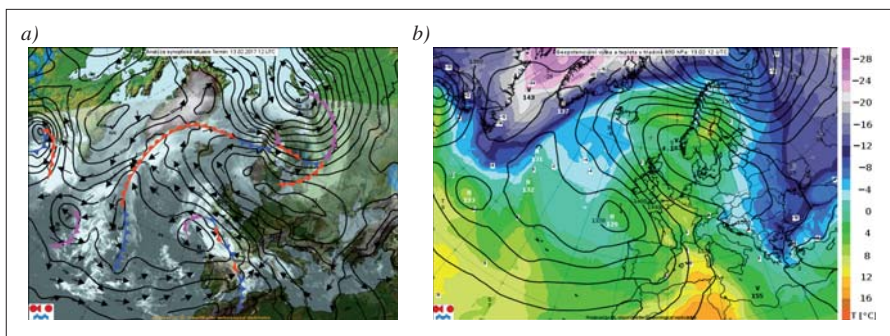
inverze a smogové situace

Jak již bylo uvedeno, při vyhlášení smogové situace z důvodu vysokých koncentrací suspendovaných částic PM_{10} je třeba hodnotit předpokládaný vývoj jejich klouzavých 12hodinových průměrů v následujících 24 hodinách. K vzestupu koncentrací PM_{10} dochází obvykle v souvislosti s mírně nepříznivými až nepříznivými rozptýlovými podmínkami v důsledku vzniku teplotní inverze a uklidnění větru. Možný vznik inverze je meteorology analyzován v rámci předpovědi synoptické situace a vlastní předpovědi počasí. Přitom jsou používána jak naměřená data, mimo jiné aktuální aerologické výstupy stanice Praha-Libuš a Prostějov, tak i numerické předpovědi počasí, zejména z modelu Aladin a modelu Evropského centra pro střednědobé předpovědi (ECMWF, www.ecmwf.int).



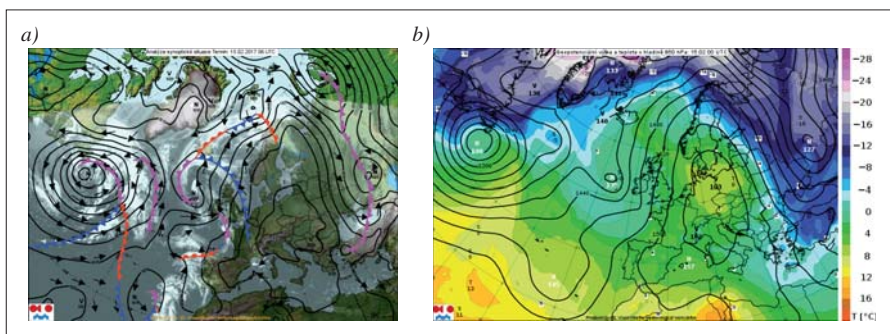
Obr. 7 Aerologický výstup ze stanice Praha-Libuš od země do výšky 5 km z 13. 2. 2017 06:00 UTC (a), 14. 2. 2017 06:00 UTC (b), 15. 2. 2017 06:00 UTC (c) a 17. 2. 2017 06:00 UTC (d).

Fig. 7. Aerological diagram from the Prague-Libuš station up to a 5 km height from 13 February 2017 00:00 UTC (a), 14 February 2017 06:00 UTC (b), 15 February 2017 06:00 UTC (c), and 17 February 2017 06:00 UTC (d).



Obr. 5 Analýza synoptické situace (a) a geopotenciální výška a teplota v hladině 850 hPa (b) 13. 2. 2017 00:00 UTC. Popis viz obr. 2.

Fig. 5. Synoptic analysis (a) and geopotential height and temperature at 850 hPa level (b) from 13 February 2017 00:00 UTC. For a complete description of symbols, see Fig. 2.



Obr. 6 Analýza synoptické situace (a) a geopotenciální výška a teplota v hladině 850 hPa (b) 15. 2. 2017 00:00 UTC. Popis viz obr. 2.

Fig. 6. Synoptic analysis (a) and geopotential height and temperature at 850 hPa level (b) from 15 February 2017 00:00 UTC. For a complete description of symbols, see Fig. 2.

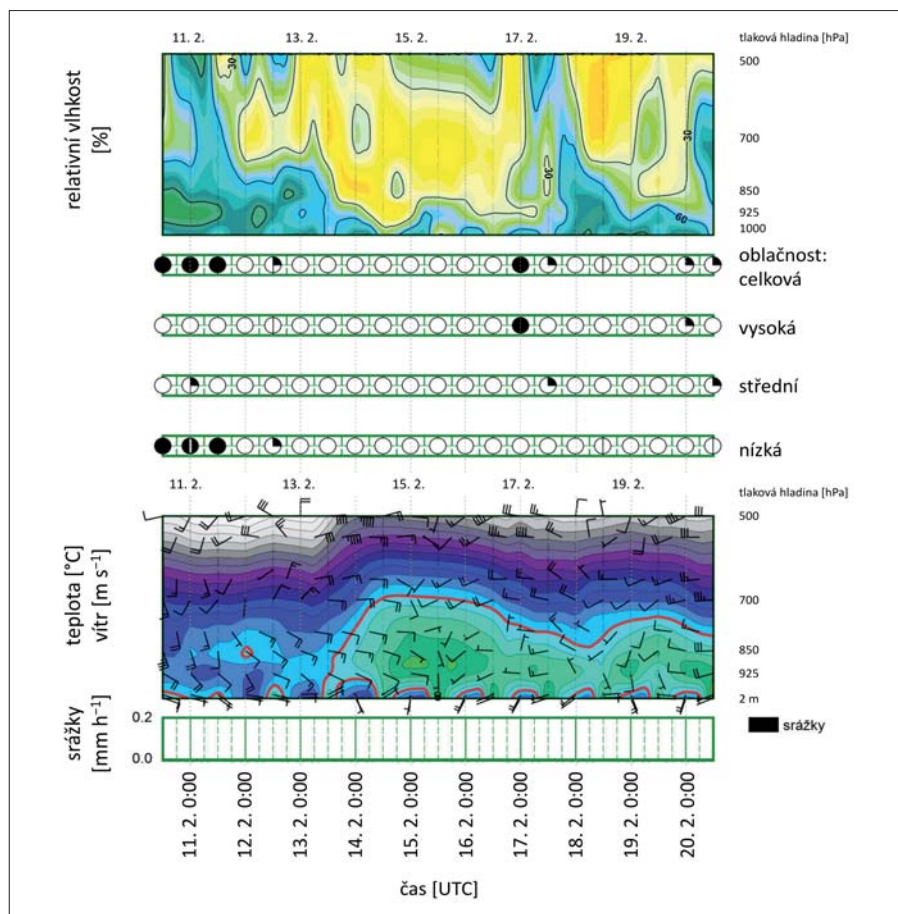
Pro přesnější předpověď vzniku, vertikálního rozsahu a dalšího vývoje inverze jsou používány tzv. předpovědní vertikální profily, které jsou vykreslovány na základě výsledků zmiňovaných modelů. Obr. 8 ukazuje předpovědní vertikální profil pro stanici Prahu-Libuš na 10 dní počítaný ještě před vznikem smogové situace z výchozího termínu 10. 2. 12:00 UTC na základě předpovědi ECMWF a zobrazený v prostředí Visual Weather (Šopko 2016; IBL soft 2017). V horní části obrázku je předpověď relativní vlhkosti od země po hladinu 500 hPa (cca 5,5 km) – ukazuje zejména nízkou vlhkost téměř v celé vrstvě od 13. do 16. 2. 2017 (žluté pole), což poukázvalo na možnost slunečného počasí v těchto dnech. Ve spodní části obrázku je předpověď průběhu teploty vzduchu s výškou. Je patrné, že od 14. do 17. 2. 2017 předpověděl model výraznou teplotní inverzi, s nejteplejším vzduchem kolem hladiny 900 hPa. Dále je uprostřed obrázku modelová předpověď oblačnosti, úplně dole pak předpověď srážek. Takovéto výstupy jsou meteorologům k dispozici denně jak z modelu ECMWF, tak i z modelu Aladin (na tři dny dopředu).

2.4 Vazba mezi typy synoptických situací a koncentracemi PM_{10}

Z pohledu klasifikace typů synoptických situací (Brádka et al. 1961, ČHMÚ 2017b) odpovídala atmosférická cirkulace během první epizody (19.–23. 1. 2017) typu A (anticyklona nad střední Evropou) a 23. 1., kdy již koncentrace PM_{10} začaly klesat, typu Ap1 (anticyklona pohyblivá). Během druhé epizody (13.–17. 2. 2017) cirkulace atmosféry odpovídala typu SEa (jihovýchodní anticyklonální situace), kdy do střed-

ní Evropy pronikal studený suchý vzduch od východu. Až koncem období (17. 2.) následoval typ Bp (brázda pohyblivá) a dále pak typ Wc (západní cyklonální situace), kdy již koncentrace PM_{10} výrazně poklesly.

Souvislost mezi synoptickými situacemi a koncentracemi suspendovaných částic PM_{10} v chladné části roku (říjen až březen) byla podrobněji analyzována na datech za období 1997–2016. Pro tyto účely byl vybrán soubor předměstských a městských pozadových stanic ze Státní sítě imisního monitoringu, které měřily bez přerušení během uvedeného období. Celkem bylo použito 29 stanic²⁾. Každý den byl charakterizován mediánem denních průměrů PM_{10} z použitého souboru stanic a typem synoptické situace podle oficiální klasifikace ČHMÚ a SHMÚ (ČHMÚ 2017b). Do analýzy pak byly zahrnuty pouze „vnitřní dny“, tedy druhý až předposlední den, období popsaného souvisle jedním synoptickým typem, aby byly vyloučeny případy, kdy docházelo ke změně atmosférické cirkulace. Z celkového počtu 3 645 dnů bylo vnitřních dnů 1 130 (tj. 31 %). Výsledek je uveden v obr. 9. Je z něj patrné, že vysoké koncentrace PM_{10} jsou na podzim a v zimě nejčastěji zaznamenávány při synoptické situaci typu Ea, dále A a SEa, tedy při typech, které panovaly i během epizod popisovaných v tomto článku. Tyto tři typy tvoří 14,5 % všech vnitřních dnů. Naopak synoptické situace, během nichž se nejčastěji vyskytují nízké koncentrace, tedy NWc (severozápadní cyklonální situace) a Wc (západní cyklonální situace), představují 23 % všech vnitřních dnů. Maximální odlehá hodnota zobrazená v obr. 9 ($168,8 \mu g \cdot m^{-3}$) nastala



Obr. 8 Předpověď vertikálního profilu jednotlivých meteorologických prvků pro stanici Praha, Libuš z 10. 2. 2017 12:00 UTC na 10 dní z modelu ECMWF vizualizovaná v prostředí Visual Weather (IBL soft 2016).

Pozn.: U profilu teploty odpovídají modré až šedé odstíny záporné teplotě, zelené odstíny kladné. Červená čára mezi nimi je nulová izoterma. Způsob zakreslení pokrytí oblohy oblačností a rychlosti a směru větru je následující:

Pokrytí oblohy oblačností			Rychlost a směr větru
			severní vítr 2,5 m·s ⁻¹
			severovýchodní vítr 5 m·s ⁻¹
			západní vítr 7,5 m·s ⁻¹

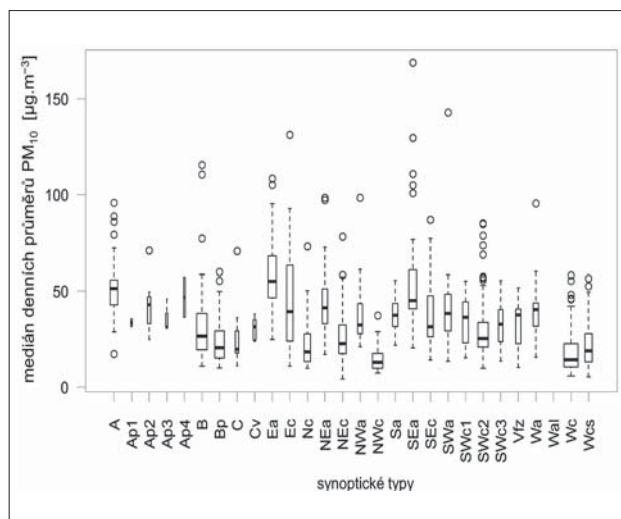
Fig. 8. Vertical profile forecast for 10 days of different meteorological variables for the Prague-Libuš station from 10 February 2017 12:00 UTC calculated by the ECMWF model and visualised in Visual Weather (IBL Soft 2016).

Notice: Temperature profile – colours from blue to grey correspond to negative temperature, green colours to positive temperature. The solid red line between these items represents a 0 °C isotherm. Cloudiness and wind are represented by standard meteorological symbols.

²⁾ Konkrétně se jednalo o tyto stanice: Praha 2-Riegrovy sady (ARI-EA), Praha 4-Libuš (ALIBA), Praha 8-Kobylisy (AKOBA), Chomutov (UCHMA), Most (UMOMA), Ústí n.L.-Kočkov (UULKA), Děčín (UDCMA), Jablonec-město (LJNM), Česká Lípa (LCLMA), Sokolov (KSOMA), Ostrava-Fifejdy (TOFFA), Český Těšín (TCTNA), Frýdek-Místek (TFMIA), Havířov (THARA), Karviná (TKARA), Orlová (TORVA), Přerov (MPRRA), České Budějovice (CCBDA), Plzeň-Doubravka (PPLVA), Brno-Tuřany (BBNYA), Prostějov (MPSTA), Opava-Kateřinky (TOVKA), Trinec-Kosmos (TTROA), Kolín SAZ (SKOAA), Žďár nad Sázavou (JZNZA), Olomouc-Šmeralova (MOLSA), Hodonín (BHODA), Havl.Brod-Smetan.nám. (JHBSA) a Plzeň-Bory (PPLBA). Do výběru nebyly zařazeny stanice Plzeň-Lochotín a Plzeň-Skvřňany (kvůli vysokému počtu stanic v Plzni), Plzeň-Roudná (ne zcela důvěryhodná data), České Budějovice-Třešňová (byla použita stanice České Budějovice) a Ostrava-Zábřeh.

za synoptické situace typu SEa 12. 1. 2006; polovina z 29 stanic tedy v tento den naměřila denní průměr vyšší, než uvedené maximum.

Z teplotního hlediska patřil leden 2017 k nejstudenějším za několik posledních desetiletí, průměrná měsíční teplota v ČR byla $-5,6$ °C, což je o $2,8$ °C nižší, než je normál 1961–1990. Jedná se o 7. nejchladnější leden od roku 1961. Ještě chladnější leden než letošní byl naposledy zaznamenán v roce 2006, kdy byla průměrná měsíční teplota $-6,0$ °C. O něco „mírnější“ pak byl leden 2010, s průměrnou měsíční teplotou $-5,2$ °C, a 2009, s průměrnou teplotou $-4,2$ °C. Naopak únor 2017 byl teplotně průměrný. Provedeme-li zpětný přepočít, jak by byly podle pravidel SVRS platných od 1. 1. 2017 vyhlášovány regulace z důvodu vysokých koncentrací PM_{10} v minulých letech,



Obr. 9 Vazba mezi koncentracemi PM_{10} a typy synoptických situací podle Brádky et al. (1961) v chladné polovině (říjen–březen) let 1997–2016. Zahmuty pouze „vnitřní dny“, tj. druhý až předposlední den období popsaného jedním synoptickým typem. Denní koncentrace PM_{10} je pro každý den prezentována mediánem denních průměrů z použitého souboru 29 stanic. Krabičky jsou ohraničeny dolním a horním kvantilem, čára uprostřed představuje medián koncentrací PM_{10} . Vousy krabiček vyznačují rozsah hodnot. Odlehle hodnoty, jejichž vzdálenost od dolního, resp. horního kvantilu přesahuje 1,67násobek mezikvartilového rozpětí, jsou zakresleny kolečky. Šířka krabiček je úměrná druhé odmocnině počtu výskytů jednotlivých typů.

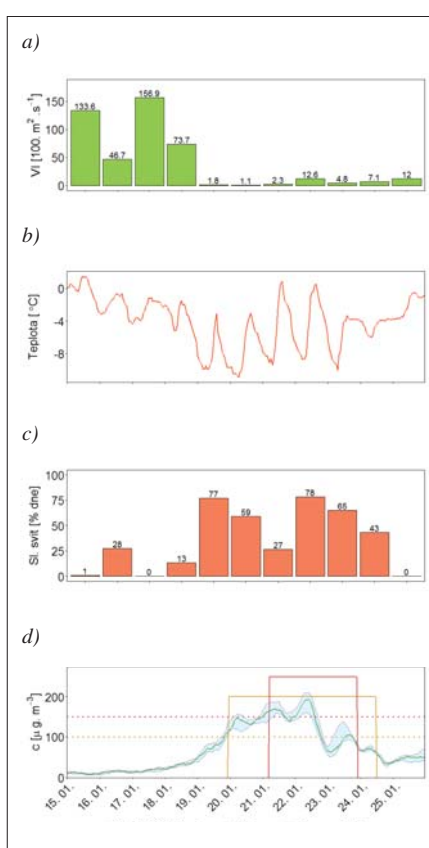
Fig. 9. The relationship between PM_{10} concentration and the synoptic types according to Brádka et al. (1961) in the cold part of the years (Oct–Mar) 1997–2016. Only “inner days” are included, which means they include all but the first and the last day of the period described by one synoptic type. The daily concentrations of PM_{10} are represented by the median of daily means of 29 stations continuously covering the observed time period. The bottom and top of the box are the first and the third quartiles, while the band inside represents the median (second quartile). The whisker mark range of values, where the circles represent outliers located at a distance larger than 1.67 times the Interquartile Range above and below the box. The width of the boxes represents the number of single type occurrences.

zjistíme, že jediné další regulace na území Prahy by byly od listopadu 2004 vyhlášeny 12.–14. 1. 2006 (trvání 39 h) a 29. 1.–3. 2. 2006 (trvání 135 h). Atmosférická cirkulace během první z nich odpovídala typu SWa (jihozápadní anticyklonální) a A (anticyklona nad střední Evropou) a během druhé SEa (jihovýchodní anticyklonální) a NWa (severozápadní anticyklonální).

3. PRŮBĚH KONCENTRACÍ PM_{10} A POČASÍ BĚHEM SMOGOVÝCH SITUACÍ V PRAZE

Jak již bylo uvedeno, během ledna i února 2017 se vyskytly vysoké koncentrace suspendovaných částic PM_{10} téměř na celém území České republiky. Jednotlivé hodinové hodnoty běžně překračovaly koncentrace $300 \mu\text{g.m}^{-3}$, ale v rámci celého území České republiky se vyskytly i případy, kdy byla překročena hodnota $500 \mu\text{g.m}^{-3}$.

V Praze během první epizody vystoupaly 19. 1. hodnoty 12hodinových klouzavých PM_{10} nad $100 \mu\text{g.m}^{-3}$, což vedlo k vyhlášení smogové situace. Klouzavé 12hodinové průměry dále rostly nad $150 \mu\text{g.m}^{-3}$ a 21. 1. byla vyhlášena regulace. Vývoj koncentrací a vybraných meteorologických parametrů je znázorněn na obr. 10. Z obrázku je mj. patrné, že smogová situace i regulace nastaly za převážně slunečného počasí (obr. 10c) a při teplotě klesající během noci pod -10°C (obr. 10b). Nepříznivé až mírně nepříznivé rozptýlové podmínky dokládají velmi nízké



a – průměrná denní hodnota ventilačního indexu (VI) pro Prahu, b – průměrná hodinová teplota vzduchu ze stanic Kbely, Karlov, Libuš a Ruzyně, c – délka slunečního svitu vztahovaná k astronomicky možnému svitu, d – statisticky zpracované hodnoty 12hodinového klouzavého průměru koncentrací (c) PM_{10} z pražských stanic SVRS. Dále je vyznačeno období trvání smogové situace a prahové hodnoty.

a – Mean daily value of ventilation index (VI) for Prague, b – Mean hourly air temperature (average from Prague weather stations Kbely, Karlov, Libuš and Ruzyně), c – Fraction of sunshine duration relative to the daylight, d – Summary of 12hour running mean of PM_{10} concentration from Prague's SVRS stations. Smog situation/regulation is displayed as yellow/red solid line and relevant limits are marked as dotted lines in the same colour.

Obr. 10 Průběh vybraných meteorologických veličin a koncentrací PM_{10} v období kolem vyhlášení lednové smogové situace a regulace v Praze.

Obr. 11 Průběh vybraných meteorologických veličin a koncentrací PM_{10} v období kolem vyhlášení únorové smogové situace v Praze.

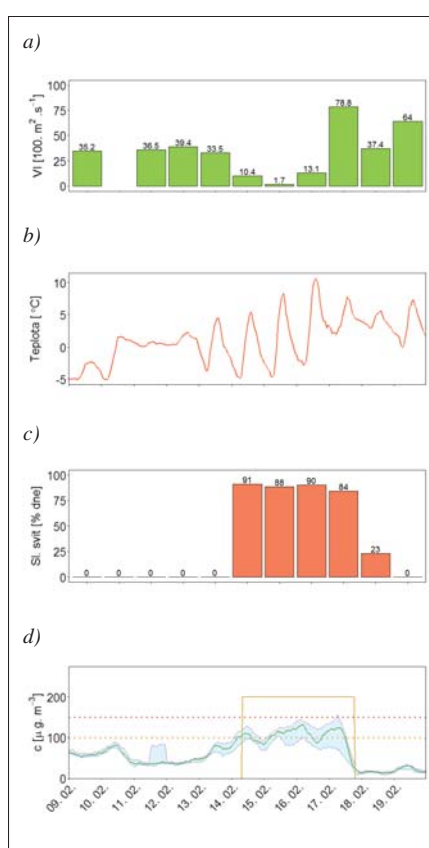


Fig. 10 The relevant meteorological variables and PM_{10} concentration during the January smog situation and regulation in Prague.

Fig. 11. The relevant meteorological variables and PM_{10} concentrations during the February smog announcement in Prague.

hodnoty ventilačního indexu pohybující se v rozmezí 110 až 1 260 m²·s⁻¹ (obr. 10a). Smogová situace trvala necelých 5 dní, do 24. 1., kdy koncentrace PM₁₀ na všech sledovaných stanicích SVRS klesly pod 100 µg·m⁻³ (obr. 10d).

V polovině února se začala kvalita ovzduší v Praze opět zhoršovat (obr. 11). Koncentrace PM₁₀ sice nedosáhly lednových hodnot, přesto byla 14. 2. 2017 vyhlášena smogová situace (obr. 11d). Další regulace nebyla vyhlášena, jelikož hodnoty klouzavých 12hodinových průměrů nepřekročily prahovou hodnotu 150 µg·m⁻³. Stejně jako během lednové situace převládalo slunečné počasí (obr. 11c). Nicméně nepříznivé až mírně nepříznivé rozptylové podmínky trvaly pouze od 15. do 17. 2. (obr. 11a) a denní teplota vzduchu byla většinou nad bodem mrazu (obr. 11b).

4. ZÁVĚR

V článku jsou popsány příčiny vzniku dvou rozsáhlých období v lednu a únoru roku 2017 s výskytem vysokých koncentrací suspendovaných částic PM₁₀, které zasáhly převážnou část území ČR a vedly k vyhlášení řady smogových situací a regulací ve většině krajů. Vysoký počet smogových situací a regulací byl ovlivněn nejen nepříznivými rozptylovými podmínkami, ale také novelou zákona o ochraně ovzduší č. 201/2012 Sb., platnou od 1. 1. 2017. Ta kromě jiného přinesla možnost rychlejší reakce na nárůst koncentrací nad prahové hodnoty a zefektivnila tak fungování Smogového varovného a regulačního systému.

Z meteorologického hlediska měly obě epizody společné rysy, kdy Česká republika byla pod vlivem tlakové výše postupující do střední Evropy. Po její přední straně zpočátku pronikl na území ČR studený a suchý vzduch původem pevninský. Došlo k vyjasňování a uklidnění větru a vzhledem k ležící sněhové pokrývce i k výraznému poklesu noční teploty. To vytvořilo výraznou přízemní inverzi, která zasahovala do výšek několika set metrů, v některých dnech i výše. Při takovém teplotním zvrstvení je zcela omezeno vertikální promíchávání vzduchu, a tak se znečišťující látky produkované zdroji znečištění (lokální topeniště, autodoprava, průmyslové zdroje a další) ve spodní vzduchové vrstvě hromadí a vzrůstají jejich koncentrace. Významnou roli v období s nízkou teplotou vzduchu hraje i vyšší intenzita vytápění, a tedy i související vyšší hodnoty emisí znečišťujících látek.

Pro obě popisovaná období byly charakteristické anticyklonální situace s převládajícím východním a jihovýchodním prouděním. Naproti tomu proudění vzduchu ze západních směrů, tedy z Atlantiku, vedoucí v chladné části roku k teplejšímu počasí s větrem a srážkami, ke smogovým situacím nevede. To je i důvod, proč v předchozích třech teplotně nadprůměrných zimách nedošlo k tak výraznému a současně plošně rozsáhlému zhoršení kvality ovzduší.

Obě letošní epizody jsou charakteristické pro studené zimy. Chladnější leden než ten letošní nastal naposledy v roce 2006, kdy by po přepočtu podle stávajících pravidel SVRS byly na území Prahy vyhlášeny jediné dvě další regulace z důvodu vysokých koncentrací PM₁₀ od listopadu 2004.

Stojí za povšimnutí, že v době obou popsaných smogových situací převládalo slunečné počasí. Tedy nikoli počasí s nízkou oblačností a mlhami, které jsou veřejností nejčastěji spojovány s inverzemi a znečištěným ovzduším.

Literatura:

- BRÁDKA, J., DŘEVIKOVSKÝ, A., GREGOR, Z., KOLESÁR, J., 1961. Počasí na území Čech a Moravy v typických povětrnostních situacích. Praha: HMÚ. 32 s.
- ČHMÚ, 2016. Znečištění ovzduší na území České republiky v roce 2015. Praha: ČHMÚ. ISBN 978-80-87577-60-8. Dostupné z WWW: http://portal.chmi.cz/files/portal/docs/uoco/isko/grafroc/grafroc_CZ.html
- ČHMÚ, 2017a. Webové stránky smogového varovného a regulačního systému. [cit. 18. 7. 2017] Dostupné z WWW: <http://portal.chmi.cz/files/portal/docs/uoco/smog/index.html>.
- ČHMÚ, 2017b. Typizace povětrnostních situací pro území České republiky. [online] [cit. 18. 7. 2017]. Dostupné z WWW: <http://portal.chmi.cz/historicka-data/pocasi/typizace-pove-trnostnich-situaci>.
- FUZZI, S., BALTENSPRENGER, U., CARSLAW, K., DECESARI, S., DERNIERVANDERGON, H. et al., 2015. Particulate matter, air quality and climate: lessons learned and future needs. *Atmospheric Chemistry and Physics*, roč. 15, s. 8217–8299. Dostupné z WWW: <http://www.atmos-chem-phys.net/15/8217/2015/>.
- IBL soft, 2017. Visual Weather – pracovní stanice meteorologa. [online]. Dostupné z WWW: <https://www.iblsoft.com/products/visualweather/>.
- JURAS, R., VLČEK, O., 2017. Smogová situace, která by nebyla – nová pravidla SVRS v praxi. *Meteorologické zprávy*, roč. 70, č. 1, s. 27–29. ISSN 0026-1173.
- KOLÁŘOVÁ, L., ŠKÁCHOVÁ, H., CRHOVÁ, L., 2017. Kvalita ovzduší a rozptylové podmínky na území ČR. Předběžné zhodnocení. Rok 2016. Dostupné z WWW: http://portal.chmi.cz/files/portal/docs/uoco/mes_zpravy/mesprehledy.html.
- MŽP, 2016. Věstník MŽP č. 07/2016. [cit. 18. 7. 2017]. Dostupné z WWW: <https://www.mzp.cz/web/edice.nsf/doc/4FDD85928991B643C125803B0052E6E8>.
- Směrnice Evropského parlamentu a Rady 2008/50/ES ze dne 21. května 2008 o kvalitě vnějšího ovzduší a čistším ovzduší pro Evropu. Úř. věst. L 152, 11. 6. 2008, s. 1–44. Dostupné z WWW: <http://data.europa.eu/eli/dir/2008/50/oj>.
- ŠKÁCHOVÁ, H., NOVÁK, V., CRHOVÁ, L., 2017a. Kvalita ovzduší a rozptylové podmínky na území ČR. Leden 2017. Dostupné z WWW: http://portal.chmi.cz/files/portal/docs/uoco/mes_zpravy/mesprehledy.html.
- ŠKÁCHOVÁ, H., NOVÁK, V., CRHOVÁ, L., 2017b. Kvalita ovzduší a rozptylové podmínky na území ČR. Únor 2017. Dostupné z WWW: http://portal.chmi.cz/files/portal/docs/uoco/mes_zpravy/mesprehledy.html.
- ŠOPKO, F., 2016. Nástroje ČHMÚ pro předpovědi silné konvekce a vydávání výstrah. *Meteorologické zprávy*, roč. 69, č. 2, s. 54–59. ISSN 0026-1173.
- VLČEK, O., CORBET, L., 2011. Porovnání výstupů Eulerovského modelu CAMx s měřeními ze staniční sítě ČR – část 1: aerosoly. *Meteorologické zprávy*, roč. 64, č. 5, s. 142–151. ISSN 0026-1173. Dostupné z WWW: <http://portal.chmi.cz/files/portal/docs/reditel/SIS/casmz/novy/2011/Meteo-2011-05.pdf>.

Lektoři (Reviewers): RNDr. Eva Plášilová,

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

VLIV NOVĚ VZNIKLÉ VODNÍ PLOCHY NA VLHKOST VZDUCHU

Kristýna Bartůňková, Lukáš Pop, Zbyněk Sokol, Ústav fyziky atmosféry AV ČR, v. v. i., Boční II 1401, 141 31 Praha 4-Spořilov

Influence of newly formed water surface on air humidity. We developed ALAKE-H, a simple statistical-physical model suitable for estimating the influence of a new lake on the humidity characteristics in its vicinity. The model consists of straightforward physical equations containing free parameters whose values were determined so that ALAKE-H outputs approached the “true” values. To determine the “true” values, we used the COSMO NWP model, which we applied with a horizontal resolution of 333 m. ALAKE-H was developed for flat terrain and uses relatively easily accessible data. These conditions were fulfilled in the Podkrusnohorské Valley, where the application of ALAKE-H was mainly planned. The comparison showed that the COSMO and ALAKE-H models provide outputs with similar basic statistical features, although they may differ for single terms.

KLÍČOVÁ SLOVA: nádrž vodní – vlhkost – numerický model pro předpověď počasí s vysokým rozlišením – ALAKE-H model
KEYWORDS: Water reservoir – humidity – high resolution numerical weather prediction model – ALAKE-H model

1. ÚVOD

Výzkum, jehož výsledkem je mimo jiné tento článek, byl motivován skutečností, že v současné době dochází a do budoucna bude docházet k ukončování těžby v řadě povrchových hnědouhelných lomů. Na jejich místě je krajina těžbou značně poškozená, a proto je dalším nadcházejícím krokem rekultivace daných lokalit. Vedle rekultivace zemědělské, lesnické a dalších se využívá i rekultivace hydrologická, která spočívá v zatopení zbytkových jam lomů vodou a vzniku nových jezer. Příkladem jezera, které takovým způsobem již vzniklo, je jezero Chabařovice (Milada, 252,2 ha) nebo jezero Mostecké (309,4 ha), které se stalo základem naší studie. Do budoucna je plánována hydrologická rekultivace např. na místech lomů ČSA (předpokládaná velikost cca 700 ha), Šverma a Vršany (467 ha), Libouš (1 083 ha) a Bílina (1 050 ha) (Štýs 2013).

Vznik nové vodní plochy s sebou přináší značné změny v charakteru povrchu, jako je změna tepelných charakteristik (kapacita a vodivost), parametru drsnosti povrchu nebo odlišnost albeda vody oproti albedu původního pevného povrchu. Na to se návazně pojí, vedle změn bioty a dalších faktorů, také změny v atmosféře. Studium, jakým způsobem se vznik nových jezer odráží na změnách v teplotě vzduchu, se zabýval projekt TA ČR „Dopady na mikroklima, kvalitu ovzduší, ekosystémy vody a půdy v rámci hydrické rekultivace hnědouhelných lomů“ (Bartůňková a Sokol 2013; Bartůňková et al. 2014). Tento článek je zaměřen na vliv nově vzniklého jezera na vlhkost vzduchu, kdy vlivem vodní plochy a v důsledku vypařování dochází ke zvýšení vlhkosti vzduchu nad ní a v jejím okolí, které se zvyšuje především se zvyšujícím se sytostním doplněním vzduchu a rychlostí větru (Jensen 2010).

Problém vlivu nové vodní nádrže na okolní mikroklima se zpravidla studuje pomocí statistické analýzy časových řad měření v dané oblasti. Příkladem těchto prací zabývajících se oblastmi ve střední Evropě jsou práce Conradta et al. (2007) a Klimánka (2004), které se také snažily rozlišit přirozenou variabilitu a klimatické změny, které potenciálně mohou vzniknout v důsledku vzniku nových vodních nádrží. Conradt et al. (2007) studoval vliv zaplavení povrchových dolů v Lužici ve východním Německu na klimatické změny srážek. Ve své práci použil hustou síť srážkoměrů a studoval možné posuny srážek v oblasti o velikosti 60 km², kde během 20 let došlo k zaplavení lignitových jam. V České republice Klimánek (2004) zkoumal klimatologický efekt vzniku Novomlýnských nádrží na srážky s využitím řady srážko-

měrných měření z let 1971 až 2001. Obě studie konstatovaly, že vodní nádrže vedou ke zvýšení srážek. Podobnou techniku použili Zhang et al. (2011), kteří se zaměřili na posouzení změn ve statistice srážek u přehrady Tři soutěsky v Číně. Byla užitá měření od roku 1958 do roku 2008 a autoři dospěli k jinému závěru než předchozí dvě studie. Podle jejich práce se vznik obrovské přehrady neprojevil znatelným zvýšením srážek. Podle Alfimova (1995), který studoval vliv Kolymské vodní nádrže na vlhkost vzduchu, její vliv zasahuje pouze do vzdálenosti několika set metrů od břehů nádrže, a podle Miczyňského et al. (2010) došlo po napuštění vodní nádrže Czorsztyn na Dunajci pouze k mírnému zvýšení počtu dnů s mlhou.

Druhý přístup k řešení tohoto problému je založen na použití numerického modelu pro simulaci vlivu nového jezera na místní klima. Tento postup je obecnější než výše uvedené práce založené na zpracování dlouhé řady dat, protože takto rozsáhlá data nejsou obecně potřeba a vliv může být vyhodnocen před vlastním vznikem jezera. K aplikaci modelu je zapotřebí pouze znalost základní klimatologie v místě budoucího jezera. Na druhé straně modelování lokálního klimatu pomocí numerického modelu s nezbytným vysokým rozlišením řádu stovek metrů je složitý fyzikální problém a i výpočetní realizace je velmi obtížná. Je třeba také poznamenat, že pokud chceme aplikovat model s vysokým rozlišením, jsou třeba i data popisující vlastnosti vody v nádrži, např. teplotu vody v závislosti na hloubce. Proto se tento postup používá velmi zřídka a podařilo se nám vyhledat jen několik prací používajících tuto metodiku. V práci Wilsona (1977) byl použit numerický model k mapování vlivu Velkých jezer (USA, Kanada) na klimatologii srážek a složitější studie byla realizována Millerem et al. (2005), kteří se opět zaměřili na studium vlivu přehrady Tři soutěsky v Číně. Autoři aplikovali numerický model na období 8 týdnů a porovnali výsledky dvou modelových konfigurací s a bez přehrady. Zjistili, že takto velká vodní plocha odpařováním ovlivňuje okolí, a to tak že ochlazuje zemský povrch, snižuje teplotu přízemní vrstvy atmosféry a snižuje vertikální pohyb v atmosféře. Je třeba poznamenat, že zmíněné studie se zabývají mnohem rozsáhlejšími vodními plochami, než přicházejí v úvahu v našich podmínkách.

Námi použitý způsob řešení je důsledně založen na aplikaci matematického meteorologického modelu, který podrobně simuluje interakce zemského povrchu a atmosféry s vysokým horizontálním a vertikálním rozlišením. Aplikací modelu

na řadu reálných situací se získají data, která jsou dále použita k odvození jednoduchého, ale dostatečně obecného statisticko-fyzikálního modelu, který lze aplikovat prakticky v libovolné oblasti České republiky.

Při studiu vlivu vodní plochy na vlhkost vzduchu je zásadní otázkou, jakou charakteristiku vlhkosti zvolit. V našich výpočtech je použita měrná vlhkost, která udává množství páry v gramech v jednom gramu vlhkého vzduchu. Druhou možností je pracovat s relativní vlhkostí, kterou však nelze analyzovat bez znalosti teploty vzduchu. Při znalosti teploty vzduchu je přepočet mezi jednotlivými charakteristikami jednoduchý pomocí obecně známých převodních tabulek (Hardy 1998).

Cílem tohoto článku je stručně popsat vyvinutou metodu a z ní odvozenou metodiku pro odhad vlivu nově vzniklé vodní nádrže na vlhkost vzduchu. Zároveň je uveden příklad aplikace metody na oblast Mosteckého jezera, což bylo provedeno v rámci výše zmíněného projektu TA ČR. V principu totožná metodika vznikla i pro odhad vlivu nově vzniklé vodní nádrže na teplotu (Bartůňková et al. 2014). V citované publikaci je celý postup podrobně popsán, a proto všechny podrobnosti zde nejsou uvedeny.

2. ZÁJMOVÉ ÚZEMÍ

Zájmovým územím zde popsané studie je oblast Mosteckého jezera v podkrušnohorské pánvi. Jedná se o bývalý lom Most-Ležáky, jehož činnost byla ukončena v roce 1999. Po provedení úprav dna a břehů budoucího jezera bylo jezero zásobováno pouze srážkovou vodou a vodou z břehových pramenů. Od roku 2008 bylo pak jezero cíleně napouštěno průmyslovým přiváděčem z řeky Ohře. Napouštění bylo ukončeno v září 2014, kdy jezero dosáhlo plochy 309,4 ha a maximální hloubky 75 m. Jezero leží v nadmořské výšce 199 m. Poloha Mosteckého jezera v Ústeckém kraji je zobrazena na obr. 1.

Jezero Most leží v klimatické oblasti Cfb podle Köppenovy klasifikace a W2 podle Quittovy klasifikace (Tolasz et al. 2007). V rámci České republiky se jedná o teplejší a sušší oblast, s ročním průměrem teploty cca 9 °C a ročním úhrnem srážek cca 500 mm. V oblasti převládá proudění vzduchu ze západního sektoru (Hanslian, Hošek 2015). Mostecké jezero se nachází asi 1 km vzdušnou čarou od meteorologické observatoře Kopisty.

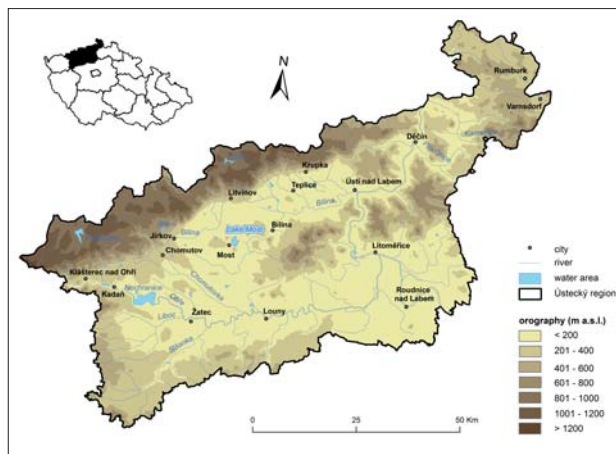
3. POUŽITÁ DATA A METODA

3.1 Data

Použitá metoda řešení je založena na aplikaci matematického meteorologického modelu, který s vysokým horizontálním a vertikálním rozlišením simuluje interakce zemského povrchu s atmosférou. Konkrétně byl použit numerický předpovědní model počasí COSMO (Baldauf et al. 2011). Z toho vyplývají požadavky na vstupní data, která byla v modelu použita.

Jako vstupní data pro model byla využita data z profesionální meteorologické observatoře Kopisty, která leží v blízkosti břehů Mosteckého jezera v nadmořské výšce 240 m n. m. Vedle měření základních meteorologických veličin, jako je teplota a vlhkost vzduchu, rychlost a směr větru, tlak, délka slunečního svitu aj., disponuje stanice také 80 m vysokým meteorologickým stožárem měřícím vertikální profil teploty, vlhkosti a rychlosti a směru větru ve výškách 10, 20, 40, 60 a 80 m. Stožárová měření byla využita při přípravě počátečních modelových dat při konstrukci vertikálního profilu atmosféry.

Kromě toho při přípravě modelových vstupních dat nezbytných pro výpočet byla použita data vertikálních profilů tlaku, teploty vzduchu, vlhkosti, rychlosti a směru větru



Obr. 1 Poloha Mosteckého jezera v rámci Ústeckého kraje a ČR.

Fig. 1. Position of Most Lake within the Ústí nad Labem district in the Czech Republic.

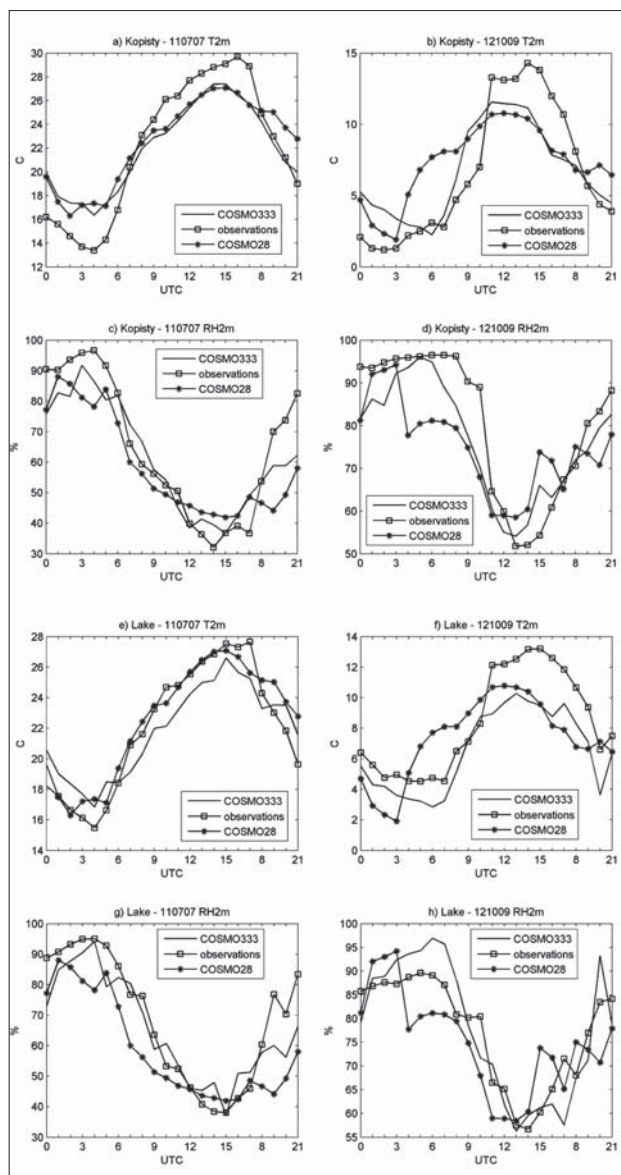
z objektivních analýz Evropského centra pro střednědobé předpovědi (ECMWF).

Dalším zdrojem byla data z meteorologické a hydrologické stanice, která byla od roku 2011 umístěna přímo na jezeře a která měřila teplotu vody na 16 úrovních až do hloubky 20 m. Zároveň měřila také teplotu a relativní vlhkost ve výšce 1,5 a 3 m nad hladinou a rychlost a směr větru ve 3 m nad hladinou.

3.2 COSMO model

Ve studii byl využit nehydrostatický model pro předpověď počasí COSMO (verze 4.18., Baldauf et al. 2011). Při výpočtech v modelu COSMO bylo použito jednomomentové schéma popisu mikrofyzikálních procesů bez parametrizace hluboké konvekce a s rozlišením pěti tříd hydrometeorů: srážkové vody, oblačné vody, sněhu, ledu a kroup. Po diskuzi s autory modelu a na základě testovacích výpočtů bylo z několika možností zvoleno schéma turbulence používající 3D uzávěr a model podle Smagorinského (Smagorinsky 1963). Horizontální rozlišení bylo nastaveno na 333 m a časové rozlišení na 3 s. Podle našich informací COSMO model s takto vysokým rozlišením dosud nebyl použit, ale autoři modelových parametrizací mezní vrstvy atmosféry nám potvrdili, že modelové rovnice jsou aplikovatelné i v tomto rozlišení. Zvolené rozlišení bylo nezbytné vzhledem k rozloze jezera. Model COSMO se standardně využívá s horizontálním rozlišením od cca 2 km a více. Spíše výjimečně se aplikuje s rozlišením cca 1 km (např. Noppel et al. 2010). Pro ověření funkčnosti modelových parametrizací při použitém rozlišení byly výsledky výpočtů s horizontálním rozlišením 333 m s výpočty s rozlišením 2,8 km (Bartůňková et al. 2014). Výsledky tohoto porovnání jsou vidět na obr. 2, kde je zobrazeno zároveň i srovnání s hodnotami získanými měřeními na observatoři Kopisty. Výsledky potvrzují, že model s rozlišením 333 m lze aplikovat.

V použité konfiguraci model COSMO využíval 70 vertikálních hladin, které byly nejhustěji rozmístěny v blízkosti zemského povrchu a s přibývajícím výškou se vzdálenosti mezi hladinami postupně zvyšovaly. Spodních 20 m obsahovalo 10 vertikálních hladin, aby byla podrobně popsána přízemní vrstva atmosféry, kde lze očekávat největší vliv jezera. Nejvyšší hladina byla umístěna do výšky 22 000 m n. m. Součástí modelu COSMO je i půdní model, obsahující 7 podzemních hladin, a model interakce mezi atmosférou a vodou v jezeře FLAKE (Mironov et al. 2010).



Obr. 2 Srovnání výsledků výpočtů COSMO modelu s horizontálním rozlišením 2,8 km (COSMO28) a 333 m (COSMO333) s měřeními (observations) pro dva termíny 7. 7. 2011 a 9. 10. 2012. Modelové integrace začaly v obou případech v 00:00 UTC. Obrázky a), b), e) a f) ukazují průběh předpovězené a naměřené teploty ve 2 m nad terénem na stanici Kopisty a na jezeře. Obrázky c), d), g) a h) ukazují průběh předpovězené a naměřené relativní vlhkosti ve 2 m nad terénem ve stejných místech. Čas předpovědi ukazuje horizontální osa.

Fig. 2. A comparison using the COSMO model results in horizontal resolutions of 2.8 km (COSMO28) and 333 m (COSMO333) with observations for two forecasts starting at 00:00 UTC on 7 July 2011 and 9 October 2012. Figures a), b), e) and f) both show the forecasted and measured temperature at 2 m above the terrain at a point near the lake. Figures c), d), g) and h) both show the forecasted and measured relative humidity at 2 m above the terrain at the same location. The horizontal axis shows the lead time.

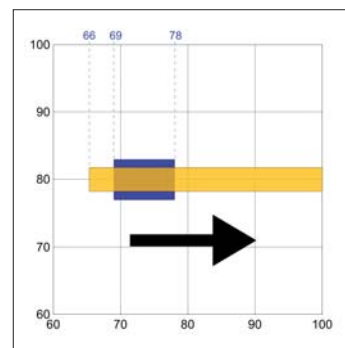
K získání výsledků aplikovatelných na všechna uvažovaná budoucí jezera v podkrušnohorské pánvi, byla provedena některá zobecnění zkoumané oblasti a nastaveny podle toho vstupy vyžadované modelem COSMO, které popisují vlastnosti zemského povrchu a půdy. Předpokládá se rovný terén, konstantní parametr drsnosti povrchu, konstantní půdní typ, konstantní vegetační pokryv rozdílný pro teplý a chladný půlrok a konstantní hloubka kořenů vegetace. Tyto parametry byly

nastaveny podle převládajících hodnot a typů v zájmové oblasti, tj. v Podkrušnohoří.

Model COSMO byl aplikován na oblast s jezerem s počátečním stavem atmosféry, který nebyl ovlivněn existencí jezera a který byl odvozen s využitím naměřených dat a dat z ECMWF. Na těchto datech byl model integrován v čase, přičemž okrajové podmínky byly konstantní a cílem integrace bylo dosáhnout stav meteorologických veličin, kdy se jejich hodnoty nemění v čase. Tento stav pak lze označit za stav způsobený existencí jezera. Současně proběhl i stejný výpočet, avšak s původním zemským povrchem bez jezera. Oblast výpočtu byla zvolena dostatečně velká, aby okolí jezera nebylo ovlivněno okrajovými podmínkami. Porovnáním výsledků integrací byl potom stanoven vliv jezera na charakteristiky atmosféry. Rozdíly byly popsány pomocí jednoduchých statistických charakteristik. V praxi samozřejmě setrvalý stav, kdy se hodnoty veličin nemění, nikdy nenastane, což má své fyzikální i numerické důvody. Kromě toho po určité době okrajové podmínky mají vliv i na vnitřní část oblasti, a proto je třeba po určitém čase výpočet ukončit. Na základě experimentů byla stanovena délka integrace na tři hodiny. Důvodem pro tento výběr byl fakt, že pro delší integrace se variabilita mezi jednotlivými kroky integrace již příliš neměnila a po zhruba 5 hodinách integrací se začal projevovat vliv okrajových podmínek i v oblasti jezera.

Pro zjednodušení byl tvar jezera nastaven jako obdélník s proměnlivou délkou a jezero bylo pevně orientováno vzhledem ke směru přízemního větru. Modelová oblast, která se skládala z 200 × 159 uzlových bodů, je zobrazena na obr. 3. Modrý obdélník reprezentuje pozici jezera a šipka směr větru. Žlutý pruh ukazuje oblast, ve které byly prováděny statistické výpočty vlivu jezera na meteorologické charakteristiky. Jednalo se o charakteristiky: minimální, maximální a průměrné hodnoty, medián a 10%, 25%, 75% a 90% kvantil změny měrné vlhkosti vzduchu v gramech na gram vzduchu. Podrobnější informace o modelovém nastavení jsou uvedené v publikaci Bartůňkové et al. (2014).

Modelové integrace byly provedeny pro různé dny v teplém a chladném půlroce, ve kterých se vyskytly různé meteorologické podmínky. Každý vybraný den začínaly integrace v 00:00, 06:00, 12:00 a 18:00 UTC, aby ve výpočtech byl popsán denní chod. Výpočty byly provedeny pro různé délky jezera – L8, L4, L3 a L2, kde číslo za písmenem L představuje počet uzlových bodů, které reprezentovaly délku jezera. Velikost L8 přitom zhruba odpovídá velikosti Mosteckého jezera. Celkem bylo provedeno 113 integrací pro teplý a 152 pro chladný půlrok.



Obr. 3 Modelová oblast, kde modrý obdélník zobrazuje jezero, žlutý pruh oblast (končí až na pravém konci oblasti, $x = 200$), ke které se vztahují statistické výpočty vlivu jezera na lokální klima, a šipka označuje směr větru při zemi. Čísla označují uzlové body modelové oblasti, která se skládá z 200 × 159 uzlových bodů.

Fig. 3. The figure shows a COSMO model subdomain (from 60 to 100 grid points in both directions). The entire model domain consists of 200 by 159 grid points. The blue rectangle shows the lake's position, and the arrow indicates the wind direction. In the yellow band, the minimum, maximum, and mean values were evaluated. This band extends over the entire domain to its right end (coordinate 200).

4. MODEL ALAKE-H

Výsledky výpočtu modelem COSMO byly využity k vytvoření jednoduchého statisticko-fyzikálního modelu ALAKE-H pro odhad vlivu jezera na lokální klima, který lze aplikovat prakticky všude v oblasti České republiky. Sestavený regresní model ALAKE-H popisuje vztah mezi vstupy do tohoto modelu (prediktory) a změnami vlhkosti způsobenými jezerem, které byly určeny integrací modelu COSMO. Model ALAKE-H pracuje se stejným horizontálním rozlišením jako model COSMO, tj. 333 m. ALAKE-H počítá změnu vlhkosti vzduchu v daném bodě ve 2 m nad zemí, která je způsobena existencí vodní plochy. Výška 2 m nad zemským povrchem byla zvolena, protože se jedná o standardní výšku měření teploty a vlhkosti vzduchu.

Jako prediktory byly v modelu ALAKE-H použity parametry jezera a proměnné, které popisují aktuální stav počasí a které byly zásadní pro přípravu vstupních dat modelu COSMO. Zároveň byly prediktory zvoleny tak, aby byly snadno dostupné například ze staničních meteorologických měření. Jedná se o následující veličiny:

- (i) Délka jezera ve směru proudění větru [m],
- (ii) T_{ML} [°C] – teplota směšovací vrstvy vody v jezeře,
- (iii) T_{2m} [°C] – teplota vzduchu ve 2 m,
- (iv) v_{10} – rychlost větru ve výšce 10 m nad zemí [$\text{m}\cdot\text{s}^{-1}$],
- (v) R_{2m} – relativní vlhkost vzduchu ve 2 m [$0 < R_{2m} \leq 1$],
- (vi) T_S – povrchová teplota [°C].

Vstupní data (i) – (v) jsou pro realizaci modelu ALAKE-H nezbytná. T_S je volitelná proměnná. Podrobný popis tvaru modelových rovnic a způsob získání hodnot parametrů je popsán Bartůňkovou et al. (2014).

Aplikace modelu ALAKE-H tedy vyžaduje topografická data, meteorologická data a data o teplotě vody. Topografická data představují souřadnice obvodu jezera a k vytvoření souboru s topografickými daty je možné využít např. webový portál mapy.cz. Jako meteorologická data je možno použít data z nejbližší meteorologické stanice, která dobře reprezentují variabilitu místních klimatických podmínek. Pro výpočty v modelu ALAKE-H je potřebná znalost teploty vody ve směšovací vrstvě, která se definuje jako vrstva vody těsně pod hladinou, jejíž teplota se v důsledku vertikálního promíchávání s hloubkou nemění. Tuto teplotu lze získat měřením na vodní ploše, která má podobné charakteristiky jako plánovaná nádrž. Druhou možností je simulace pomocí modelu FLAKE (<http://www.flake.igb-berlin.de/>), který počítá časový vývoj teploty vody v jezeře na základě interakce jezera s okolní atmosférou a jejím vývojem v čase. Pomocí tohoto modelu lze počítat teplotu vody i pro fiktivní neexistující vodní nádrž, pokud je znám

její rozměr, hloubka a další parametry, které jsou však méně důležité a lze je přibližně odhadnout.

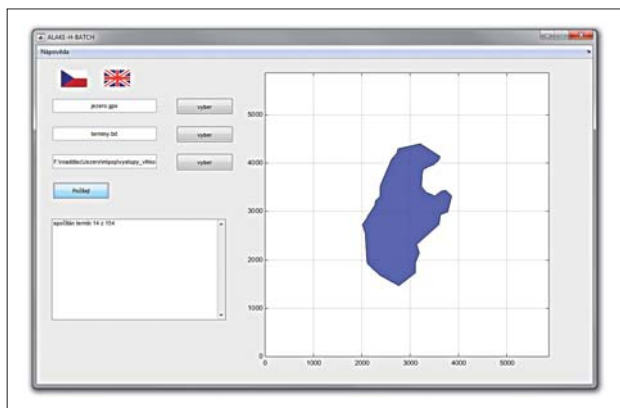
Na základě modelu ALAKE-H vznikl softwarový produkt, který je schopen na základě hodnot prediktorů pro dostatečně dlouhou/reprezentativní řadu termínů spočítat a graficky zobrazit vliv nově navrženého jezera nebo jiné vodní nádrže. Software se skládá z aplikace ALAKE-H-BATCH (obr. 4) pro dávkové zpracování termínů a z aplikace pro grafické zobrazení výsledků ALAKE-H-VIEW (obr. 5). ALAKE-H-BATCH počítá postupně pro jednotlivé termíny změnu měrné vlhkosti vzduchu nad vodní plochou a v jejím okolí, tj. rozdíl mezi měrnou vlhkostí s vodní plochou a stavem bez vodní plochy v gramech na gram vzduchu. Zároveň počítá základní statistiky vlhkostních změn pro soubor zadaných termínových dat.

Výstupem z ALAKE-H-BATCH jsou soubory obsahující uzlové hodnoty změny vlhkosti pro všechny zadané termíny. Zároveň jsou vypočteny a zapsány soubory obsahující statistické charakteristiky vypočtené pro jednotlivé uzly: průměr, medián, minimum, maximum, 10%, 25%, 75% a 90% kvantil změny měrné vlhkosti vzduchu v gramech na gram vzduchu. Příklad výstupu vyvinutého softwaru je na obr. 10. Zde je zobrazen průměrný roční chod vlivu Mosteckého jezera na vlhkost vzduchu ve výšce 2 m nad zemským povrchem.

5. VÝSLEDKY

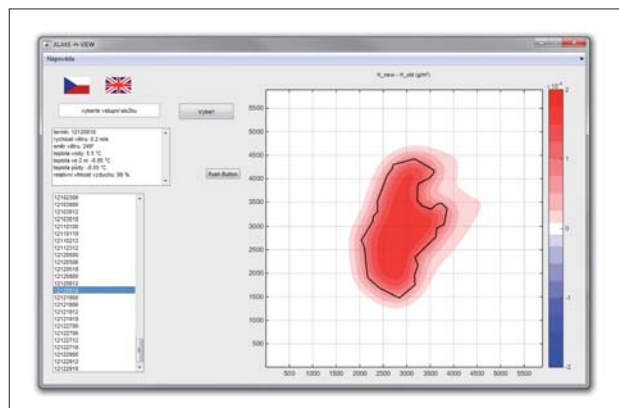
Výsledky modelu ALAKE-H nelze bezprostředně verifikovat, protože nejsou k dispozici potřebná data a ani je nelze v dohledné době získat. Celý postup je založen na předpokladu, že model COSMO je schopen dostatečně kvalitně modelovat vliv jezera. Za tohoto předpokladu se verifikace modelu ALAKE-H může omezit na porovnání výsledků obou modelů a vzhledem k tomu, že odhadujeme „klimatický“ vliv, stačí se omezit především na porovnání průměrných hodnot vlivu jezera na okolí.

Ilustrací a podporou tvrzení, že výpočty modelu COSMO jsou „rozumné“ a nejsou v rozporu s našimi představami o vlivu jezera, ukazují výsledky na obr. 6 a 7. Na obr. 6 je příklad vlivu vodní plochy na změnu měrné vlhkosti vzduchu s výškou v termínu 26. 4. 2010 v 18:00 UTC vypočtený modelem COSMO. Na obrázku je vidět, že vliv vodní plochy na vlhkost vzduchu se s výškou nad zemí snižuje a také postupně přesouvá směrem po směru větru, což je v souladu s očekáváním. Závislost vlivu jezera na jeho velikosti (délce jezera 660 m, 990 m, 1 320 m a 2 640 m ve směru větru) ilustruje obr. 7 pro stejný termín a opět souhlasí s naším očekáváním. Obrázky 6 a 7 spolu s porovnáním modelové teploty a vlhkosti zobra-



Obr. 4 Prostředí aplikace ALAKE-H-BATCH.

Fig. 4. ALAKE-H-BATCH software.



Obr. 5 Prostředí aplikace ALAKE-H-VIEW.

Fig. 5. ALAKE-H-VIEW software.

zené na obr. 2 podporují náš předpoklad, že model COSMO modeluje přízemní vrstvu atmosféry s akceptovatelnou přesností a může být tedy použit jako zdroj závislých dat pro statistický model ALAKE-H.

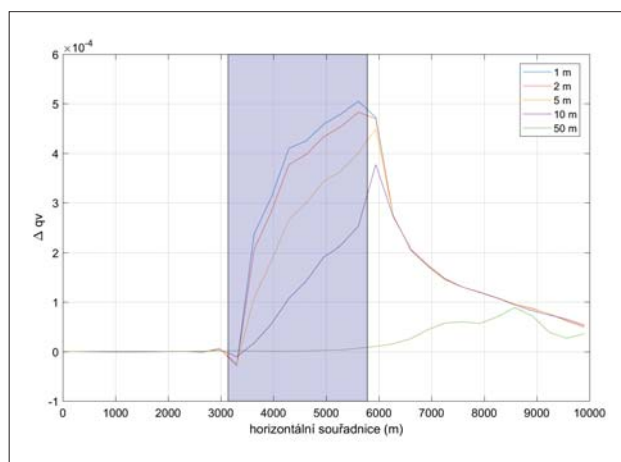
Porovnání výsledků modelu COSMO a ALAKE-H jsou zobrazeny na obr. 8 pro chladnou polovinu roku a na obr. 9 pro teplou polovinu roku. Z grafů je vidět, že průměrné křivky vlivu nové vodní plochy na měrnou vlhkost vzduchu si zhruba odpovídají, přičemž horší shoda je v chladné polovině roku. To vyplývá z větší variability podmínek v zimním období než v létě. V chladné polovině roku je proto popis jednoduchým statistickým modelem obtížnější a méně přesný.

Obrázek 10 ukazuje typický výstup modelu ALAKE-H zobrazený vyvinutým softwarem. Je zde zobrazena mapa průměrného ročního vlivu Mosteckého jezera na vlhkost vzduchu ve výšce 2 m nad povrchem, vytvořená na základě výpočtů

ALAKE-H-BATCH. Model ALAKE-H byl odvozen pro stanovení změn vlhkosti vlivem jezera ve 2 m nad terénem. Výpočty je však možné provádět i pro jiné hodnoty výšky nad zemským povrchem (viz obr. 7).

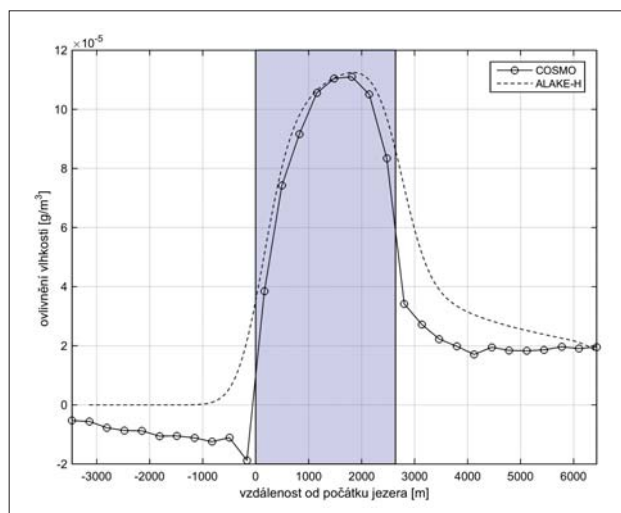
6. DISKUSE A ZÁVĚR

Předložená studie byla motivována praktickou otázkou odhadu vlivu uvažovaných nových vodních nádrží na lokální změny vlhkosti vzduchu a byla součástí rozsáhlého projektu TA01020592 „Dopady na mikroklima, kvalitu ovzduší, ekosystémy vody a půdy v rámci hydrikové rekultivace hnědouhelných lomů“. Jádrem práce byl vývoj jednoduchého statisticko-fyzikálního modelu, ALAKE-H, jehož účelem je odhadnout dopady nově založených vodních ploch na vlhkost v okolí. Protože prakticky neexistují data, která by mohla být využita k odhadu tohoto vlivu, byla použita simulace modelem



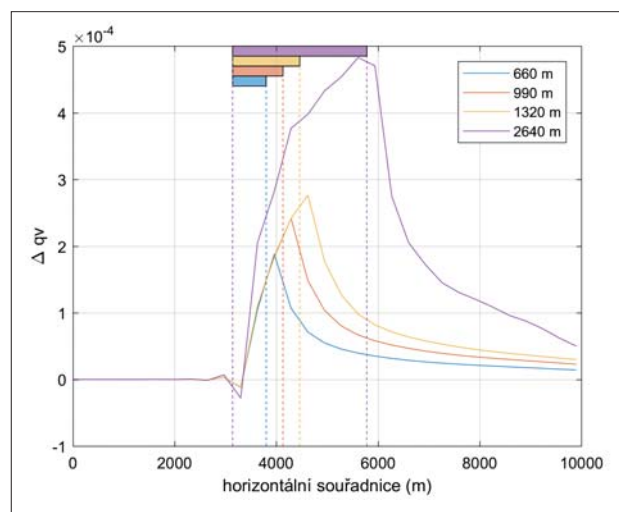
Obr. 6 Příklad změny vlivu vodní plochy na měrnou vlhkost vzduchu [$\text{g} \cdot \text{g}^{-1}$] s výškou v termínu 26. 4. 2010 18:00 UTC. Křivky jsou uvedené pro výšky 1 m, 2 m, 5 m, 10 m a 50 m nad zemským povrchem.

Fig. 6. An example of the influence of water surface on the specific humidity (g/g) of air in dependence at a height above the surface for 26 April 2010 at 18:00 UTC. The curves are listed for heights of 1 m, 2 m, 5 m, 10 m, and 50 m above the earth's surface.



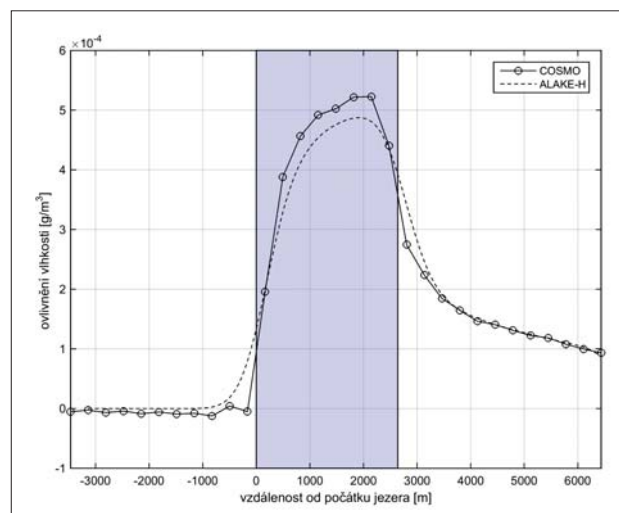
Obr. 8 Srovnání výsledků ovlivnění měrné vlhkosti vzduchu v důsledku existence jezera pomocí modelů COSMO a ALAKE-H v chladném půlroce.

Fig. 8. A comparison of the effects on the specific humidity due to the existence of the lake using the COSMO and ALAKE-H models during the cold six months.



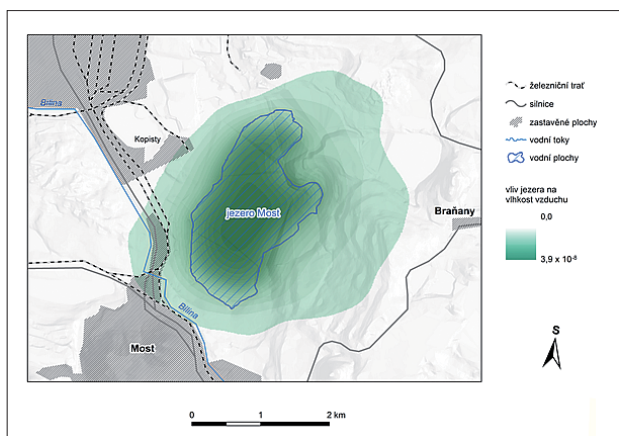
Obr. 7 Vliv jezera na měrnou vlhkost vzduchu [$\text{g} \cdot \text{g}^{-1}$] při délkách jezera 660 m, 990 m, 1 320 m a 2 640 m pro 26. 4. 2010 18:00 UTC.

Fig. 7. The influence of the lake on the air's specific humidity (g/g) at lake lengths of 660 m, 990 m, 1,320 m and 2,640 m for 26 April 2010 at 18:00 UTC.



Obr. 9 Srovnání výsledků ovlivnění měrné vlhkosti vzduchu v důsledku existence jezera pomocí modelů COSMO a ALAKE-H v teplém půlroce.

Fig. 9. A comparison on the effects of the specific humidity due to the existence of the lake using the COSMO and ALAKE-H models during the warm six months.



Obr. 10 Mapa průměrného ročního vlivu Mosteckého jezera na měrnou vlhkost vzduchu (zabarvená plocha) vytvořená na základě výpočtů ALAKE-H-BATCH.

Fig. 10. Map of the average annual impact of the lake on the air's specific humidity based on ALAKE-H-BATCH calculations.

COSMO ve vysokém rozlišení a zkonstruován regresní model ALAKE-H, který je schopen přibližně reprodukovat vliv jezera na okolí tak, jak ho modeluje COSMO. Smyslem bylo získat jednoduchý model, který by byl snadno aplikovatelný v podstatě kdekoli na území České republiky a který by vyžadoval pouze snadno dostupná data: teplotu a vlhkost ve výšce 2 m nad zemí, teplotu směšovací vrstvy vodní nádrže, rychlost a směr větru ve výšce 10 m nad zemí, vlhkost vzduchu a volitelně teplotu povrchu země.

Výsledky modelů COSMO a ALAKE-H jsou obdobné, ale pro jednotlivé termíny se v detailech liší. V průměrných dlouhodobých hodnotách, které jsou podstatné pro stanovení vlivu vodních nádrží na okolí, však vykazují dobrou shodu. Proto lze očekávat, že použití modelu ALAKE-H je vhodné pro odhad vlivu uvažovaných jezer na vlhkost vzduchu v okolí. Model ALAKE-H se stal součástí metodiky, která byla výstupem projektu TA01020592.

Konkrétní výsledky studia změny lokální vlhkosti způsobené vznikem Mosteckého jezera ukazují, že vliv jezera je omezen na vzdálenost několika set metrů až zhruba jeden kilometr. To v praxi znamená velmi malý spíše zanedbatelný vliv v teplé polovině roku. V chladné polovině roku však tento relativně malý nárůst vlhkosti může mít významný dopad na vznik a frekvenci vzniku lokálních mlh. Zkušenosti z okolí Mosteckého jezera toto tvrzení potvrzují.

Literatura:

- ALFIMOV, A. V., 1995. The mesoclimatic impact of the reservoir of the Kolyma hydroelectric power station. *Polar Geography*, Vol. **19**(4), s. 25–266.
- BALDAUF, M., SEIFERT, A., FÖRSTNER, J., MAJEWSKI, D., RASCHENDORFER, M., REINHARDT, T., 2011. Operational Convective-Scale Numerical Weather Prediction with the COSMO model: description and sensitivities. *Mon. Weather Rev.*, in print. doi: 10.1175/MWR-D-10-05013.1.
- BARTŮŇKOVÁ, K., SOKOL, Z., 2013. Vliv nově vzniklé jezerní plochy na mikroklima. *Vodní hospodářství* 3, s. 43–46.
- BARTŮŇKOVÁ, K., SOKOL, Z., POP, L., 2014. Simulations of the influence of lake area on local temperature with the COSMO NWP model. *Atmospheric Research* Vol. **147–148**, s. 51–67.
- CONRADT, T., KUNDZEWICZ, Z.W., HATTERMANN, F.,

- WECHSUNG, F., 2007. Measured effects of new lake surfaces on regional precipitation. *Hydrol. Sci. J.* Vol. **52**, s. 936–955.
- HANSLIAN, D., HOŠEK, J., 2015. Combining the VAS 3D interpolation method and Wind Atlas methodology to produce a high-resolution wind resource map for the Czech Republic. *Renewable Energy*, Vol. **77**, s. 291–299.
- HARDY, B., 1998. Formulation For Vapor Pressure, Frostpoint Temperature, Dewpoint Temperature, and Enhancement Factors in the Range –100 to +100 °C. In: *The Proceedings of the Third symposium on Humidity & Moisture*, Teddington, London, England.
- JENSEN, M. E., 2010. Estimating evaporation from water surfaces. In Presentation at CSU/ARS Evapotranspiration Workshop, Vol. **15**.
- KLIMÁNEK, M., 2004. The climatological impact of water reservoirs Novomlýnské nádrže on floodplain forest. In: *Rožnovský, J., Litschmann XIV, T.* (Eds.), Czech–Slovak Bioclimatological Conference, Lednice na Moravě, 2–4 September 2004. ISBN 80-85813-99-8, s. 161–179.
- MICZYŃSKI, J., ZUŠKA, Z., JABŁONSKA-KORTA, U., JURKIEWICZ, T., 2011. Próba oceny zmiany klimatu lokalnego w wyniku oddziaływania zbiornika wodnego na przykładzie występowania mgieł w Czorsztynie. *Monografie Pienińskie*, Vol. **2**, s. 12–129.
- MILLER, N. L., JIN, J. M., TSANG, C. F., 2005. Local climate sensitivity of the Three Gorges Dam. *Geophys. Res. Lett.* **32**, L16704.
- MIRONOV, D., HEISE, E., KOURZENEVA, E., RITTER, B., SCHNEIDER, N., TERZHEVIK, A., 2010. Implementation of the lake parameterisation scheme FLAKE into the numerical weather prediction model COSMO. *Boreal Environ. Res.* **15**, s. 218–230.
- NOPPEL, H., BLAHAK, U., SEIFERT, A., BEHENG, K.D., 2010. Simulations of a hailstorm and the impact of CCN using an advanced two-moment cloud microphysical scheme. *Atmos. Res.*, Vol. **96**, s. 286–301.
- SMAGORINSKY, J., 1963. General circulation experiments with the primitive equations: I. the basic experiment. *Monthly weather review*, Vol. **91**(3), s. 99–164.
- ŠTÝS, S., 2013. Hydrologické rekultivace jako subsystem rekultivační transformace krajiny. In: *Shorník konference Jezera a mokřady ve zbytkových jamách po těžbě nerostů*, Most, 04/2013, s. 157–161.
- TOLASZ, R. et al., 2007. Atlas podnebí Česka: Climate atlas of Czechia. Praha: Český hydrometeorologický ústav, Olomouc: Universita Palackého. ISBN 978-80-86690-26-1.
- WILSON, J. W., 1977. Effect of Lake Ontario on precipitation. *Mon. Weather Rev.* Vol. **105** (2), s. 207–214.
- ZHANG, S. K., LU, Z. A., ZHANG, N., 2011. Study on precipitation changes in area nearby Three Gorges Dam (China) in 1958–2008. *Tech. Technol. Educ. Manag.* – TTEM 6, s. 644–650.

Poděkování:

Tato práce vznikla za podpory GA UK projektu 330-243-259490 a v rámci projektu TA01020592 „Dopady na mikroklima, kvalitu ovzduší, ekosystémy vody a půdy v rámci hydrické rekultivace hnědouhelných lomů“. Model COSMO poskytnutý německou meteorologickou službou byl vyvíjen v rámci projektu CRREAT (CZ.02.1.01/0.0/0.0/15_003/000048). Výpočty byly provedeny na výpočetní technice získané v rámci projektu Modernizace HPC systému ÚFA AV ČR, v. v. i. (OPPK CZ.2.16/3.1.00/24512).

Lektor (Reviewer): RNDr. Radim Tolasz, Ph.D.

KLIMATOLOGIE A KLIMATOLOGOVÉ DNES A V BLÍZKÉ BUDOUCNOSTI

Climatology and climatologists today and in the near future. Climate change and the future of climatology have in recent years been subject to wide interest far beyond the Czech Republic. Experts, politicians, economists and the general public are now actively discussing climate change. Therefore, the editors have asked Czech and Slovak climatologists to answer the question, "How will the climate affect human life over the ensuing decades? What is and what will be the role of climatology and climatologists?" In alphabetical order, we present the answers to this vital public debate.

Meteorologické zprávy v letošním roce uzavírají svůj 70. ročník. Po celou dobu své existence dávají prostor pro prezentaci oborů úzce spjatých s meteorologií, klimatologií, hydrologií i čistotou ovzduší. Odborné články a prezentace výsledků práce jednotlivých expertů i autorských kolektivů, informace o technologických novinkách a zahraničních publikacích jsou dokladem vývoje těchto oborů v Česku. Klimatologie je vážná věda s dlouhou historií. Podnebí a změna klimatu se však v posledních letech staly mediálním tahákem, a ne vždy jsou dostupné informace správné a úplné. Klimatologie jako věda bývá zpochybňována a klimatologové ostouzeni. I proto se redakce s otázkami „Jak ovlivňuje a v dalších desetiletích bude ovlivňovat podnebí život člověka? Jaká je a bude role klimatologie a klimatologů?“, obrátila na několik českých a slovenských odborníků, kteří jsou aktivními klimatology. Odpovědi těch, kteří našli odvahu se veřejně podělit o své názory, zde předkládáme v abecedním pořadí. Hodnocení jednotlivých pohledů necháváme na čtenářích.

Doc. RNDr. Tomáš Halenka, CSc.

(Katedra fyziky atmosféry, Matematicko-fyzikální fakulta, UK Praha)

Ať se to člověku líbí nebo ne, celá historie vývoje lidské civilizace byla, je a bude v úzkém sepětí se stavem podnebí, a to jak v globálním měřítku, tak i v dané konkrétní lokalitě. Jakkoli tento vztah bývá chápán, zvláště na počátku vývoje, jako více méně jednostranný, existují i v dřívější historii příklady obousměrné vazby, která zvláště vyniká v posledních desetiletích, což vede k dizkusím o počátku nové současné geologické epochy s názvem antropocén.

Když se na tyto vztahy podíváme věcně a začneme skutečně ranými stadii vývoje člověka, pak asi o přímé závislosti na přírodě, a tedy i podnebí, nikdo nepochybuje. Nakonec i rozvoj prvních vyspělých civilizací byl úzce vázán na oblasti s vhodnými klimatickými podmínkami. Celým dalším vývojem lidské civilizace se pak dle mého názoru prolíná snaha člověka vymanit se z této závislosti, což se po dlouhou dobu v zásadě daří. Pokud se ale podíváme na dnešní situaci, způsob života, současné „vyspělé“ technologie, zdá se mi, že je nynější lidská civilizace mnohem zranitelnější než dříve. Netřeba připomínat kalamitní stavy např. v dopravě při několika centimetrech sněhu, či kolaps fungování infrastruktury při povodních apod. Nějak se mi zdá, že sice ne tak vyvinuté, zato však mnohem robustnější technologie a životní styl nedávno minulých generací byly lépe připraveny na tyto v zásadě běžné meteorologické podmínky, a tak vlastně mnohem odolnější proti těmto vlivům. Nezbyvá než doufat, že další vývoj povede ke zvýšení odolnosti nových technologií, infrastruktury a způsobů života. Nutno připustit, že některé první náznaky lze i v našem oboru vidět.

Ano, ve svém vývoji se člověk postupně vymanil z bezprostřední závislosti na přírodě a podnebí, našel si zdroje energie ve

fosilních palivech, které mu umožnily dramatický rozvoj, což ale dnes vede vedle problému s antropogenními skleníkovými plyny mj. k velké populační explozi a rozsáhlému drancování přírodních zdrojů. S tím souvisí možná naléhavější otázka směrem k opačnému směru vazby člověka a podnebí, tedy jak člověk nadále bude podnebí sám ovlivňovat. I když v poslední době jsou rozvíjeny alternativní zdroje energie, past používání fosilních paliv není snadné opustit, byť je v současné době zcela zřejmé, že vliv jejich spalování je z hlediska klimatu jasně nežádoucí. To zdaleka neplatí jenom pro změnu klimatu, mnohem obecněji lze mluvit o vlivu člověka na přírodní podmínky a životní prostředí v rámci celkové globální změny, tedy i např. směrem k nakládání s přírodními zdroji apod.

Pokud se přidržíme našeho oboru, tedy klimatologie, pak vzájemná interakce oběma směry mezi vlivem člověka na klima a následným vlivem klimatu na člověka je evidentní. Názorně to ukazuje požadavek mitigace klimatické změny prostřednictvím redukce skleníkových plynů a vedle toho i adaptace na eventuální změny, formulovaný v dokumentech IPCC.

Jaká je a bude role klimatologie a klimatologů? Klimatologie jako součást meteorologie musí umět analyzovat procesy v klimatickém systému, které vedou k nastavení příslušných klimatických podmínek a k jejich změnám. Vedle popisu minulého vývoje klimatu a jeho současného stavu musí klimatologie, podobně jako meteorologie, být schopna využít zákonitostí objevených procesů k poskytování předpovědi chování klimatického systému. Elementárním typem takové předpovědi jsou tzv. klimatické scénáře, tedy vlastně odpovědi na klasičskou otázku typu „co by kdyby“. Tím „kdyby“ se v obecné rovině rozumí formulace nějakých většinou vnějších faktorů, které mohou, resp. mají na klima vliv, „co by“ pak znamená výsledné chování či charakteristiku klimatického systému, tedy vlastně odpověď na změnu nějakých vnějších parametrů či podmínek. Klimatická předpověď v pravém smyslu slova, podobně jako je chápána v meteorologii, tedy předpověď vývoje klimatu závislého nejen na vnějších faktorech, ale především na vnitřních vazbách uvnitř klimatického systému, je dnes na počátku rozvoje, ale ukazuje se, že by mohla mít jistý potenciál, alespoň pokud se jedná o např. sezonní předpověď či výhledy na nejbližší roky.

V obou těchto směrech lze vidět zásadní význam. Scénáře změny klimatu jsou základním strategickým rámcem pro rozhodování o opatřeních a řízení kroků lidské civilizace k udržení potenciálu rozvoje a eliminaci následků dřívějšího nežádoucího vlivu. Skutečná klimatická předpověď pak může poskytovat cenné informace pro nejrůznější sektory hospodářství a lidské činnosti k efektivnímu využívání podmínek a zdrojů. O to se dnes snaží rozvoj tzv. klimatických služeb, na které je kladen velký důraz a jejich produkci podporuje i Světová meteorologická organizace (WMO).

Pokud se jedná o úlohu klimatologů, je zřejmé, že to musí být

oni, vysoce erudovaní odborníci, kdo na těchto úkolech pracují, a není příliš žádoucí nechat této problematiky mluvit kdekoho. Jistě je nutná spolupráce širokého spektra odborníků z nejrůznějších oborů, protože klimatický systém samotný představuje problematiku značně širě i hloubky, s velkým podílem nejistot pramenících ze složitosti systému, nemožnosti postihnout explicitně všechny procesy a všechna měřítka, navíc na základě nekompletních dat. Není v silách jedince obsáhnout celou šíři problematiky, navíc scénář nelze ověřit jiným experimentem než simulací numerickým modelem, který je rovněž i nástrojem pro předpověď, při vědomí všech výše uvedených nedostatků. Cestou k reprezentativním výsledkům se tak stávají skupinové simulace, tedy analýza založená na numerickém experimentu s použitím většího počtu modelů, což může něco říci o nejistotách konečného zhodnocení. Takovou proceduru používá i Mezivládní panel pro klimatickou změnu (IPCC) při vytváření podkladů pro hodnotící zprávy, v obecnější rovině i pro vlastní přípravu konkrétní zprávy na základě většího množství dostupných výsledků, publikací či pramenů. Je smutné, když se pak někdo vydává za klimatologa a strefuje se do IPCC zpráv, ať již z jedné či druhé strany, na základě nějakého jednoho či několika málo výsledků či publikací. A to nemluvím o tom, že každá zpráva je samozřejmě fixována datem svého vzniku a jistě se mohou najít novější výsledky, které třeba v příštím vydání naše poznání posunou některým směrem.

Jak jsem uvedl výše, problematika poznání klimatického systému a procesů vedoucích ke klimatické změně či ji nějakým způsobem ovlivňujících je složitá a nemůže ji obsáhnout jeden člověk ani nějaká malá skupinka. Proto „věřím“ hodnotícím zprávám IPCC, kde za každým takovým dokumentem stojí stovky autorů a rozsáhlé recenzní procesy. Jistě lze namítnout, že by to neměla být otázka víry, a snad nemusím nikoho přesvědčovat, že to tak nechápu, proto ty uvozovky. Jedná se spíše o důvěru, že ti všichni zúčastnění, z nichž řadu osobně znám, jsou skuteční experti na relevantní problematiku a že odvedli poctivou práci při shromažďování dostupných výsledků a dle nejlepšího vědomí a svědomí je pro nás ostatní pečlivě zhodnotili. Nechci samozřejmě omlouvat některé přehmaty, které se našly, ale to bych považoval spíše za výjimky potvrzující pravidlo. To, že se střídavě objevuje kritika z obou krajů nejistot výsledků, je spíše argumentem pro více méně objektivní zhodnocení situace, samozřejmě v příslušném čase.

S čím mám trochu problém je proklamovaná neutralita klimatologů, resp. nepředjímání rozhodnutí politiků. Jistě, nesouhlasím s žádným aktivismem, ať na jednu či druhou stranu, ale pokud tvrdím, že antropogenní emise skleníkových plynů značně přispívají ke klimatické změně (aniž bych zde chtěl polemizovat z kolika procent), z modelových výsledků vidím, že pro udržení nárůstu teploty do konce století v mezích žádaných 2 °C mohu emitovat skleníkové plyny současným tempem již pouze 25 let. Dále vidím jako problematická potenciální geoinženýrská řešení, o zachytávání CO₂ masově v nejbližších dekáдах zatím také nic moc přesvědčivého neslyším, pak mi z toho nevyplyvá jiný závěr, než redukce emisí antropogenních skleníkových plynů. Samozřejmě, finální rozhodnutí a „jak“ je na politikách, základem jistě budou i další poznatky jiných oborů, např. socioekonomické rozvahy apod. Určitě je možná i podpora výzkumu dalších možností, kde je místo pro další uplatnění klimatologů, ale moc prostoru ke zpochybňování potřeby redukce emisí nevidím. V žádném případě nezpochybňuji adaptace, které jsou s ohledem na již probíhající změny nutností. Ale chceme zanechat generacím našich dětí možná nevratně se ohřívající planetu?

RNDr. Radan Huth, DrSc.

(Katedra fyzické geografie a geoekologie, Přírodovědecká fakulta UK Praha; Ústav fyziky atmosféry AV ČR, Praha; Ústav výzkumu globální změny AV ČR, Brno)

Hned na začátku své první přednášky z klimatologie studentům říkám, že význam klimatu pro lidstvo a jeho vývoj je zásadní. Kdyby na Zemi panovalo jiné klima, vývoj života i lidské civilizace, objevila-li by se jaká, by jistě byl odlišný od toho, jaký jsme prožili a prožíváme. S postupujícím technologickým pokrokem však důležitost klimatu pro lidstvo, a tedy i podmíněnost rozvoje lidstva klimatickými poměry, klesá: díky vytápění, klimatizaci, zavlažování a dalším vymoženostem žijeme dnes celkem pohodlně i tam, kde by to dříve bylo nemožné nebo jen velmi obtížné. Na druhou stranu, technologický pokrok s sebou přinesl obrácení kauzality. Lidstvo svou činností nepochybně klima ovlivňuje, a to už odedávna, od dob prvních zemědělských civilizací. Nejdříve změnami využití půdy (kácením lesů, urbanizací), poté i změnami složení atmosféry (vypouštěním aerosolů a radiačně-aktivních, skleníkových, plynů).

Minulou, současnou a budoucí změnu klimatu často shrnují do tří základních tvrzení:

1. Klima se měnilo a mění; od poloviny 19. století (od kdy jsou k dispozici měření v dostatečném množství a kvalitě) pozorujeme oteplování povrchu Země.
2. Toto oteplování je způsobeno společným působením přirozených (změny dopadajícího slunečního záření a sopečné erupce) a antropogenních (rostoucí koncentrace skleníkových plynů a aerosolů) činitelů; od druhé poloviny 20. stol. je rozhodující vliv antropogenních faktorů. Pozorované oteplování přitom nelze vysvětlit pouze přirozenou proměnlivostí klimatu.
3. Růst koncentrací skleníkových plynů v budoucnu povede k pokračující změně klimatu, zejména (ale zdaleka ne jen) k dalšímu oteplování.

V tom, jaká je role klimatologie a klimatologů, mám jasno. Klimatologové – odborníci, tedy ti, kdo se aktivně věnují výzkumu klimatu, nestojí ani na jedné straně sporu mezi těmi, kdo změnu klimatu popírají a bagatelizují roli člověka v ní (klimaskeptici), a těmi, kdo ve změně klimatu vidí největší problém současné civilizace a trvají na zavádění opatření, často nazývaných „bojem“, proti změně klimatu stůj co stůj – nebo ať to stojí, co to stojí (klima-alarmisté). Odborníci by podle mého nejhlubšího přesvědčení neměli stát ani na jedné z těchto aktivistických barikád, protože by tím ohrozili nezávislost svého bádání. To se leckomu může jevit jako celkem malicherný důvod v situaci, kdy jsme konfrontováni se závažným globálním problémem. Nicméně platí, že jakákoliv opatření jsou přijímána, alespoň tedy v ideálním světě, na základě názorů expertů, a tedy že co nejučinnější opatření s co nejmenšími vedlejšími škodlivými důsledky mohou být přijata, jen tehdy, jsou-li založena na skutečně objektivních a nezávislých odborných zjištěních. Kdo je aktivista a ne nezávislý odborník, má tendenci zjištění nezapadající do jeho myšlenkového schématu ignorovat, a naopak zjištěním potvrzujícím jeho přesvědčení dávat neadekvátně velkou váhu bez ohledu na jejich skutečnou odbornou hodnotu a věrohodnost; jeho rada pak nemusí být správná, protože nebude objektivně zohledňovat přínosy a rizika. V okamžiku, kdy cílem vědeckého bádání přestává být rozšíření našich znalostí, ale potvrzení té jediné správné pravdy, stává se z vědy ideologie.

Inspiraci k napsání této úvahy mi (vedle vytrvalého tlaku redakce Meteorologických zpráv, za nějž děkuji) přinesla zmínka v médiích o článku vyšlém v červencovém vydání časopisu *Environmental Research Letters* (S. Wynes & K. A. Nicholas: The climate mitigation gap: education and government recommendati-

ons miss the most effective individual actions; Environ. Res. Lett., 12 (2017), 074024). V něm autoři (nebo autorky?) hodnotí (citují z abstraktu článku) velké množství individuálních voleb životního stylu a počítají jejich potenciál pro snížení emisí skleníkových plynů ve vyspělých zemích. *Výsledkem jsou různá doporučení, z nichž to, jež vede k největší redukci emisí, je „mít o jedno dítě méně“*, tím se emise sníží o 58,6 tuny ekvivalentu CO₂ na osobu za rok. Další uvažovaná a doporučovaná opatření, tedy život bez auta, nestavování letadlem a čistě rostlinná strava, jsou více než o řád méně účinná, jimi vyvolané snížení emisí činí 0,8 až 2,4 tuny ekvivalentu CO₂ na osobu za rok.

Napadají mě různé, výhradně negativní, dopady opatření „o jedno dítě méně“. Máme tu ekonomický aspekt, odkud by se vzaly peníze na důchod pro mého syna, který zatím chodí do školy, kdyby se všechny ženy takovým doporučením řídily a místo současných necelých dvou dětí by na jednu ženu připadalo jen necelé jedno dítě? Kdo by na jeho důchod vydělával? Vždyť důchodové systémy ve vyspělých zemích kolabují vinou nízké porodnosti už teď! Je tu i aspekt řekněme filozofický. Co jiného je smyslem života než mít potomky, než dát život další generaci? A aspekt politický: Co když se tohoto nápadu chytí nějaká radikální nátlaková skupina, a od ní jej převezme relevantní politická síla, třeba ve snaze získat voliče? A že bychom v nedávné minulosti a současnosti našli v různých oblastech společenského života příklady různých radikálních nátlakových skupin, které svou daleko více marginální agendu úspěšně protlačily na politickou scénu a jejich okrajové až extrémní názory se jakoby staly normou, přinejmenším ve veřejném prostoru... (viz třeba to, že v londýnském metru už cestující nebudou oslovováni „Dámy a pánové“). Budeme mít potom ve vyspělém světě zavedenu „politiku jednoho dítěte“? Něco podobného jsem už slyšel – v daleké Číně takovou politiku zavedli z jiných, ale rovněž, aspoň oficiálně, nejlepších pohnutek. Jen výsledek se jim nějak vymкнуł.

To „o jedno dítě méně“ mě, přiznávám, hodně nadzvedlo, zvláště když je formulováno jako vážně míněné doporučení. To vnímám jako největší a zásadní problém. Na takové doporučení, v zájmu „vyššího cíle“ omezovat populaci, se dívám s opravdu velkým podezřením. Analýza, kolik skleníkových plynů člověk během svého života, včetně života svých potomků a jejich potomků a jejich potomků a tak dále, vyprodukuje, je zcela legitimní, a porovnání tohoto množství s důsledky různých opatření na omezení emisí je zajímavé a může být i inspirující. Stejně tak by mi jako velmi zajímavá přišla informace, kolik už ženy přispěly k omezení emisí tím, jak výrazně se porodnost ve vyspělém světě během minulého století snížila. Mimochodem, a asi vcelku příznačně, je skutečnost, že ve vyspělém světě jsme už, byť bezděčně, touto cestou mitigovali až dost, v článku zcela ignorována.

Předchozí odstavce mě vedou k otázce, co je cílem opatření, jež zjednodušeně nazvu „opatření na ochranu klimatu“? Zajistit lidstvu trvale udržitelné podmínky k životu, nebo zabránit změně klimatu jako takové? Já hlasuji pro variantu první, jen ta mi dává smysl. Opatření, jež směřují proti samotnému smyslu lidské existence, byť by pro budoucí vývoj klimatu mohla být prospěšnější – pokládám jednoznačně za chybná. Opatření „o jedno dítě méně“ je přesně takové: účinně brání změně klimatu, ale autoři / autorky, jež je navrhuji, vůbec neřeší, nakolik a zda vůbec je pro lidstvo trvale udržitelné. Je to opatření, které lidi prostě ignoruje, nebere na ně ohled. Lidi (před pár desetiletími se v podobných souvislostech říkávalo „lid“) chápe jen jako nástroj k uskutečnění tohoto opatření, ne jako někoho, kdo by z něj měl nakonec mít prospěch.

Uměl bych si představit analogická opatření, jdoucí však k cíli – ochraně klimatu – bez ohledu na lidstvo rychleji, tvrději, účinněji. Což takhle hromadná sebevražda? Nebo ekologické ohledy

jako polehčující okolnost vraždy? Zabili jste někoho, kdo jezdí na dovolenou autem a ještě k tomu – ach ta hrůza – na odborné konferenci létá letadlem a s chutí chodí na steak? Třeba někdy v budoucnu by vám takové okolnosti vraždy mohly vynést trest pod dolní hranici sazby... a snad i osvobození. A co globální válka? Ty trosky lidské populace, které by po ní na Zemi zbyly, by přece skleníkových plynů vyprodukovaly jen poskrovnu. Globální válku jsem ve svých přednáškách dosud uváděl jako příklad velmi účinného, leč zcela zvráceného a zvrhlého opatření. A vida, první vážně myšlený návrh, dívající se (zatím nesměle) podobným směrem, už byl publikován.

Ano, úmyslně jsem v předchozím odstavci přestřelil. Úcta k lidskému životu je přeci jedním ze základních kamenů naší civilizace.

Opravdu je tomu tak? Platí to navždy? Jsme si tím jisti? Jen aby se úcta k lidskému životu nenápadně nepřeklopila do úcty k něčemu jinému, třeba ke klimatu, pro nějž je nutno leccos obětovat. Ostatně, historie i současnost nám nabízejí různé paralely, kdy úcta k životu byla a je obětována nějakému „vyššímu cíli“, často i pod přesvědčivým pseudovědeckým zdůvodněním; kdo rozhodne, který z „vyšších cílů“ je legitimní a který už nikoli? Zdá se vám to z dnešního pohledu jako bláznivý nápad? Tak se podívejte třeba na to, jak za poslední půlstoletí erodovala úcta k něčemu jinému, kdysi rovněž posvátnému, na čem naše civilizace pevně stála – k manželskému svazku, k rodině jako základní jednotce společnosti, zajišťující její reprodukci.

Článek v Environmental Research Letters vidím jako jeden z mnoha příznaků soustředění převážné části úsilí o zmírnění změny klimatu a jeho dopadů na redukci emisí skleníkových plynů. Mám nepříjemný dojem, že zejména v očích politiků se „boj proti změně klimatu“ redukuje na pouhé omezování emisí. A přitom se odborníci shodují, a potvrdila to i tzv. velká debata na téma „Jsou dva stupně možné bez spoléhání se na zachytávání a ukládání uhlíku?“ na valném shromáždění Evropské geofyzikální unie v dubnu 2017 ve Vídni, že cíle, jež si vytkla konference v Paříži (tj. nepřekročení změny teploty o 2 °C, a pokud možno o 1,5 °C vůči stavu před začátkem průmyslové revoluce) jsou jen cestou redukcí emisí nedosažitelné. Jedním z důvodů, o němž se příliš nemluví, jsou emise CO₂ z výroby cementu. Ty tvoří významnou část celkových emisí, a přitom jsou ve své podstatě neodstranitelné, tedy pokud si nenaplánujeme „bezcementový svět“; o něm ale ani ti největší radikálové (zatím?) nemluví.

Pokládám proto za velmi důležité se daleko více než dnes věnovat problematice právě odčerpávání uhlíku z atmosféry a jeho ukládání, dalším podobným cílem by měla být termojaderná fúze, jež jako by uvázla na mrtvém bodě. Masivní investice do výzkumu v těchto směrech se mi jeví jako velmi účinné opatření, daleko lepší než diktovat lidem, čím mají svítit, jak (ne)výkonný mají mít vysavač, co mají jíst a kolik mají mít dětí. (Vidíte teď, když jsem to za sebou tak hezky seřadil, lépe tu možnou cestu od už přijatých opatření k těm, co se nám dnes zdají jako přitažená za vlasy? I když... třeba už je nějaký úředník v klimatizované kanceláři začíná potichu sepisovat...)

A nezapomínejme na třetí skupinu mitigačních opatření, tj. opatření k omezení či zastavení nežádoucí změny klimatu: geoinženýring. Tedy nejrůznější způsoby, jak ve velkém měřítku modifikovat radiační bilanci Země, ať už zvýšením albeda, nebo snížením příjmu slunečního záření. Ano, jedná se o opatření s často nejasnými negativními důsledky, ale pyšníci se jedním naprosto zásadním pozitivem – okamžitou účinností. Zatímco snižování emisí skleníkových plynů i jejich odčerpávání a ukládání se příznivě projeví až po dlouhé době, příčinou prodlevy mnoha desetiletí je dlouhá střední doba života skleníkových plynů v atmosféře, jež činí,

s výjimkou metanu, řádově sto let, opatření založená na geoinženýringu zafungují okamžitě.

Je tu však ještě další cesta, na niž jako by se v poslední době úplně zapomnělo, aspoň na nejvyšší úrovni politických reprezentací; vedle mitigace, tedy opatření na omezení změny klimatu jako takové, existují ještě adaptační opatření, jejichž podstatou je cílené přizpůsobení se probíhající změně klimatu. Ano, uznávám, těžko se na Maledivách přizpůsobit rostoucí hladině oceánu, ale v mnoha oblastech, myšleno ve významu geografickém i socio-ekonomickém, jsou adaptační opatření schůdná a efektivní, a tedy žádoucí.

Ještě se vrátím ke zmínce o nejasných negativních důsledcích geoinženýringu. Uvědomme si, že už v současnosti jsou k řešení reálných problémů se zesilujícím skleníkovým efektem přijímána i z principu špatná opatření, jako v případě podpory biopaliv první generace, nebo jsou opatření špatně implementována (specificky česká cesta podpory solární energetiky). V této souvislosti se ptám: „Jsme si jisti tím, že jsou dramatické redukce emisí, požadované pařížskou úmluvou, prosty negativních důsledků?“ Nevím, zda se někdo zabývá tím, nakolik tyto redukce ovlivní ekonomiku, konkurenceschopnost států, jež své závazky budou skutečně naplňovat nebo jak na to všechno nakonec odpoví společnost. Budou opatření vyvolaná redukcemi emisí pro společnost schůdná? Nebudou představovat příliš velký zásah do osobnostních práv, do ekonomické úrovně celých společenských vrstev? Nepovedou tato opatření ve svém důsledku ke zchudnutí velké části společnosti, a tedy k společenským bouřím, k nepokojům, či dokonce revolucím? Skousli jsme žárovky, koušeme a, podle politických preferencí to vypadá, že nakonec i skousneme řepku; skousneme i nárůst životních nákladů vyvolaný mj. zvýšenými ekologickými nároky na vše a zdražením dopravy všeho, skousneme omezení naší mobility?

Před deseti lety jsem článek o změně klimatu v MF Dnes, vůči němuž se později vymezoval tehdejší prezident Václav Klaus, zakončil v odlehčeném duchu: „Neučte děti lyžovat. Kupte jim raději plavky.“

Doba se změnila, dnes svou úvahu zakončím pesimisticky. Jak je snad z mého textu cítit, mám obavy. Obavy o hodnotu, již jsem ve svém textu zatím explicitně nepojmenoval, nicméně jeho velkou částí prostupuje. Bojím se o naši svobodu. Změna klimatu může, jako velmi vítaná záminka, pro její omezení úspěšně posloužit.

Prof. RNDr. Milan Lapin, Ph.D.

(Fakulta Matematiky, fyziky a informatiky, Univerzita Komenského, Bratislava)

S premenlivostí počasí sa stretávame takmer každý deň, je pre náš región typická. Pozorujeme ale aj pomerne veľké odchýlky denných až ročných klimatických charakteristík od dlhodobého priemeru. Ak ide o trend týchto zmien trvajúci viac ako 30 rokov, tak hovoríme o klimatických zmenách, ktoré sú v našom regióne ovplyvnené viacerými faktormi. Predovšetkým je to prirodzená premenlivosť atmosférickej cirkulácie, čo spôsobuje aj veľký rozptyl mesačných hodnôt týchto prvkov v časovom rade viacerých rokov. Zmeny atmosférickej cirkulácie a aj iných prírodných faktorov môžu zapríčiniť aj to, že sa odlišujú za sebou nasledujúce 30-ročné charakteristiky klimatických prvkov. Dôležité sú ale aj výrazné krátkodobé výkyvy, ktoré môžu značne ovplyvniť subjektívne vnímanie premenlivosti počasí a zmien klímy. Tieto zmeny nazývame prirodzenými klimatickými zmenami, ktoré dosahovali pri 30-ročných priemeroch teploty vzduchu u nás len pár desiatín °C za 100 rokov a zväčša len do 10 % pri úhrnoch zrážok v celej dobe meraní (asi 300 rokov). Klimatológovia musia vhodným spôsobom interpretovať takto zistené odchýlky pri poskyto-

vaní informácií užívateľom. Dôležitá je ale overená kvalita vstupných údajov.

V 18. storočí začala priemyselná revolúcia, ktorá zásadným spôsobom ovplyvnila zasahovanie človeka do klimatického systému Zeme. Jednak umožnila zvýšenie životnej úrovne, čoho výsledkom bol rýchly rast počtu obyvateľov, na druhej strane umožnila intenzívnejšie využívanie zdrojov nerastných surovín a energie. Priemyselná revolúcia sa postupne rozšírila na celý svet. Dôsledkom týchto aktivít človeka na Zemi bola aj rozsiahla emisia skleníkových plynov do atmosféry, predovšetkým CO₂ z fosílnych zdrojov, emisia aerosólov a škodlivých látok do prostredia, veľké zmeny vo využívaní krajiny (odlesňovanie, zavlažovanie, odvodňovanie, urbanizácia...). To spôsobilo zmenu radiačnej a energetickej bilancie zemského povrchu a atmosféry tak, že sa od polovice 19. storočia globálne oteplilo asi o 1,0 °C, v strednej Európe o 2,0 °C a v Arktíde až o 3,0 °C. Sú evidentné náznaky, že také rýchle otepľovanie klímy už mení aj všeobecnú cirkuláciu atmosféry Zeme a posúva klimatické pásma. Tieto zmeny spôsobené činnosťou človeka nazývame „klimatická zmena“, sú predmetom rozsiahleho výskumu už najmenej 40 rokov.

Je isté, že zasahovanie človeka do klimatického systému Zeme neprestane ani v budúcich desaťročiach, a tak globálna teplota vzduchu, ako aj regionálne priemery teploty vzduchu sa budú ďalej zvyšovať, pričom u nás sa do roku 2100 pravdepodobne oteplí o ďalšie asi 3,0 °C. Oveľa väčšie oteplenie sa očakáva v Arktíde, stredný odhad je okolo 7,0 °C. Otepľovanie klímy v dôsledku klimatickej zmeny ale neprinesie kontinuálny rast mesačných a ročných priemerov teploty vzduchu. Tak ako doteraz sa budú vyskytovať aj prirodzené zmeny klímy a prirodzená premenlivosť počasí. Odchýlky spôsobené „klimatickou zmenou“ sú už teraz evidentne podstatne väčšie ako prirodzené klimatické zmeny za rovnaký časový úsek. Jednou z úloh pre klimatológov je korektná identifikácia klimatickej zmeny a jej kvantitatívne odlišenie od prirodzených zmien klímy.

Popri týchto dôsledkoch zmeny klímy pozorujeme ich vplyv aj v prírodnom prostredí, sociálnych a ekonomických sektoroch. Asi najmarkantnejší je dôsledok na rozsah letného morského ľadu v Arktíde, ktorý sa znížil na menej ako polovicu zo stavu pred 50 až 100 rokmi, rozširujú sa púšte, častejšie je výskyt lesných požiarov, ničivých povodní, suchých a horúcich období. Na viacerých miestach na Zemi sa natoľko zhoršili podmienky poľnohospodárstva a dostupnosti pitnej vody, že sa ľudia musia sťahovať inde. Je to dosť náročné, lebo na Zemi už žije takmer 7,5 miliardy ľudí, v roku 1950 to boli len 2,5 miliardy.

Aj to bolo dôvodom, že sa svetové spoločenstvo rozhodlo pod patronátom OSN na klimatickom summite v Paríži v decembri 2015 prijať razantné opatrenia na spomalenie klimatickej zmeny, predovšetkým redukciami emisie skleníkových plynov. Už ratifikovaný záväzok lídrov a parlamentov potrebného počtu krajín zahŕňa opatrenia, ktoré by mali spomaliť zmenu klímy tak, aby sa globálne neoteplilo viac ako o 2,0 °C v porovnaní s priemerom 19. storočia. Niektoré krajiny to vidia ešte optimistickšie a navrhujú spomaliť otepľovanie klímy na 1,5 °C od polovice 19. storočia. Neboli ale prijaté žiadne konkrétne sankcie za neplnenie záväzkov, očakávajú sa dobrovoľné kroky zo strany jednotlivých krajín.

Aká je úloha klimatológie a klimatológov v tomto procese? Ide predovšetkým o korektnú vedeckú analýzu doterajšieho stavu a možných zmien klímy v budúcnosti na strane jednej a o kvalifikované vysvetľovanie súvisiacich problémov politikom a verejnosti na strane druhej. Politici, ale aj viacerí odborníci, sú zvyknutí občas používať neadekvátne hodnotenia aj v prípade iných stavov a procesov tak, ako im to v danom okamihu vyhovuje. Tým vnášajú aj do problematiky zmien a zmeny klímy určitú nedôveru.

Ako príklad môžeme uviesť podmienky prijatia tzv. Parížskej dohody. V tom čase a aj v čase následnej ratifikácie neboli dobre známe niektoré dôležité skutočnosti. Stav je taký, že globálny priemer teploty v rokoch 2015 a 2016 bol už o viac ako 1,0 °C vyšší v porovnaní s priemerom okolo roku 1850, v chladnom polroku 2016/2017 bola výrazne rekordne nízka rozloha zimného morského ľadu v Arktíde, napriek skončeniu epizódy El Niño v máji 2016 zostala globálna teplota stále blízko dlhodobých rekordov, rast koncentrácie CO₂ v atmosfére zaznamenal rekordné medzi-ročné zvýšenie a. i. Najdôležitejšou udalosťou bolo ale zvolenie D. Trumpa za prezidenta USA, ktorý už vo volebnej kampani avizoval, že záväzky z Parížskej dohody USA nebudú plniť, ak sa stane prezidentom. Je totiž jedným z najvplyvnejších predstaviteľov „skeptikov klimatickej zmeny spôsobenej ľudskou činnosťou“.

Teraz stojí pred klimatológmi závažná úloha. Popri bežnej klimatologickej praxi, akou je poskytovanie relevantných odborných informácií užívateľom a vedecká analýza klimatických pomerov, bude potrebné dostatočne presvedčivo informovať aj politikov a laickú verejnosť o dôležitosti opatrení na spomalenie klimatickej zmeny. Dá sa totiž očakávať, že ak USA odstúpia od Parížskej dohody, tak podobný krok urobia aj iné významné krajiny a záväzok globálneho oteplenia maximálne o 2,0 °C sa do roku 2100 nenaplní, bude to skôr o 2,5 až 3,5 °C. Samozrejme, s tým bude súvisieť aj rad negatívnych dôsledkov najmä v Arktíde a v rozvojových krajinách. Po určitom čase bude potrebné prijať novú celosvetovú dohodu o opatreniach na spomalenie klimatickej zmeny. Možno ale už bude neskoro, a prekročí sa horizont nevratnej zmeny klímy v dohľadnom čase.

RNDr. Ladislav Metelka, Ph.D.

(Solární a ozonová observatoř, Český hydrometeorologický ústav, Hradec Králové)

Podnebí vždy bylo a vždy bude jedním ze základních faktorů ovlivňujících lidský život. Tím více to ale platí v obdobích, kdy se klima poměrně výrazně mění. Nejen člověk jako biologický druh, ale i lidstvo jako takové, s veškerými technologiemi a sociálně-ekonomickými vazbami, mají své adaptační limity. Pokud je rychlost změn, vzhledem k těmto limitům, příliš velká, znamená to problém.

Lidstvo se dlouhou dobu vyvíjelo v poměrně stabilním klimatu a tomu se poměrně dobře přizpůsobilo. Stále však vidíme, že jakákoliv větší odchylka vývoje atmosféry od „normálu“ přináší problémy. Platí to i o krátkodobých odchylkách způsobených variabilitou počasí (např. povodně, sucha, horké vlny). Z historie, i nedávné, víme, že i jednotlivé krátké epizody tohoto druhu dokážou způsobit poměrně velké problémy. Daleko větší riziko ovšem představují situace, kdy by takovéto výrazné odchylky od dosavadních „normálů“ byly poměrně četné, dlouhé a intenzivní. Tam už by nešlo o občasné škody, ale o soustavné nepříznivé působení klimatických faktorů na člověka i přírodu. To má samozřejmě dlouhodobě větší a zpravidla nepříznivý efekt.

Domnívám se, že jedním z hlavních úkolů klimatologie a klimatologů je a bude upozorňovat právě na takováto rizika. Klimatologie ale nemůže sama obsáhnout celou škálu možných dopadů klimatických změn. V tom musí úzce spolupracovat s odborníky z dalších oborů (zemědělství, lesnictví, hydrologie, vodní hospodářství, ale i medicína, botanika, zoologie, ekonomie a mnoho dalších). Různé systémy, biologické, ekonomické apod., mají různé možnosti a schopnosti adaptace, a podle toho je třeba k nim přistupovat. Navíc je řada z nich i vzájemně provázaných. Klimatologové tady mají důležitou a nezastupitelnou roli – dodávat pro takové analýzy zásadní vstupy, tedy informace o možných scénářích vývoje klimatu.

Kromě toho je tu stále jedna zásadní otázka: do jaké míry je optimálním řešením mitigace (snížování emisí skleníkových plynů) a do jaké míry adaptace (přizpůsobování se měnícím se podmínkám). Je celkem jasné, že žádný z těchto přístupů sám o sobě není řešením, bude třeba zkombinovat oba přístupy tak, aby bylo možné s vynaložením co nejmenších prostředků dosáhnout co největšího efektu. Ale v jakém poměru je zkombinovat? Na tuto otázku dnes není jasná odpověď.

Samostatnou kapitolou je pozice klimatologie v současné veřejné debatě o celém problému. Ta debata, bohužel, někdy vypadá spíše jako souboj dvou ideologií. Na jedné straně klimaalarmistická ideologie (jsou třeba tvrdá opatření, ať to stojí, co to stojí, a to ihned, zítra bude pozdě), na druhé straně ideologie tzv. klimaskeptická (nic se neděje, pokud ano, nemůže za to člověk a stejně se s tím nedá nic dělat nebo by to bylo moc drahé). Obě tyto ideologie především jasně ukazují platnost jednoho z Murphyho zákonů: „Na každou složitou otázku existuje jasná, srozumitelná, stručná, nesprávná odpověď“. Realita je totiž daleko složitější, než jak to vypadá v podání těchto ideologií, a právě tu realitu studuje klimatologie. Je pro ni ale velice těžké seznamovat veřejnost s poměrně komplikovanými, často pravděpodobnostními výstupy, scénáři a podobně. Rozhodně těžší než v případě jednoduchých až schematických závěrů klimaalarmistů nebo klimaskeptiků. V tom bude mít odborná klimatologie vždy těžší roli než jakékoli ideologie. Přesto věřím, že zůstane na čistě odborných pozicích a že v budoucnosti bude její význam i ve veřejné debatě ještě narůstat.

Prof. RNDr. Bedřich Moldan, CSc.

(Centrum pro otázky životního prostředí, Univerzita Karlova, Praha)

Podnebí se svou hlavní charakteristikou, kterou je teplota, od samého vzniku planety Země zásadním způsobem ovlivňovalo rozvoj života. Nejinak tomu bylo i v posledních geologických obdobích, z nichž předposlední byl přibližně dva miliony let trvající pleistocén, s ledovými dobami a rychlými a zároveň zcela zásadními změnami podnebí, až do svého konce před 10 700 lety, kdy toto nestabilní období skončilo a nastal současný holocén. Ten se vyznačuje v protikladu k minulému období výraznou stabilitou a klimatem v průměru teplejším a velmi příznivým pro rozvoj života a zvláště člověka. Lidé, kteří obývali celou planetu (s výjimkou Antarktidy) již před nástupem holocénu, využili přírodu teplého a stabilního klimatu ke svému rozvoji do té doby nevídanému. Během několika málo prvních tisíciletí nového období dokázali přejít od lovu a sběru k výkonnějšímu zemědělství. Stalo se tak v celé řadě různých míst na světě, z nichž nejznámější jsou oblasti Středního Východu (především pšenice), východní Asie (rýže) a Jižní Ameriky (kukuřice). Nové klimatické podmínky nebyly samy o sobě příčinou zavedení zemědělství. Tou byla lidská tvořivost, ale rozhodně příznivé podnebí byla okolnost, bez které by tento přechod nebyl možný. Díky novému mnohem produktivnějšímu způsobu obživy mohli lidé vytvářet velká a stabilní sídliště. Zde se postupně vytvořila nová společenská struktura, jež umožnila postupný, ale poměrně rychlý rozvoj po technické stránce a co do společenského uspořádání. V období předchozím, s prudce kolísajícím klimatem, jež ovlivňovalo objem dostupných a stále se měnících přírodních zdrojů, nic takového nebylo možné.

V současném období změny klimatu však musíme počítat s tím, že éra příznivého a stabilního podnebí do velké míry končí. Zřejmě nastává čas poměrně rychlého oteplování, s rozdíly v různých částech světa, rychle se zvyšující hladiny oceánu, rostoucí frekvence i intenzity mimořádných událostí a mnoha zásadních změn v hydrosféře i v oblasti živé přírody. Autoritativní a vyčerpávající zprávy o podnebí a jeho současné změně přináší zprá-

vy IPCC, avšak ukazuje se, že vývoj podnebí v posledních nejen letech, ale i měsících, předbíhá veškerá pozorování a zprávy klimatologů. Světová meteorologická organizace ve své poslední zprávě o stavu globálního klimatu z března r. 2017 uvádí: Rok 2016 byl vůbec nejteplejším rokem za celou dobu moderního sledování klimatu, byl teplejší o 1,1 °C ve srovnání s předindustriálním obdobím. Hladina globálního oceánu stoupala rychleji, než se donedávna předpokládalo, přičemž mořská voda se otepluje a acidifikuje. V důsledku tání ledovců a teplotní expanze se hladina moří zvýšila o 20 cm ve srovnání se začátkem 20. století. Tyto změny měly neblahý vliv na mořskou biologickou rozmanitost, trpí zejména korálové útesy, ale i mnoho druhů ryb a dalších mořských živočichů. Bylo zaznamenáno mnoho extrémních událostí s mnohočetnými následky, na řadě míst na světě se například vyskytla katastrofální sucha. Není pochyb o tom, že změna klimatu je způsobena rostoucím obsahem skleníkových plynů v atmosféře. V roce 2015 dosáhla koncentrace oxidu uhličitého 144 %, metanu 256 % a oxidu dusného 121 % ve srovnání s předindustriálními hodnotami. Život lidí v mnoha oblastech je negativně ovlivněn neúrodou, čtenějšími katastrofálními záplavami, ničivými bouřemi. Způsobilo to migraci stovek tisíc lidí zejména v Africe, ale i v Asii a Jižní Americe. Zvyšující se objem migrace v Asii, Americe a ovšem i do Evropy je způsoben nejen politickou nestabilitou, válkami, násilím, ale mezi jeho kořeny patří i rostoucí míře i důsledky změny klimatu. Do blízké a pravděpodobně i vzdálenější budoucnosti nemůžeme očekávat nic jiného než pokračování a spíše prohlubování současných trendů.

Pařížskou dohodou uzavřenou v roce 2015 se státy zavázaly učinit taková opatření, aby teplota v globálním průměru společně zůstala maximálně (*well below*) o dva °C vyšší ve srovnání s předindustriálním obdobím (okolo roku 1900). Teprve nejbližší léta ukáží, do jaké míry se závazek podaří splnit. V každém případě je tento cíl extrémně náročný a bude vyžadovat podstatné změny v oblasti energetiky v globálním měřítku. Nepůjde to bez plné podpory široké veřejnosti. Pokud lidé nevezmou na vědomí akutní potřebu zásadní transformace celé ekonomiky v důsledku změny klimatu a nezasadí se sami o ni, nemůže se uskutečnit.

Aby se mohli s celou situací vyrovnat, rozhodně jim v tom musí podstatně pomoci klimatologové. Je to nárok, který je velký a mimořádný. Bez spolehlivých informací založených na objektivních poznatcích si veřejnost novou situaci uvědomit nemůže. Přitom nejde jen o zaručená fakta vědecky korektně interpretovaná, ale i o účinný způsob komunikace, který bere na vědomí způsob uvažování a úroveň znalostí veřejnosti, na kterou se obracíme. Zároveň je nutno vzít na vědomí, že žádná komunikace není jen jednosměrná, ale že vždy jde o nějakou formu dialogu. Je zřejmé, že rychle pokračující změna klimatu dnes klade na klimatologů nové, mimořádně náročné a nečekané požadavky.

RNDr. Jan Pretel, CSc.

(Český hydrometeorologický ústav, Praha)

Podnebí či klima je ve své podstatě souhrnem postupného střídání všech stavů atmosféry vyskytujících se v daném místě během dostatečně dlouhého období. Vezmeme-li přitom v úvahu, že zmíněné střídání je důsledkem nepřetržitě probíhajících klimatotvorných procesů, pak je zcela evidentní, že podnebí život člověka vždy ovlivňovalo a zcela jistě tomu nebude jinak ani v budoucnosti.

Význam budoucích vlivů klimatu navíc podtrhuje i to, že kromě astronomických, radiačních, cirkulačních a geografických klimatotvorných faktorů, které se na tvorbě podnebí podílely již v dávné či pradávce minulosti, se zejména v posledním století do změn stále intenzivněji zapojují i faktory antropogenní. Člověk

totož řadou svých aktivit klima zpětně ovlivňuje. Relativně nově vstupující faktory jsou bohužel až příliš často primárně spojovány s nárůsty koncentrací skleníkových plynů či atmosférických aerosolů. Mnohdy se ale opomíjí, že člověk stále výrazněji ovlivňuje i charakter aktivního povrchu, což následně působí zejména na radiační, ale i cirkulační klimatotvorné faktory, které na klima daného místa či regionu velmi významně působí.

Z hlediska dopadů klimatu na život člověka je třeba vždy vycházet ze znalosti klimatických poměrů v mezní vrstvě atmosféry, tj. ve vrstvě troposféry, která k aktivnímu povrchu Země bezprostředně přiléhá. Právě v této vrstvě se důsledky projevují nejvýrazněji a člověk na projevy změn obvykle přirozeným způsobem fyziologicky reaguje. Reakce jsou většinou dost individuální, neboť člověk se vyznačuje schopností se nejrůznějšími typům podnebí přizpůsobovat. Méně odolný ale bývá vůči zásadním a hlavně rychlým změnám vnějších meteorologických podmínek, zejména teploty, vlhkosti, větru, slunečního záření či znečištění ovzduší. Obvykle se to projevuje na jeho pohodě a v řadě případů i na jeho zdraví.

Pro prosperitu lidské společnosti jako celku jsou však určité daleko podstatnější dopady na celou řadu tzv. sektorových aktivit, které se však budou region od regionu měnit. V našich podmínkách se jedná obvykle o vodní hospodářství a zemědělství, dále ale i o lesní hospodářství, dopravu, průmysl, energetiku či cestovní ruch. A jelikož je nesporné, že klima nemá a nikdy ani nemělo stacionární charakter, tak nelze pochybovat o tom, že život člověka bude ovlivňovat i v budoucnu.

Současná role klimatologie a klimatologů se odvíjí od podstaty klimatologie, tedy oboru studujícího dlouhodobé aspekty a celkové účinky meteorologických procesů probíhajících na Zemi. Klimatologem je pak pracovník kvalifikovaný pro práci v klimatologii – tolik z definice Meteorologického slovníku ČMeS z roku 2017.

Osobně si bohužel myslím, že široká laická veřejnost práci klimatologa až příliš často spojuje s procházením historických meteorologických dat, aby se prostřednictvím médií mohla dozvědět, jestli ten či onen den byl k danému okamžiku nejteplejší nebo nejstudenější za posledních x let. To je pro praktický život skutečně „nesmírně významná informace“, se kterou před časem začala bulvární média, ale dnes tyto praktiky přejala i média veřejnoprávní. Dobře si ještě pamatuji, že v době, kdy jsem se aktivně a z různého pohledu zabýval globálními změnami klimatu, tak novináři o klimatologii měli zájem především tehdy, kdy by informace mohla vést k nějaké krajnosti, nejlépe dokonce ke katastrofě – popis skutečného stavu místního či regionálního klimatu přý veřejnost až tolik nezajímá.

Ale trochu vážněji. Naši nejvýznamnější klimatologové uplynulého století (St. Hanzlík, Al. Gregor, M. Nosek, Fr. Rein, L. Coufal) po sobě u nás obor zanechali na dosti vysoké úrovni. Vychovali i řadu velmi dobrých odborníků, kteří v jejich činnosti úspěšně pokračují. Třeba Atlas podnebí Česka z roku 2007 je toho dobrým důkazem, zvláště když je stále naděje, že by mohlo vbrzku dojít k jeho aktualizaci i v interaktivní verzi. Nová generace klimatologů se stále více zaměřuje na regionální analýzy, na modelové odhady pravděpodobného výhledu klimatu, a zejména na potřeby současné praxe.

Jak už bylo řečeno, v posledních desetiletích se klima poměrně rychle mění a život člověka bude počasněji, a tedy i klimatem, ovlivňován stále více a více. V budoucnu lze očekávat větší extrému počasí, výraznější proměnlivost zejména teplotního a srážkového režimu a obecně častější výskyt mimořádných povětrnostních jevů. To vše bude mít nepochybně dopady na řadu ekonomických aktivit společnosti. Proto jsem přesvědčen, že profese

klimatologa bude stále více žádaná a že na ni budou kladeny zcela nové nároky – pravděpodobně i takové, o kterých se zmíněným nestorům naší klimatologie možná ani nezdálo.

V souvislosti s přijetím Adaptační strategie přizpůsobení se změně klimatu v ČR (2015) a navazujícího Národního akčního plánu adaptace (2017) lze předpokládat, že řada nových a zcela konkrétních požadavků na spolupráci by mohla přicházet třeba od vodohospodářů, zemědělců, energetiků či dopravních expertů. Zvýšený zájem o spolupráci se určitě projeví i od pracovníků zajišťujících provoz Integrovaného záchranného systému, stejně jako od developerských společností či z oblasti cestovního ruchu. Očekávám mnohem vyšší zájem o kvalitní regionální či lokální analýzy (i projekce) klimatu než o analýzy globální povahy. Sledujeme-li v posledních dvou či třech letech externí požadavky na spolupráci tohoto typu, pak si myslím, že tato očekávání budou hodně reálná. A právě proto je třeba se na nové potřeby klimatologie v ČHMÚ s předstihem personálně, ale i technicky skutečně připravit.

RNDr. Ing. Jaroslav Rožnovský, CSc.

(Oddělení meteorologie a klimatologie, Český hydrometeorologický ústav, Brno)

Odpověď na otázku „Jak ovlivňuje a v dalších desetiletích bude ovlivňovat podnebí život člověka?“, je na první pohled vcelku jednoduchá. Jsme stále plně závislí na projevech podnebí přesto, že významně měníme krajinu, způsob života apod. S úsměvem občas připomínáme zprofanované „poručíme větru, dešti“, ale chováme se, jako bychom to dokázali. Přitom jsme závislí na relativně malých změnách teploty vzduchu, kdy poklesy několik stupňů pod nulou ničí úrodu, vyšší poklesy způsobují technické problémy. Podobně působí i teplota vysoká, dochází k výskytům sucha, kdy na mnoha místech na našem území se projevuje nedostatek vody apod. Změňující se množství sněhu řešíme výrobou umělého pro lyžování a problém je takřka vyřešen. Přestože se stále více komunikuje o změnách klimatu, není vlivům podnebí na člověka věnována dostatečná pozornost. Neuvědomujeme si zcela zdanlivý paradox, že rozvoj techniky, naše závislost na elektřině apod. vliv podnebí na náš život zvyšuje. Musíme si uvědomovat, že změny, a tím i dopady podnebí podléhají tzv. ekologické setrvačnosti. Proto mnohé dopady nemůžeme dobře odhadnout.

V učebnicích bioklimatologie, ekologie a biologie najdeme podrobné popisy vlivu podnebí na krajinu a na organizmy, včetně člověka. Ale v rozhodovacích procesech, v politických řešeních se jedná spíše jen o proklamace. Zapomínáme většinou, že přes významnou změnu v životních podmínkách lidí (dominantně rozvoj měst, dopravy, zdravotnictví apod.) je existence lidstva stále závislá na přírodních poměrech. Nejde o polemizování s formulací položené otázky, ale vliv podnebí na člověka je možné vidět v úzkém pojetí, v přímé vazbě z pohledu humánní meteorologie, a potom v celém komplexním působení prostředí. Právě vliv podnebí v komplexním pojetí je rozhodujícím v dopadech na lidstvo. Umožní najít vhodná řešení pro hospodářskou činnost, zásahy do krajiny a hlavně zemědělství a lesnictví. Je škoda, že je nutné uvádět budoucí čas, přitom bychom měli velmi rychle jednat již nyní.

Nejen člověk, ale veškeré organizmy mohou existovat v podstatě v úzkém teplotním rozmezí. Ovšem rostoucí variabilita podnebí bude přinášet častěji výskyt extrémních hodnot, z hlediska teploty hlavně hodnoty vyšší. Tyto jsou však pro lidské tělo již zatěžující, případně až ohrožující. V širším pojetí stále nedostatečně vnímáme, že rostoucí teplota ovlivňuje celý proces tvorby klimatu. Výskyt sucha v posledních letech jsou stále převážně zdůvodňovány nízkými úhrny srážek, ale většinou již nejsou uváděny důvody, proč je sucho tak intenzivní. Většinou zůstává opomíjena

naše činnost v krajině. Podle našich výsledků se snižuje vlhkost půdy v průběhu roku, protože infiltrační kapacita zemědělských půd za několik posledních desetiletí klesla o 30 %, přitom tyto představují největší záchytnou plochu pro srážky. Přestože tato skutečnost je známá, není v dohledu řešení. Podobně je rozsáhlá diskuse k měnícím se intenzitám srážek a výpočtu jejich erozní účinnosti, ale velmi těžce se prosazují protierozní opatření v hospodaření s půdou.

V analýze ovlivnění člověka podnebí je zatím mnoho neznámého. Stručně je tedy možné uvést, že vlivy podnebí budou v příštích desetiletích postihovat celé spektrum lidských činností. Bohužel většina z nich bude mít negativní dopady. Nakolik se uplatní, bude záležet na rychlosti, s jakou si význam klimatu a dopady naší činnosti uvědomíme a začneme provádět vhodná adaptační opatření. Určitě budeme v nejbližších letech řešit zajištění dostatku vody v celém spektru lidských aktivit.

Jaká je a bude role klimatologie a klimatologů? Jednoznačně nezastupitelná. Nikdo jiný, než klimatologové, či v širším pojetí meteorologové, nemohou podat potřebné kvalitní údaje. Jistěže podle oborů ve spolupráci s ostatními odborníky. Poznatky o podnebí a hlavně jeho dalším vývoji budou záviset na dostupných prostředcích pro výzkum, nové metody monitoringu, zajištění vysoké odbornosti samotných klimatologů. Tím bude dáno jak rychle a v jakém rozsahu se role klimatologie i klimatologů projeví.

Role klimatologie spočívá v poskytnutí co nejrozsáhlejších poznatků o podnebí, hlavně jeho vývoji a možnostech uplatnění v co nejkratším čase. Ovšem naplnění této role je dáno možnostmi a schopnostmi klimatologů. Ti musí rozvíjet dva základní cíle. Protože jsou překvapivě stále vlivné skupiny odpůrců současných poznatků klimatologů, kladu na první místo nutnost zlepšit poznání naší společnosti o podnebí, jeho proměnlivosti a vývoji. Na druhé potom zrychlit a prohloubit dosavadní rozvoj klimatologie, tedy meteorologie jako celku.

Je nutné zvětšit naše aktivity v informační oblasti na všech úrovních, stále ji necháváme hodně volnou pro různé „odborníky“. Tito mnohdy i v dobrém úmyslu způsobují, že v naší republice nejsou poznatky o vývoji podnebí přijímány kladně. Potvrzuje se zde vliv médií, kde mají větší prostor právě kritické potřebných adaptačních opatření, studií o dopadech změn podnebí apod. Jak mám ověřeno u studentů, přehánění, katastrofické scénáře bez potřebného zdůvodnění a analýz vyvolávají v celku pochybnosti o závažnosti problému, mnohdy vůbec o tom, že podnebí nás významně ovlivňuje. Přesvědčení celé společnosti o potřebnosti a nezastupitelnosti poznatků klimatologie je jediná cesta, jak zajistit další rozvoj celé meteorologie.

Rozvoj klimatologie je propojen s rozvojem meteorologie, kde jsou získávána data pro klimatologické zpracování. Za důležitou oblast rozvoje považují proto měření meteorologických prvků a jejich vyhodnocení v celém rozsahu, tedy kontrolou dat počínaje. Nejde jen o uplatnění nejnovějších technologií měření, které zatím není dostatečné, ale rozšíření typů měřicích sítí. Např. standardní meteorologické stanice nemohou dát kvalitní podklady k hodnocení městského klimatu. Přitom na jeho výzkum jdou nemalé částky, a přesto není vždy jasné, jak byla data naměřena. Toto platí i o mnoha prováděných měřeních, kde nejsou splněny základní podmínky meteorologických měření a jejich vyhodnocování. V tomto pohledu je v zájmu samotných klimatologů, aby na tyto nedostatky poukazovali. Pojem „změna či změny klimatu“ je často uváděn jen proto, aby studie či návrh projektu splnil daný program. V mnoha projektech jsou uváděna meteorologická data, která díky nekvalifikovanému přístupu spíše matou, a jsou i příčinou pro nesprávné závěry.

Je nutné uznat, že je významný pokrok v přístupu vlády a ministerstev. Bylo vydáno několik významných materiálů, kde se uplatnil vliv klimatologů. Jejich role však bude v dalších letech stále náročnější, protože musí zajistit co nejrozsáhlejší poznatky a najít pro ně uplatnění. Přesvědčit lidi, že je to v jejich zájmu, že znalosti o podnebí jsou nutné pro jejich život. Připomínám, že vše řečené je provázáno s činností Českého hydrometeorologického ústavu, je to tedy i jeho role.

RNDr. Radim Tolasz, Ph.D.

(Oddělení klimatické změny, Český hydrometeorologický ústav, Praha)

Začalo jaro, v kalendáři je 19. březen 2050. Přes den dosahuje v Česku teplota obvyklých 20 °C, na horách se drží kolem 10 °C. Noční minima klesají jen v tzv. mrazových kotlinách pod 5 °C, poslední mráz byl v polovině února. V dalších týdnech očekáváme rychlý vzestup denní teploty a srážkově podnormální období. Naštěstí už mají všechny zemědělsky využívané pozemky podpovrchové zavlažování a dodávky odsolené mořské vody jsou dostatečně vydatné. Po šesti extrémně horkých letech (maxima až 47 °C) aktuální střednědobé výhledy ukazují, že se letošní letní teplota udrží pod 45 °C a ne všechny letní dny budou tropické.

Takto by mohlo už za pár let vypadat jarní zamyšlení meteorologa. A jak vypadá jarní zamyšlení klimatologa v roce 2017? Člověk si ještě pořád myslí, že je na planetě pánem, že si umí s počasím i podnebím poradit. Je to zvláštní, protože časté extrémní situace z posledních 20 let i nám ve střední Evropě ukázaly, že jsme na počasí stále hodně závislí. My, co jsme navštěvovali základní školu v 70. letech 20. století, si pamatujeme, že extrémní počasí bývalo jen v Bangladéši, v Africe nebo v Karibiku. Jistě, byla mediálně jiná doba a spousta informací se k nám nedostala. Při pohledu do klimatologické databáze však mohou potvrdit, že 20. století bylo meteorologicky a klimatologicky stoletím klidným. Samozřejmě že najdeme extrémní i nebezpečné situace – sněhový příval na Valašsku v březnu 1958, sucho na konci 40. let, vícedenní extrémní srážky v červenci 1903 nebo v srpnu 1972, skoro horká vlna v červenci 1957, vichřice v říjnu 1974 nebo v lednu 1967 a mnoho dalších. Ale jednotlivé situace se vyskytovaly izolovaně, zpravidla na malém území a po delší časové přestávce. Dnes je situace odlišná. Zhruba od roku 1997 najdeme každoročně na území Česka nějakou nebezpečnou situaci spojenou s počasím a jistě si všichni pamatujeme neuvěřitelný rok 2013, kdy jsme zaznamenali sněhový příval v březnu, povodně v květnu, horkou vlnu v srpnu a vichřici v prosinci. Vzpomínáte na červenec 1997, když jsme byli všichni překvapeni rozsahem „moravských“ povodní? Dnes už považujeme extrémy za normální.

Člověk je a jistě i v budoucnu bude na podnebí životně závislý. Můžeme se utěšovat, že technologický pokrok nám umožní produkci potravin nezávisle na kvalitě půdy a dostatku půdní vláhy. Můžeme se utěšovat, že budeme celý den uzavřeni v budovách a přesunovat se z místa na místo potrubní poštou (tzv. hyperloop). Můžeme se utěšovat, že extrémy počasí budou pro nás „tam někde venku daleko“, jako dříve byly v Bangladéši. Ale opravdu to chceme a bude nám to stačit?

Klimatologové se už desítky let snaží přesvědčit veřejnost, že klima je a bude problém. Problém, který jsme si způsobili sami hlavně tím, že vypouštíme do atmosféry tzv. skleníkové plyny a posilujeme tak, pro zemskou atmosféru zcela přirozený, skleníkový efekt. Více skleníkových plynů logicky znamená vyšší teplotu atmosféry. Pokud voláme po snižování emisí skleníkových plynů, po vývoji a používání bezemisních technologií, po úsporách spotřebované energie, jsme napadáni, že chceme „poroučet vět-

ru dešti“. Naopak, lidstvo „poroučí větru dešti“ tím, že za 200 let zvýšilo koncentraci například jen CO₂ o 40 % nebo CH₄ o 140 % a ročně přidává do atmosféry neuvěřitelných 50 Gt CO₂ eqv¹⁾. Svět dnes diskutuje o tom, jak snížit emise, abychom pomohli klimatu. V Česku diskutujeme, jestli vůbec se otepluje a pokud ano, jestli je možné z toho vinit člověka a pokud ano, tak jestli je člověk zodpovědný za 30, 50, nebo 90 %. Svět dnes spojuje spalování fosilních paliv nejen s produkcí skleníkových plynů, ale i s bezprostředními dopady na zdraví obyvatelstva. U nás se divíme, že máme v době špatných rozptylových podmínek smogové situace a bráníme se aktivnímu snižování emisí, který by po nás vyžadovala Pařížská dohoda. Poslanci se při ratifikačních diskuzích ptají, jestli to je nutné a jestli to nebude ekonomicky nevýhodné. Jako klimatolog s geografickým vzděláním musím jednoznačně sdělit, že to nutné je. A zcela nepěkně doplňuji, že člověk musí *minimalizovat svůj negativní vliv na přírodní prostředí*. Pokud se jedná o ekonomiku, tak tam nejsem expert a způsob, jak naši představitelé před časem vyřešili podporu obnovitelných zdrojů energie, považuji za odstrašující. Investice do technologií, vědy a výzkumu, vzdělávání a zdraví obyvatelstva se přece musí v dlouhodobém horizontu vyplatit i ekonomicky. A je věcí ekonomů, aby k tomu směřovali a o tom politiky přesvědčili.

Jak bychom tedy měli postupovat v následujících letech a desetiletích? Je potřebné upřesňovat výstupy klimatologů? Pokud si vedle sebe položíme všechny hodnotící zprávy Mezivládního panelu pro klimatickou změnu (IPCC) od FAR (First Assessment Report) z roku 1990 po AR5 (The Fifth Assessment Report) z roku 2014, tak můžeme konstatovat, že hovoří pořád stejným jazykem a „pouze“ zpřesňují své výstupy. Dalším zpřesněním bude AR6 v roce 2021. Je velkou otázkou, jestli si v této zprávě všichni pochybovači prohlédnou alespoň obrázky dříve, než ji začnou odsuzovat. Osobně o tom pochybuji, přesto si myslím, že je povinností klimatologů informovat veřejnost o problémech. Úkolem pro nás všechny však je změna způsobu, jakým o těchto problémech veřejnost informujeme. Obávám se, že „desetiletí strašení“ musí skončit. Mediální výstupy typu „klimatický systém se rozpadá“, „máme posledních 5 let se změnou klimatu něco udělat“ nebo „za čtyři roky bude Arktida bez ledu“ veřejnost ani politiky o ničem nepřesvědčí. Je třeba přinášet na veřejnost realistické a nikoliv zkratkovité výstupy a nezamlčovat nejistoty, které jsou s klimatickým modelováním spojeny. Dobrým příkladem může být „ozonová díra“. Expertům se podařilo přesvědčit veřejnost i politiky o nutnosti řešit tento problém. Problematika změny klimatu je složitější, ale je možné najít výhody bezemisní ekonomiky v úsporách energie (pokud nebude nižší spotřeba dražší tak, jako je tomu u dodávek vody), v menším zatížení životního prostředí, a hlavně si uvědomit, že se jedná o zdraví nás všech. Nebo si opravdu někdo myslí, že se dá od sebe oddělit smogové situace v Praze nebo na Ostravsku a emise ze spalování fosilních paliv?

Budoucnost klimatologie a klimatologů vidím ve dvou oblastech. Za prvé je nutno udržovat a rozvíjet měření základních klimatologických prvků a vylepšovat jejich zpracování, dostupnost a archivaci. Je téměř jisté, že bude stoupat důležitost projekcí klimatu a tlak na jejich větší přesnost. To nelze zajistit bez kvalitních a dostupných dat. A za druhé musíme zlepšit prezentaci výsledků tak, aby byly věcně správné a pochopitelné. Část výsledků přebírají experti z jiných oborů, kteří mají vysoké nároky na jejich odbornost, veřejnost a politici však potřebují hlavně srozumitelnost.

¹⁾ Poznámka redakce: Je to univerzální míra množství skleníkového plynu (oxid uhličitý, metan, oxid dusný), který má stejný účinek na klimatický systém jako by měl oxid uhličitý sám.

Prof. Ing. Zdeněk Žalud, Ph.D.

(Ústav agrosystémů a bioklimatologie, Mendelova univerzita, Brno;
Ústav výzkumu globální změny AV ČR, Brno)

Podíváme-li se na prostředí, ve kterém je možné vést plnohodnotný život, je pro něj typický atribut využití krajiny zemědělskou činností. Takové území je charakteristické dostatkem slunečního záření a srážek. Jsou to především klimatické podmínky, které vytváří prostředí pro osídlení, produkci potravin, spoluvytváří půdu a současně je jejich detailní znalost předpokladem udržitelnosti řízených ekosystémů.

V posledních desetiletích prudce narůstá počet obyvatel naší planety, kdy v průměru každých 12 let se počet lidí zvyšuje o jednu miliardu. Nejvyšší nárůst je zvláště v oblastech, kde je již prakticky všechna vhodná půda pro zemědělství využívána. Právě zabezpečení dostatku potravy je hlavní výzvou budoucnosti. I když je nanejvýš pravděpodobné, že na jedné straně dojde ke zmírnění populačního nárůstu, je současně jasné, že se zvýší nároky na nutriční hodnotu a skladbu potravin směrem k živočišným bílkovinám. A kolik naše planeta vlastně uživí svých obyvatel? Odpověď závisí na tom, jak se budou lidé chovat k sobě a k přírodě. V případě dobře komunikující a spolupracující lidské populace, bez válečných konfliktů ať již o nerostné zdroje, sporná území či o vodu, to může být číslo přesahující 40 mld. Každopádně podle propočtů Světové banky bude k plnohodnotnému uživení lidstva potřeba zvýšit produktivitu zemědělství do roku 2050 (předpoklad 11 mld. obyvatel) alespoň o 60 procent. Navíc tato potravinová výzva se bude muset vyrovnat s druhým zásadním problémem a to je globální změna. Nejde jen o měnící se klimatické podmínky, ale i o problematiku znečištění prostředí, snižování biodiverzity, degradace či zastavování zemědělské půdy, množství odpadů apod. Jako zásadní vidím však otázky související s vodou.

Voda je obnovitelný zdroj, je jí na naší planetě konečné množství a nemůže se nikde ztratit. Může se však měnit její zastoupení v kapalné, plynné a pevné formě, což může mít značné dopady na ekosystémy např. z pohledu změny velikosti ledovců, nebo výskytů zemědělského sucha. Historická klimatologie v předpřístrojovém, ale i posledních dvě stě letech přístrojového období dokazuje, že jsme v epizodě nárůstu teploty vzduchu, kdy posledních pět let bylo vůbec nejteplejších v novodobé historii, což naznačuje že zlom směrem k ochlazení s nejvyšší pravděpodobností nemůžeme očekávat. Oteplení přináší efekt vyššího výparu a více vody máme tedy v atmosféře ve formě vodní páry. Ta, kromě toho, že nám jako kapalina chybí v půdě, jako nejvýznamnější skleníkový plyn následně pozitivní vazbou akcelerovala kladnou radiální bilanci planety. Pokud pomineme fakt, že energie v atmosféře přináší více extrémních situací, je nejzávažnějším problémem současné krajiny zmenšující se množství disponibilní vody především pro růst a vývoj rostlin. Na mnoha místech jsou změny velmi rychlé, a to dokonce tak, že farmáři během jedné, dvou generací pozorují změnu tradičních vzorců chování zemědělských ekosystémů. Není náhodou, že např. v ČR dva z nejvýznamnějších projektů o vodě a krajině iniciovala Agrární komora ČR, jakožto nejsilnější zemědělská organizace u nás. Byli to jejich zástupci, kteří nás požádali o vybudování monitorovacího a předpovědního systému zemědělského sucha (www.intersucho.cz) a o posouzení dopadů zvyšujících se hydrometeorologických extrémů na zemědělství (Generel vodního hospodářství krajiny ČR). Klima se stále více stává rozhodujícím hráčem v úspěšnosti zemědělské, zahradnické ale i lesnické produkce. Ovlivňuje a mění skladbu plodin, výběr odrůd, podmiňuje vývoj technologií, určuje charakter krajiny, ve které jsou stále razantněji aplikována, technická, agrotechnická, environmentální a další opatření, především s cílem udržet v ní vodu. Obilnící naší republiky už dávno nejsou tradiční zemědělské oblasti nížin

jižní Moravy a středních Čech, ale kraje s nadmořskou výškou 400–600 m n. m. Relativní dostatek srážek a sněhová pokrývka jim dává v posledních desetiletích značnou konkurenční výhodu. V tomto kontextu není z celosvětového pohledu příliš pravděpodobná (a často zmiňovaná) naděje, že oteplení nabídne nové zemědělské příležitosti především v chladnějších oblastech severní polokoule. Důvodem je, že se nezmění distribuce slunečního záření, jako jedné ze základních podmínek úspěšného zemědělství, a kromě toho i přes delší, teplotně podmíněné vegetační období budou o produkčním úspěchu daného ročníku rozhodovat extrémní situace. A např. ani velmi vysoké průměrné oteplení (např. podle některých scénářů až o 5 °C na konci tohoto století) nic nezmění na tom, že silné (zimní, jarní i podzimní) mrazy v těchto oblastech budou dominantním produkčně-inhibičním faktorem.

Klima ovlivňuje a stále více bude ovlivňovat člověka i přímo. Člověk je tvor společenský, komunitní a čím dál méně individuálně soběstačný, a to vede k stále zvyšujícímu se trendu větších měst. Např. jen v ČR žije 70 % obyvatel ve městech. A do roku 2050 má být dosaženo toto číslo celosvětově. Jednoznačně nejdiskutovanějším problémem v tomto směru je problematika měst jako tepelných ostrovů, kde se při výskytu vln veder stávají teplotní podmínky limitním faktorem kvality života. Především historická centra našich měst, která jsou typická minimální plochou zelených a vodních ploch, a která jsou neustále z důvodu lukrativnosti pod tlakem developerů, budou muset doznat velkých změn. Je dobře, že větší města (mj. Praha, Brno) si to uvědomují a již dnes poznatky a doporučení klimatologů zahrnují do svých plánů rozvoje.

Při veškerém středně i dlouhodobém plánování udržitelného hospodaření v krajině, jsou informace o klimatu naprosto zásadní. A zde je další nezastupitelná role klimatologů. Není náhoda, že většinu komplexně pojatých konferencí, zabývajících se vývojem krajiny uvádějí svými příspěvky právě odborníci z tohoto oboru. Jejich klimatické a agroklimatické studie jsou odrazovým můstkem pro navazující specializace. A nejedná se jen o experty, kteří jsou schopni pracovat se scénářovými daty ze světových klimatických center, ale i o skupinu historických klimatologů a paleoklimatologů, neboť jen při pochopení minulosti můžeme porozumět současnosti a především budoucnosti. Samostatnou skupinu, ale pro zemědělství a lesnictví neobyčejně významnou, tvoří odborníci zabývající se fenologií, kteří jsou schopni jak u řízených tak i neřízených ekosystémů kvantifikovat dopady počasí a podnebí na vývoj rostlin.

Je ještě jedna oblast, kde vidím značný potenciál klimatologie a souvisejících disciplín. Je to věda. Dostupná základna klimatických dat přímo vybízí k propojení s řadou disciplín a sepsání kvalitních vědeckých publikací jak v oblasti základního, tak především aplikovaného výzkumu. Z vlastní zkušenosti musím říct, že účast klimatologů v našich projektových týmech je nezbytná. Přesto si myslím, že jejich zapojení do výzkumných týmů by mohlo být kvantitativně intenzivnější. Často svým doktorandům připomínám své začátky, kdy jsem se se svými kolegy klimatology z Ústavu fyziky atmosféry AV ČR, Univerzity Karlovy či Českého hydrometeorologického ústavu snažil vyplnit výzkumný prostor mezi zemědělsky orientovanou problematikou a právě klimatem. Jednoduše, dopady klimatu na řízené ekosystémy bez kvalitních klimatologických analýz skutečně nelze popsat. A není náhoda, že v našem doktorském programu s názvem Aplikovaná bioklimatologie, orientovaném na rostlinnou produkci a krajinu, který je akreditován na Mendelově univerzitě v Brně, aktivně působí i klimatologové z Masarykovy univerzity a Ústavu výzkumu globální změny AV ČR. Jsem přesvědčen, že význam klimatologie bude narůstat. A nejde jen o oblast vědy, ale především o řešení vážných problémů lidského žití, z nichž nejdůležitější je a bude vyšší tlak na produkci potravin v kontextu eliminace dopadů globální změny.



POKYNY PRO AUTORY

V časopisu Meteorologické zprávy jsou publikovány původní odborné a informativní články včetně recenzí. Za odborný obsah článků odpovídají autoři. O uveřejnění článků rozhoduje redakční rada, a to se zřetelem k lektorským posudkům i předpokladu praktického uplatnění.

FORMÁLNÍ ÚPRAVA A ROZSAH RUKOPISŮ

Rukopis je předkládán v elektronické podobě (MS Word), věcně a jazykově správně. Rukopis musí být úplný, včetně všech příloh. Název, abstrakt, klíčová slova a popisky k obrázkům a tabulkám musí být v češtině i angličtině. Rozsah článků pro časopis se udává počtem normostran (normostrana je definována jako 1 800 znaků, včetně mezer). Odborné statě max. 10 normostran, informativní články max. 4 normostrany a osobní zprávy max. 2 normostrany.

OBECNÉ INFORMACE

- Formát A4, nastavení okrajů 2,5 cm ve všech směrech
- Písmo Times New Roman, vel. 11, řádkování 1,5
- Členění textu do kapitol (maximálně dvě číslované úrovně)

DOPORUČENÁ OSNOVA ČLÁNKŮ

- **Název práce** – výstižný a stručný, nemá přesahovat 90 znaků
- **Autoři** – celá jména autorů (bez titulů), název a adresa instituce, kde autoři působí
- **Abstrakt** – u časopisu maximálně 1 200 znaků (včetně mezer)
- **Klíčová slova** – slouží k indexaci dokumentu, max. 7 slov nebo sousloví (řazených abecedně)
- **Úvod** – obsahuje cíle práce, pracovní hypotézy, pracovní otázky
- **Metodika, vstupní data a způsob řešení**
- **Výsledky a jejich zhodnocení** – prezentace vlastních výsledků práce
- **Diskuze** – srovnání výsledků s výsledky obdobných prací tuzemských i zahraničních, zasazení výsledků do širšího kontextu, slabé stránky metodiky apod.
- **Závěr** – zobecnění výsledků, stručné a jasné vyjádření přínosu práce, možnost aplikace v praxi, náměty na další řešení problematiky
- **Bibliografické citace** – abecedně seřazeny dle příjmení prvního autora, bez číslování

OBRÁZKY

Vyžadované jsou obrázky dodané přímo v digitální podobě s rozlišením nejméně 300 dpi při velikosti 1:1. Obrázky se odevzdávají v některém z běžných grafických formátů (EPS, JPEG, TIFF, PNG, WMF, BMP, AI, CDR); Grafy (XLS); pokud je třeba použít nějaký odlišný formát, je nutné tuto věc konzultovat předem s redakcí. Obrázky musí mít přesně označené osy příslušnými symboly veličiny. Jednotky jsou uváděny v popisu obrázku.

ROVNICE

Rovnice v textu i na samostatných řádcích se píšou pomocí příslušného editoru rovnic v programu MS Word. Rovnice se číslují na pravém okraji, pod vzorcem nebo rovnicí se uvádí význam jednotlivých označení. Při zpracování na počítači je třeba věnovat zvláštní pozornost vyznačení indexů, exponentů a dalších znaků (např. °C). Ve vzorcích musí být přesně vyznačeny kurzíva, tučné písmo, verzálky, řecké písmo. Při používání matematického aparátu je nutné respektovat příslušné normy ISO nebo ČSN.



CITACE LITERATURY

Jméno tvůrce a rok vydání citovaného zdroje jsou uvedeny v textu ve formě jméno, rok v kulatých závorkách. Pokud se jméno tvůrce vyskytuje přirozeně v textu, následuje pouze rok v kulatých závorkách. Pokud mají dva nebo více zdrojů stejného tvůrce i rok vydání, odlišují se malými písmeny abecedy přiřazenými k roku vydání. V takovém případě se písmena uvádí i v závěrečném soupisu bibliografických citací. Pokud je nutné uvést dva či více zdrojů, uvádějí se v jedné kulaté závorkách a oddělují se středníkem. V případě tří a více autorů se píše do závorky pouze první a doplňuje se zkratkou et al. V případě chybějícího autora se použije jméno vydavatele (řadí se chronologicky podle roku vydání).

Příklad citování:

Úhrny jsou nižší zejména v zimním období (Vavruška 2011), což potvrzuje i Coufal (1973) a lze ověřit na portálu ČHMÚ (ČHMÚ 2013). Více podrobností je uvedeno v první části hodnocení meteorologických prvků na výzkumné ploše Jizerka (Balcar et al. 2012) a dalších studiích (Balcar, Slodičák 2005; Vacek 2003).

Bibliografické citace

- Seznam citované literatury se umísťuje na konci článku (publikace) pod název Literatura. Seznam je řazen abecedně a není číslován.
- Bibliografické citace se obvykle uvádějí ve formě: Příjmení autora/editora, rok vydání. Název: podnázev. Pořadí vydání. Název edice a číslování. Místo vydání: nakladatelství. Rozsah. Standardní identifikátor.
- Hlavní zásady: jména autorů jsou uváděna velkými písmeny (v případě většího počtu autorů se uvádí maximálně pět autorů, dále et al. nebo aj.). Názvy seriálových publikací, tj. časopisů, ročenek, sborníků apod., uvádíme v nezkrácené podobě v kurzívě, navíc se uvádí ISBN a ISSN. Stránkování se uvádí zkratkou s. Uvádění vydání je povinné pouze v případě, že se nejedná o první vydání. Počet stran se u celé publikace neuvádí. Pokud je např. kniha napsána ve více jazycích, a stejně tak jsou uvedeny i názvy, vypíšeme je všechny. Doporučujeme oddělení čárkou.

Monografie

KRŠKA, K., ŠAMAJ, F., 2001. Dějiny meteorologie v českých zemích a na Slovensku. Praha: Nakladatelství Karolinum. ISBN 80-7184-951-0.

Seriálová publikace

KŘIVANCOVÁ, S., VAVRUŠKA, F., 1997. Základní meteorologické prvky v jednotlivých povětrnostních situacích na území České republiky v období 1961–1990. Národní klimatický program České republiky, sv. 27. Praha: ČHMÚ. ISBN 80-85813-52-1, ISSN 1210-7565.

Seriálová publikace – časopis

RACKO, S., SIMON, A., SOKOL, A., 2002. Niektoré z príčin búrok v zimnom období. Meteorologické zprávy, roč. 55, č. 3, s. 69–81. ISSN 0026-1173.

Elektronická citace

SETVÁK, M., 1999. Tornáda na území České republiky a Slovenska [online]. Český hydrometeorologický ústav [cit. 30. 11. 2000]. Dostupné z WWW: <http://www.chmi.cz/meteo/sat/torn/>.

VÍCE NA CASMZ.CHMI.CZ