



ČESKÝ HYDROMETEOROLOGICKÝ ÚSTAV
CZECH HYDROMETEOROLOGICAL INSTITUTE

METEOROLOGICKÉ ZPRÁVY

METEOROLOGICAL BULLETIN

Zdeněk Blažek: Dlouhodobý režim meteorologických podmínek rozptýlu
na Ostravsku 161

Patrik Benáček: Asimilace dat do modelu Aladin/CZ:
studium chyby pozorování z přístroje AMSU 171

Jiří Hostýnek – Karel Sklenář: Roční a sezonní průměrné rychlosti větru
a hodnocení trendů podle měření synoptických meteorologických stanic 179

<i>Zdeněk Blažek</i> : Long-term regime of meteorological dispersion conditions in the Ostrava region	161
<i>Patrik Benáček</i> : Data Assimilation into the Aladin/CZ Model: Study of AMSU Instrument Observation Error	171
<i>Jiří Hostýnek – Karel Sklenář</i> : The processing of annual and seasonal wind speeds and the evaluation of their trends based on measurements at synoptic meteorological stations	179

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: suvarinova@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 25,- Kč, roční předplatné 240,- 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: suvarinova@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

DLOUHODOBÝ REŽIM METEOROLOGICKÝCH PODMÍNEK ROZPTYLU NA OSTRAVSKU

Zdeněk Blažek, 788 03 Nový Malín 681/B, blazek46@seznam.cz

Long-term regime of meteorological dispersion conditions in the Ostrava region. In this article, the results of the evaluation of the long-term tracking of regional meteorological dispersion conditions in the Ostrava region during the cold (X–III) and winter (XII–II) periods within a 50-year period (1961–2010) are presented. The evaluation was done using daily types of these types of meteorological dispersion conditions and daily types of airflow directions derived for the purpose of this study. The obtained results show that, based on the methodology used, during the cold season there are 13–83 days (on average 40 days) with poor or worsened meteorological dispersion conditions and 5–45 days (on average 24 days) with good or improved dispersion conditions within the monitored area. The evaluation of the frequency of the daily types of flow directions in the Ostrava region confirmed the well-known fact that there is a prevalence of southwestern airflow. The daily types of airflow direction from the southwest half of the horizon occurred during the cold season 69–139 days (on average 109 days) and from the northeast half of the horizon 18–70 days (on average 40 days). The main contribution of this article lies in the fact that it has derived and reported 50-year „normal“ characteristics that describe meteorological dispersion conditions for air pollution in the heavily polluted area of the Ostrava region.

KLÍČOVÁ SLOVA: podmínky rozptylové – typy meteorologických podmínek rozptylu – typy směru proudění – částice suspendované – Ostravsko

KEYWORDS: dispersion conditions – types of meteorological dispersion conditions – types of flow direction – suspended particles – Ostrava region

1. ÚVOD

Oblast Ostravska dlouhodobě patří k oblastem s nejvíce znečištěným ovzduším nejen v ČR, ale i v celé Evropě. Imisní situace se zde obvykle zhoršuje na podzim, a zejména v zimě po zahájení topné sezony. Kromě lokálních zdrojů ovlivňuje ovzduší průmysl, doprava a škodliviny ze sousedního Polska. Tato skutečnost souvisí zejména s tím, že celá oblast patří ve střední Evropě, spolu s přilehlou částí Slezského vojvodství v Polsku, k nejvíce urbanizovaným a průmyslovým oblastem. V oblasti jsou především výrazně překračovány platné imisní limity pro benzo[a]pyren a prašný aerosol a úroveň znečištění nejen těmito škodlivinami má výrazný roční chod s maximy v chladné polovině roku, a to zejména v zimních měsících.

Konkrétní úroveň koncentrací škodlivin v ovzduší v daném regionu závisí nejen na množství vypouštěných škodlivin v oblasti a jejím okolí, ale i na meteorologických podmínkách, které podmiňují intenzitu a způsob rozptylu znečišťujících látek v atmosféře. Za nejdůležitější a rozhodující meteorologické podmínky rozptylu jsou považovány směr a rychlost větru, ovlivňující horizontální šíření a rozptyl znečišťujících látek v atmosféře, a změny teploty vzduchu s výškou, tzv. vertikální teplotní zvrstvení, podmiňující vertikální šíření a rozptyl. Studium meteorologických podmínek rozptylu znečišťujících látek v ovzduší Ostravska se věnuje mnoho

autorů a publikací. Nekovář (1971) např. poprvé vyšetřoval závislost znečištění ovzduší SO_2 na meteorologických podmínkách rozptylu. Munzar a Procházka (Mareš et al. 1975) mj. hodnotili meteorologické a topografické podmínky rozptylu v oblasti Ostravska a uvedli klimatologické vyhodnocení znečištění ovzduší na základě čtyřleté řady měření Hydrometeorologického ústavu. Při hodnocení výskytu koncentrací překračujících tehdy platné nejvyšší přípustné koncentrace např. zjistili, že s výjimkou horských stanic se takové koncentrace vyskytují ve dvou třetinách případů za anticyklonálních situací a při stabilním teplotním gradientu (menším než $0,3\text{ }^\circ\text{C}$ na 100 m rozdílu nadmořské výšky). Z nejnovějších prací lze např. uvést alespoň odbornou zprávu zpracovanou pro Krajský úřad Moravskoslezského kraje (Černíkovský et al. 2014) a rozsáhlou studii (Blažek et al. 2013) vypracovanou v rámci projektu „Informační systém kvality ovzduší v oblasti polsko-českého pohraničí ve Slezském a Moravskoslezském regionu“ řešeného v letech 2007–2013 (více viz www.air-silesia.eu). V citované studii byly mj. prezentovány výsledky vyhodnocení meteorologických prvků ovlivňujících úroveň znečištění ovzduší za 10leté období 2001–2010 a vyhodnocení imisní situace v závislosti na meteorologických podmínkách rozptylu a na směru proudění v přeshraniční oblasti za 5leté období 2006–2010. Získané výsled-

ky potvrdily pro hodnocené škodliviny, tj. pro suspendované částice frakce PM_{10} , oxid dusičitý NO_2 a oxid siřičitý SO_2 , v chladných ročních obdobích statisticky významný růst koncentrací s klesající rychlostí větru, s klesající hodnotou vertikálního teplotního gradientu (tj. s rostoucí stabilitou teplotního zvrstvení), s klesající teplotou vzduchu a s klesajícími úhrny srážek. Pro suspendované částice frakce PM_{10} a oxid dusičitý NO_2 byla nejvýraznější závislost na rychlosti větru a stabilitě teplotního zvrstvení, pro oxid siřičitý SO_2 na teplotě vzduchu. Pro všechny hodnocené škodliviny byla nejméně výrazná závislost na denních úhrnech srážek.

Ze získaných zkušeností a ve studii použitých metod autor vycházel i v tomto příspěvku. Jsou zde předloženy výsledky zpracování dlouhodobého režimu meteorologických podmínek rozptylu v chladných obdobích roků za 50leté období 1961 až 2010. Pro hodnocení meteorologických podmínek rozptylu byly pro měsíce říjen–březen uvedených let odvozeny denní typy těchto podmínek a provedeno jejich statistické vyhodnocení. Autor si je vědom, že zvolená a použitá metodika představuje pouze jeden z mnoha možných přístupů. Přesto věří, že získané výsledky rozšíří naše dosavadní znalosti o dlouhodobém charakteru a meziroční proměnlivosti meteorologických podmínek rozptylu v hodnocené oblasti.

2. METODIKA, VSTUPNÍ DATA A ZPŮSOB ŘEŠENÍ

Zájmovou oblastí Ostravsko se v tomto článku rozumí území bývalých okresů Ostrava-město a Karviná a přilehlé části okresů Opava, Nový Jičín a Frýdek-Místek. Toto území přechází na severu až severovýchodu do Slezské nížiny, na západě se pozvolna zvedá Nízký Jeseník, na jihozápadě na oblast navazuje Moravská brána a na jihu až jiho-východě je ohraničena pohořím Moravskoslezských Beskyd.

Pro vyhodnocení meteorologických podmínek rozptylu v základním 50letém období byly jako vstupní data použity průměrná denní teplota vzduchu a termínové (7, 14 a 21 h) směry a rychlosti větru z profesionální meteorologické stanice ČHMÚ Mošnov a z klimatologické stanice Lučina za chladná období říjen–březen počínaje od října 1961 do března 2011 (celkem 9 112 dnů). Pro doplnění vyhodnocení meteorologických podmínek v posledních letech byla obdobná data vyhodnocena i od října 2011 do března 2016. Pro potřeby vyhodnocení vertikální stability atmosféry byla dále použita průměrná denní teplota vzduchu z profesionální meteorologické stanice ČHMÚ Lysá hora za stejná období. Z uvedených použitých vstupních dat byl pro kaž-

dý den hodnoceného období vypočítán aritmetický průměr z 8 termínových rychlostí větru (7, 14, 21 a 7 h příštího dne) ze stanic Mošnov a Lučina a aritmetický průměr z hodnot průměrné denní teploty na stanicích Mošnov a Lučina. Vzhledem k tomu, že použité stanice byly, na rozdíl od ostatních stanic v zájmové oblasti (Ostrava-Poruba, Bohumín, Karviná), v provozu po celé hodnocené období, v celém období neměly významně svou polohu a v hodnoceném období nedošlo k výrazným změnám v jejich okolí, byly uvedené aritmetické průměry v této práci použity pro oblast Ostravska jako odhad průměrné denní oblastní rychlosti větru (PDRV) a odhad průměrné denní oblastní teploty vzduchu (PDTV).

V oblasti Ostravska nejsou k dispozici přímá měření vertikálního teplotního zvrstvení, a proto byla pro hodnocení vertikální stability atmosféry využita často používaná (viz např. Rein 1970) nepřímá metoda vertikálního pseudogradientu teploty vzduchu počítaného z teploty naměřené na stanicích v různých nadmořských výškách. Vertikální teplotní gradient (zde pseudogradient) vyjadřuje změnu teploty při změně výšky o 100 m a je kladný při poklesu teploty s rostoucí výškou; čím je vertikální teplotní gradient nižší, tím stabilnější je teplotní zvrstvení. Použití pseudogradientů má určitá omezení,

Tab. 1 Metadata použitých meteorologických a monitorovacích stanic.

Table 1. Metadata of the meteorological and monitoring stations used.

Druh a jméno stanice		Indikativ ČHMÚ	Zeměpisná šířka	Zeměpisná délka	Nadm. výška [m]
Meteorologická	Lučina	O1LUCI01	49°43'51"	18°26'33"	300
	Lysá hora	O1LYSA01	49°32'46"	18°26'51"	1 322
	Mošnov	O1MOSN01	49°41'54"	18°07'09"	250
Manuální monitorovací	Albrechtice	TALRM	49°46'41"	18°30'50"	292
	Ostrava-Poruba/ČHMÚ	TOPOM	49°49'31"	18°09'33"	242
	Ostrava-Sl.Ostrava/ZOO	TOSOM	49°50'42"	18°19'03"	275
Automatizovaná monitorovací	Karviná	TKARA	49°51'50"	18°33'05"	238
	Ostrava-Fifejdy	TOFFA	49°50'21"	18°15'49"	220
	Ostrava-Zábřeh	TOZRA	49°47'46"	18°14'50"	235



Obr. 1 Poloha použitých meteorologických a monitorovacích stanic (zdroj pro podklad mapy: <http://mapy.cz/zemepisna>).

Fig. 1. Locations of the meteorological and monitoring stations used (source for the background maps: <http://mapy.cz/zemepisna>).

protože teplota je na stanicích měřena ve dvou metrech nad zemí a teplotní poměry ve vrstvě volné atmosféry mezi hladinami stanic v různé nadmořské výšce mohou být v závislosti na denní a roční době odlišné. Metoda rovněž poskytuje pouze informaci o průměrných podmínkách teplotního zvrstvení v celé vrstvě mezi použitými stanicemi, a neumožňuje získat představu o vertikálním profilu teplotního zvrstvení. Ve vrstvě ovzduší mezi stanicemi se může vyskytovat např. inverzní vrstva, kterou z měření na obou stanicích nelze zjistit (Černíkovský et al. 2014). Rein (1971) uvádí, že orientační charakteristiku vertikálního teplotního gradientu z přízemních měření v nížinách a na výše položených místech lze s úspěchem použít jen pro statistické posouzení frekvencí výrazně extrémních skupin případů, a navíc jen tam, kde je při malé horizontální vzdálenosti použitých stanic (v praxi do 20–25 km) dostatečně velká odlehlost vertikální (v praxi přes 500 m), v jiných případech dostáváme výsledky zřejmě nereálné. V této práci se z průměrné denní teploty na stanicích Lučina a Lysá hora (horizontální vzdálenost stanic je cca 21 km, vertikální odlehlost 1 020 m) vypočítal pro každý den hodnoceného období vertikální pseudogradient teploty vzduchu (dále označován PDPG) a tato charakteristika byla použita jako odhad průměrného denního vertikálního pseudogradientu pro přízemní vrstvu cca 0–1 000 m v oblasti Ostravska.

V dalším zpracování byly pro hodnocení meteorologických podmínek rozptylu v zájmové oblasti rozděleny soubory PDPG a PDRV do pěti podsouborů A, B, C, D, E a pro každý den byl stanoven tzv. oblastní denní typ teplotního zvrstvení (DTTZ) a oblastní denní typ rychlosti proudění (DTRP). Zvolená kritéria pro zařazení dnů do těchto typů vycházela ze zkušeností a výsledků uvedených v již citované studii (Blažek et al. 2013) a jsou uvedena v tab. 2. Typ A mají např. dny s PDRV do $1 \text{ m}\cdot\text{s}^{-1}$ a s PDPG, který odpovídá velmi stabilnímu inverznímu až izotermnímu teplotnímu zvrstvení v dané vrstvě. Typ E mají naopak dny s PDRV $7 \text{ m}\cdot\text{s}^{-1}$ a více a s PDPG, který v dané vrstvě odpovídá neutrálnímu až labilnímu teplotnímu zvrstvení. Typy A tedy mají dny s relativně nejhoršími a typy E naopak dny s relativně nejlepšími meteorologickými podmínkami rozptylu z hlediska daného meteorologického prvku či stavu.

Pro potřeby posouzení závislosti meteorologických podmínek rozptylu na směru proudění v zájmové oblasti byl v této práci z 8 termínových směrů větru (7, 14, 21 a 7 h příštího dne) ze stanic Mošnov a Lučina v desítkách stupňů (bezvětří, 1, ..., 36) přiřazen každému dni jeden ze tří tzv. oblastních denních typů směru proudění (DTSP) označených SW $\frac{1}{2}$, NE $\frac{1}{2}$ a calm (bezvětří). Denní typ proudění z jihozápadní poloviny horizontu (dále značen SW $\frac{1}{2}$) má den, ve kterém v minimálně 6 hodnocených termínech (75 %) bylo proudění z jižního nebo západního kvadrantu (tj. směry 14–31). Denní typ proudění ze severovýchodní poloviny horizontu (dále NE $\frac{1}{2}$) má den, ve kterém v minimálně 6 hodnocených termínech bylo proudění ze severního nebo východního kvadrantu (tj. směry 32–36 a 1–13). Denní typ SW $\frac{1}{2}$, respektive NE $\frac{1}{2}$ má i den s četností uvedených směrů pouze ve 4–5 termínech, pokud byla četnost opačných směrů maximálně dva (ve zbývajících termínech bylo bezvětří). Denní typ bezvětří (calm) má den, ve kterém bylo bezvětří v minimálně 6 hodnocených termínech, respektive ve 4–5 termínech, pokud byla četnost směrů typů NE $\frac{1}{2}$ a/nebo SW $\frac{1}{2}$ maximálně dva. Pro ostatní dny, které neodpovídaly žádnému z uvedených kritérií, nebyl DTSP určen. Jedná se vesměs o dny s malou rychlostí a proměnlivým směrem

větru, případně o dny s výraznou změnou směru větru během dne.

Odvozené denní typy teplotního zvrstvení (DTTZ) a rychlosti proudění (DTRP) byly použity pro odvození souhrnných tzv. oblastních denních typů meteorologických podmínek rozptylu (DTMPR). Kritéria zvolená v této práci pro zařazení dnů do jednotlivých typů ukazuje rovněž tab. 2. Jako den se špatnými meteorologickými podmínkami rozptylu typu FF byl označen den, ve kterém byl alespoň jeden z DTTZ a DTRP typu A a druhý A nebo B. Naopak jako den s dobrými meteorologickými podmínkami rozptylu GG byl označen den, ve kterém byl alespoň jeden z DTTZ a DTRP typu E a druhý E nebo D. Dny, které nebylo možno dle uvedených pravidel zařadit do některého z uvedených typů FF, F, G, GG jsou dále uváděny jako ostatní dny; tyto dny je možno z hlediska meteorologických podmínek rozptylu označit jako normální. Pro všechny uvedené denní typy bylo pro chladná (říjen–březen) a zimní (prosinec–únor) období v padesátiletém období 1961/1962 až 2010/2011 provedeno základní statistické vyhodnocení jejich četností a řady sezonních počtů dnů s uvedenými denními typy byly zařazeny do vybraných percentilových intervalů v souladu s metodikou ČHMÚ (ČHMÚ 1988). Pro úplnost a porovnání byly všechny uvedené typy stanoveny i pro chladná a zimní období 2011/2012 až 2015/2016. Statistická významnost případných trendů v sezonních počtech dnů s uvedenými denními typy byla testována Mannovým-Kendallovým testem (Salmi et al. 2002).

Pro orientační posouzení případné souvislosti mezi úrovní znečištění ovzduší na Ostravsku a mezi meteorologickými podmínkami rozptylu, popisovanými zde odvozenými denními typy, byly pro potřeby této práce vypočítány odhady sezonní oblastní průměrné koncentrace pro Ostravsko charakteristické škodliviny v ovzduší, tj. suspendovaných částic. Koncentrace suspendovaných částic se na Ostravsku měřily od začátku 70. let 20. století. Zpočátku se na manuálních monitorovacích stanicích měřily 24hodinové koncentrace (pro období 7–7 h) suspendovaných částic bez rozliše-

Tab. 2 Kritéria denních typů meteorologických podmínek rozptylu.

Table 2. Daily type criteria of meteorological dispersion conditions.

			Denní typy teplotního zvrstvení (DTTZ)				
			A	B	C	D	E
			PDPG $0,0 \text{ } ^\circ\text{C}\cdot(100 \text{ m})^{-1}$ a méně	PDPG $0,1 \text{ až } 0,3 \text{ } ^\circ\text{C}\cdot(100 \text{ m})^{-1}$	PDPG $0,4 \text{ až } 0,7 \text{ } ^\circ\text{C}\cdot(100 \text{ m})^{-1}$	PDPG $0,8 \text{ až } 0,9 \text{ } ^\circ\text{C}\cdot(100 \text{ m})^{-1}$	PDPG $1,0 \text{ } ^\circ\text{C}\cdot(100 \text{ m})^{-1}$ a více
			Denní typy meteorologických podmínek rozptylu (DTMPR)				
Denní typy rychlosti proudění (DTRP)	A	PDRV $\leq 1 \text{ m}\cdot\text{s}^{-1}$	FF	FF	F		
	B	PDRV $2 \text{ m}\cdot\text{s}^{-1}$	FF	F			
	C	PDRV $3 \text{ až } 4 \text{ m}\cdot\text{s}^{-1}$	F				G
	D	PDRV $5 \text{ až } 6 \text{ m}\cdot\text{s}^{-1}$				G	GG
	E	PDRV $\geq 7 \text{ m}\cdot\text{s}^{-1}$			G	GG	GG

PDRV – průměrná denní rychlost proudění (průměr ze stanic Mošnov a Lučina)

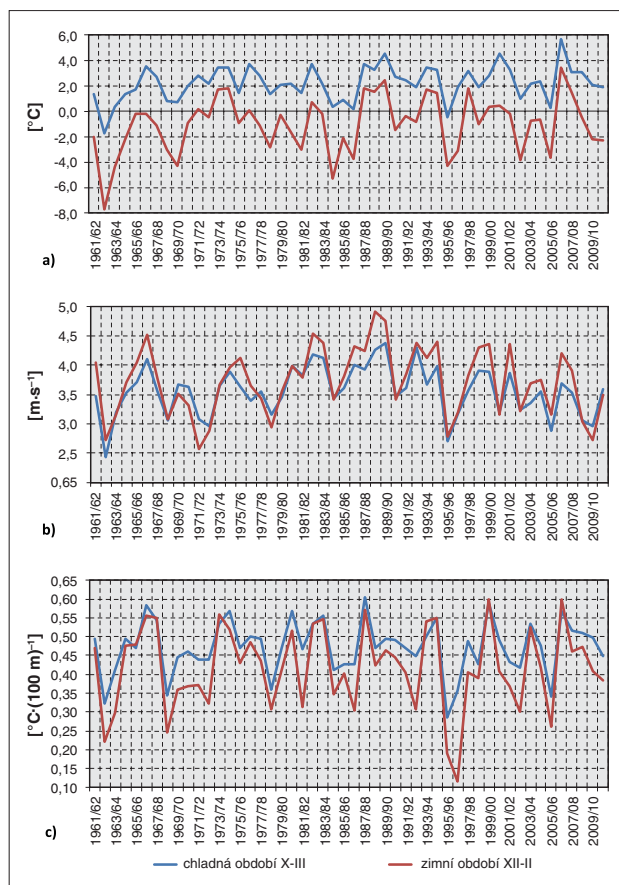
PDPG – průměrný denní vertikální pseudogradient teploty vzduchu (Lučina/Lysá hora)

FF – špatné meteorologické podmínky rozptylu

F – zhoršené meteorologické podmínky rozptylu

G – zlepšené meteorologické podmínky rozptylu

GG – dobré meteorologické podmínky rozptylu



Obr. 2 Průměrné sezonní meteorologické charakteristiky na Ostravsku v období 1961–2010 (a – teplota vzduchu, b – rychlost větru, c – teplotní pseudogradient).

Fig. 2. Average seasonal meteorological characteristics in the Ostrava region in the 1961–2010 period (a – air temperature, b – wind speed, c – temperature pseudogradient).

ní jejich velikosti (TSP, total suspended particles) a od druhé poloviny 90. let se na automatizovaných monitorovacích stanicích začaly měřit krátkodobé koncentrace suspendovaných částic frakce PM_{10} (Černíkovský 2008). Odhady oblastní sezonní průměrné koncentrace suspendovaných částic byly pro zimní období 1971/1972–2002/2003 vypočítány jako aritmetický průměr ze všech v daném zimním období dostupných 24hodinových koncentrací TSP, naměřených na třech manuálních monitorovacích stanicích ČHMÚ (Albrechtice, Ostrava-Poruba/ČHMÚ a Ostrava-Slezská Ostrava/ZOO), a pro tento průměr byl dále použit orientační přepočít na PM_{10} dle nařízení vlády č. 350/2002 Sb. ($PM_{10} = 0,8 \times TSP$). Pro zimní období 1997/1998–2014/2015 byl odhad oblastní sezonní průměrné koncentrace suspendovaných částic vypočítán jako aritmetický průměr ze všech dostupných průměrných měsíčních koncentrací PM_{10} naměřených na třech automatizovaných monitorovacích stanicích ČHMÚ (Karviná, Ostrava-Fifejdy a Ostrava-Zábřeh).

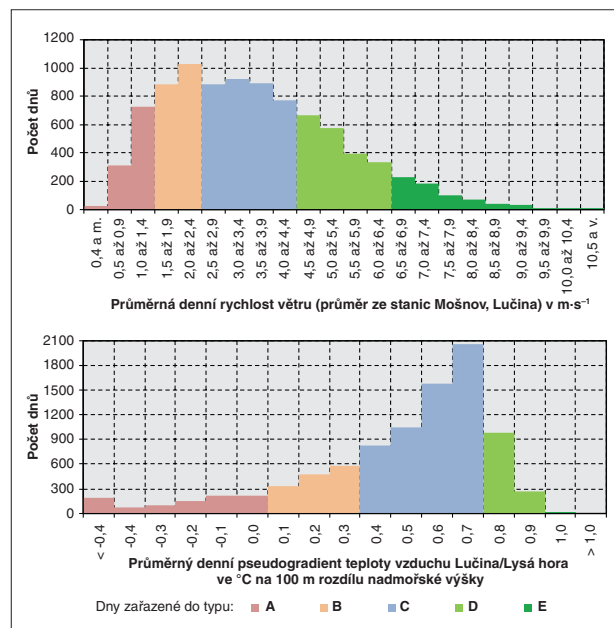
3. VÝSLEDKY A JEJICH ZHODNOCENÍ

Použité průměrné oblastní sezonní meteorologické charakteristiky na Ostravsku v jednotlivých hodnocených obdobích jsou vyneseny na obr. 2. Zatímco průměrná sezonní teplota vzduchu je přirozeně ve všech zimních obdobích nižší, než v odpovídajících chladných obdobích (rozdíly jsou

od $-1,4$ do $-6,0$ °C, s průměrnou hodnotou $-3,3$ °C) a průměrné sezonní hodnoty vertikálního teplotního pseudogradientu jsou nižší ve 42 zimních obdobích, tj. v 84 % případů, průměrné sezonní rychlosti větru jsou naopak v 35 zimních obdobích, tj. v 70 % případů, vyšší než v odpovídajících chladných obdobích. Na obr. 3 jsou pro ilustraci uvedeny histogramy souborů průměrných denních oblastních rychlostí větru a průměrných denních pseudogradientů teploty vzduchu mezi stanicemi Lučina a Lysá hora v chladných obdobích 1961–2010. Barevně jsou na obrázku vyznačeny intervaly dnů zařazených do jednotlivých denních typů rychlosti proudění (DTRP) a teplotního zvrstvení (DTTZ).

Základní přehled výsledků za období 1961–2010 je uveden v tab. 3. Průměrná oblastní teplota vzduchu byla v hodnoceném 50letém období v chladných obdobích roku $2,2$ °C, v zimních obdobích roku $-1,1$ °C. Obdobné hodnoty průměrného vertikálního teplotního pseudogradientu jsou $0,47$ °C na 100 m výškového rozdílu, respektive $0,42$ °C na 100 m výškového rozdílu a průměrné oblastní rychlosti větru $3,6$ $m \cdot s^{-1}$, respektive $3,7$ $m \cdot s^{-1}$. Meteorologické podmínky rozptylu mají poměrně výraznou meziroční proměnlivost, kterou dokumentují v tab. 3 uvedené maximální a minimální hodnoty daných charakteristik a jejich 25. a 75. percentily. V hodnoceném 50letém období se např. v zimním období průměrně vyskytuje 13,3 dnů typu A dle teplotního zvrstvení (14,8 % z průměrné délky zimního období 90,2 dnů) a 9,8 dnů (10,9 %) typu A dle rychlosti proudění. Rozpětí maximálního a minimálního počtu těchto dnů v jednotlivých 50 zimních obdobích však dosahuje 34 dnů (37,7 %) u typu A dle teplotního zvrstvení a 25 dnů (27,7 %) u typu A dle rychlosti proudění.

Provedené vyhodnocení četností denních typů směru proudění na Ostravsku potvrdilo známou skutečnost, že zde výrazně převládá jihozápadní proudění. Dny s odvozeným denním typem směru proudění z jihozápadní poloviny horizontu ($SW\frac{1}{2}$) jsou jak v chladných, tak i v zimních obdobích více než $2,7\times$ četnější než dny s typem proudění ze severovýchodní poloviny horizontu ($NE\frac{1}{2}$). Podle v tab. 3 uvedených



Obr. 3 Histogram průměrných denních meteorologických charakteristik v chladných obdobích 1961–2010.

Fig. 3. Histogram of average daily meteorological characteristics in cold periods, 1961–2010.

hodnot 25. a 75. percentilu je např. denní typ proudění SW½ normální v chladných obdobích v 99 až 119 dnech a v zimních obdobích ve 48 až 64 dnech, zatímco denní typ proudění NE½ v chladných obdobích se vyskytuje pouze v 32 až 48 dnech a v zimních obdobích v 13 až 24 dnech. Denní typy proudění SW½ se také častěji než denní typy proudění NE½ vyskytují ve vícedenních souvislých epizodách. Zatímco z celkového počtu dnů s typem NE½ v chladných obdobích se 53,3 % dnů vyskytuje v jednodenních až dvou až tří-denních epizodách, z celkového počtu dnů s typem SW½ se naopak 57,0 % dnů vyskytuje v epizodách delších než šest dnů (viz tab. 4). V hodnoceném základním 50letém období se vyskytla nejdelší souvislá epizoda dnů s prouděním typu NE½ v trvání 16 dnů a jedna v trvání 15 dnů, nejdelší souvislá epizoda s prouděním typu SW½ trvala 49 dnů (4. 1. až 21. 2. 1990) a epizod s trváním 15 dnů a více se vyskytlo celkem 58. Z hlediska meteorologických podmínek rozptylu má rovněž velký význam ta skutečnost, že ve dnech s prouděním typu SW½ je např. v zimních obdobích průměrná oblastní rychlost proudění na Ostravsku $4,4 \text{ m}\cdot\text{s}^{-1}$ a relativní četnost dnů s průměrnou denní oblastní rychlostí větru $5 \text{ m}\cdot\text{s}^{-1}$ a více je 27,9 % (DTRP typ D až E). Ve dnech s prouděním s denními typy proudění NE½ jsou tyto hodnoty pouze $2,9 \text{ m}\cdot\text{s}^{-1}$, respektive 3,0 %. Mnohem častější jihozápadní proudění je tedy spojeno s větší rychlostí proudění, a tedy s lepšími meteorologickými podmínkami rozptylu.

Podle v této práci zvolených kritérií je na Ostravsku v chladných obdobích roku v průměru 40,4 dnů (22,2 %) a v zimních obdobích 20,9 dnů (23,2 %) se zhoršenými až špatnými meteorologickými podmínkami rozptylu (viz tab. 3). Za normální lze považovat v chladných obdobích výskyt 13 až 83 a v zimních obdobích 3 až 44 takových dnů. Naopak se v chladných obdobích roků normálně vyskytuje 5 až 45 a v zimních obdobích 2 až 27 dnů se zlepšenými až dobrými meteorologickými podmínkami rozptylu. Na obr. 4 jsou vykresleny průměrné měsíční počty dnů s uvedenými denními typy meteorologických podmínek rozptylu. Průměrné měsíční počty dnů se špatnými meteorologickými podmínkami rozptylu jsou nejvyšší v lednu a dále v říjnu, nejnížší naopak v listopadu, a zejména v březnu, dny se zhoršenými meteorologickými podmínkami rozptylu jsou naopak nejčastější v říjnu a v ostatních měsících se jejich

Tab. 3 Průměrné sezónní charakteristiky meteorologických prvků a počtů denních typů meteorologických podmínek rozptylu.

Table 3. Average seasonal characteristics of meteorological elements and the number of the daily types of meteorological dispersion conditions.

	Chladná období					Zimní období				
	X–III, 1961/1962–2010/2011					XII–II, 1961/1962–2010/2011				
	Min	Q ₂₅	Avg	Q ₇₅	Max	Min	Q ₂₅	Avg	Q ₇₅	Max
Průměrná sezónní teplota vzduchu [°C]										
Ostravsko (průměr z Mošnova a Lučiny)	–1,7	1,4	2,2	3,2	5,7	–7,7	–2,3	–1,1	0,3	3,4
Průměrný sezónní vertikální teplotní pseudogradient [°C na 100 m výškového rozdílu]										
Lučina / Lysá hora	0,29	0,43	0,47	0,51	0,60	0,12	0,35	0,42	0,51	0,60
Průměrná sezónní rychlost větru [m·s ^{–1}]										
Ostravsko (průměr z Mošnova a Lučiny)	2,4	3,3	3,6	3,9	4,4	2,6	3,3	3,7	4,2	4,9
Denní typy teplotního zvrstvení (sezónní počty dnů)										
A – PDpG 0,0 °C·(100 m) ^{–1} a méně	3	13	18,9	23	47	1	8	13,3	18	35
B – PDpG 0,1 až 0,3 °C·(100 m) ^{–1}	12	22	28,0	34	44	4	11	14,5	19	26
C – PDpG 0,4 až 0,7 °C·(100 m) ^{–1}	85	101	110,1	118	142	34	48	52,5	57	76
D – PDpG 0,8 až 0,9 °C·(100 m) ^{–1}	5	19	24,9	30	49	0	5	9,8	14	26
E – PDpG 1,0 °C·(100 m) ^{–1} a více	0	0	0,4	0	4	0	0	0,1	0	1
Denní typy rychlosti proudění (sezónní počty dnů)										
A – PDRV 1 m·s ^{–1} a méně	4	13	21,2	27	58	0	6	9,8	14	25
B – PDRV 2 m·s ^{–1}	19	32	38,2	45	56	5	13	16,9	21	29
C – PDRV 3 až 4 m·s ^{–1}	46	65	69,5	76	91	21	30	33,8	38	50
D – PDRV 5 až 6 m·s ^{–1}	14	31	39,4	47	66	6	16	21,8	28	39
E – PDRV 7 m·s ^{–1} a více	2	9	13,9	18	30	1	3	7,9	12	19
Denní typy směru proudění (sezónní počty dnů)										
bezvětrí	0	0	1,4	1	10	0	0	0,6	1	4
NE½	18	32	40,4	48	70	4	13	19,7	24	43
SW½	69	99	109,0	119	139	30	48	54,8	64	78
ostatní dny	17	26	31,5	38	47	5	12	15,1	18	29
Denní typy meteorologických podmínek rozptylu (sezónní počty dnů)										
FF – špatné	2	11	16,9	22	49	0	5	9,8	13	29
F – zhoršené	8	18	23,5	28	42	2	7	11,1	15	22
ostatní dny	90	112	118,1	125	140	40	52	57,7	64	74
G – zlepšené	5	11	16,0	20	29	1	4	7,9	11	19
GG – dobré	0	4	7,7	11	19	0	1	3,7	6	13

Min / Max – minimální / maximální hodnota souboru průměrných sezónních charakteristik

Q₂₅ / Q₇₅ – 25. / 75. percentil souboru průměrných sezónních charakteristik

Avg – aritmetický průměr souboru průměrných sezónních charakteristik

PDpG – průměrný denní vertikální teplotní pseudogradient mezi stanicemi Lučina a Lysá hora ve °C na 100 m výškového rozdílu

PDRV – průměrná denní rychlost větru v m·s^{–1} (průměr ze stanic Mošnov a Lučina)

NE½ / SW½ – denní typ s převládajícím prouděním ze severovýchodní / jihozápadní poloviny horizontu

výskyt pohybuje od 3,4 do 3,9 dnů. Průměrná měsíční četnost dnů se zlepšenými nebo dokonce dobrými meteorologickými podmínkami rozptylu se pohybuje od cca 3 dnů v říjnu do 4–5 dnů v listopadu a březnu. Ve všech hodnocených měsících se průměrně vyskytuje 18,5 až 21,5 ostatních dnů, které nelze dle zvolených kritérií zařadit do žádného uvedeného typu. Na obr. 4 jsou pro ilustraci rovněž zakresleny průměrné měsíční počty dnů se zápornou průměrnou denní oblastní teplotou vzduchu (PDTV < 0,0 °C). Je vidět, že takové dny se v zimních měsících v průměru vyskytují ve více než polovině dnů. Nízká teplota vzduchu může nepřímo ovlivňovat imisní situaci, protože při nižší teplotě se zejména v topném období v dané oblasti výrazně zvyšují emise. Tab. 5 ukazuje četnosti epizod dnů se stejným denním typem meteorologických podmínek rozptylu v chladných obdobích. Většina epi-

Tab. 4 Četnosti epizod dnů se stejným denním směrem proudění (DTSP) v chladných obdobích.

Table 4. Frequencies of episode days with the same type of daily airflow direction (DTSP) during cold periods.

		Délka epizody ve dnech					Nejdelší epizody
		1 den	2-3 dny	4-6 dnů	7-10 dnů	≥ 11 dnů	
DTSP – NE½	Σ epizod / chladné období	7,0	5,9	2,4	0,5	0,2	1x 16 d, 1x 15 d
	relativní četnost dnů v %	17,7	35,6	28,6	11,1	7,0	
DTSP – SW½	Σ epizod / chladné období	5,3	7,5	4,8	3,0	2,3	1x 49 d, 2x 29 d
	relativní četnost dnů v %	4,9	16,6	21,5	22,9	34,1	

Tab. 5 Četnosti epizod dnů se stejným denním směrem meteorologických podmínek rozptylu (MPR) v chladných obdobích.

Table 5. Frequencies of episode days with the same type of daily meteorological dispersion conditions (MPR) during cold periods

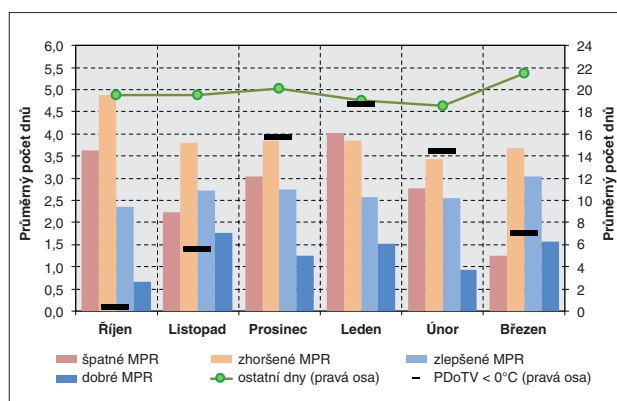
		Délka epizody ve dnech					Nejdelší epizody
		1 den	2-3 dny	4-6 dnů	7-10 dnů	≥ 11 dnů	
Špatné MPR	Σ epizod / chladné období	5,6	2,8	0,9	0,0	0,02	1x 16 d, 6x 6 d
	relativní četnost dnů v %	33,5	38,9	25,7	0,0	1,9	
Zhoršené MPR	Σ epizod / chladné období	12,7	3,9	0,4	0,0	0,0	2x 6 d, 4x 5 d
	relativní četnost dnů v %	54,7	37,7	7,6	0,0	0,0	
Zlepšené MPR	Σ epizod / chladné období	9,4	2,9	0,1	0,0	0,0	3x 4 d, 23x 3 d
	relativní četnost dnů v %	58,9	39,6	1,5	0,0	0,0	
Dobré MPR	Σ epizod / chladné období	4,0	1,4	0,1	0,0	0,0	1x 6 d, 6x 4 d
	relativní četnost dnů v %	52,1	40,1	7,9	0,0	0,0	

zod trvá jeden až tři dny, 25,7 % dnů z celkového počtu dnů se špatnými meteorologickými podmínkami rozptylu se vyskytlo v epizodách trvajících 4–6 dnů. Nejdelší zaznamenaná epizoda se souvislým výskytem takových dnů byla od 27. 12. 1996 do 11. 1. 1997 a trvala tedy 16 dnů, další dlouhé epizody trvaly 6 dnů a vyskytlo se jich celkem 6.

Relativní četnosti dnů s odvozenými denními typy meteorologických podmínek rozptylu ve dnech s uvedeným denním směrem proudění ukazuje obr. 5. Je vidět, že dny se špatnými nebo zhoršenými podmínkami rozptylu jsou relativně mnohem častější ve dnech s typy proudění NE½ (34,0 %) než ve dnech s typy proudění SW½ (12,1 %), a naopak četnost dnů s dobrými nebo zlepšenými rozptylovými podmínkami je ve dnech s typy proudění SW½ 19,1 %, zatímco ve dnech s typy proudění NE½ pouze 4,1 %. V ostatních dnech, které nelze dle zvolených kritérií zařadit do žádného uvedeného denního typu směru proudění, je relativní četnost dnů se špatnými nebo zhoršenými podmínkami rozptylu nejvyšší (41,1 %) a naopak relativní četnost dnů s dobrými nebo zlepšenými rozptylovými podmínkami je nejnižší (3,5 %). To je přirozené, protože jak již bylo uvedeno, pokud nelze proudění v daný den přiřadit ani k jednomu typu, jedná se vesměs o dny

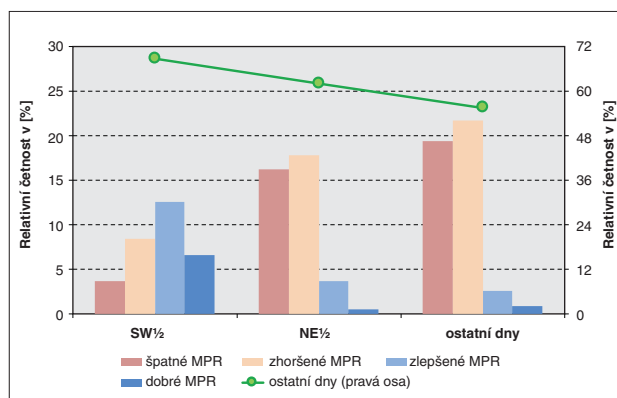
s malou rychlostí a proměnlivým směrem větru. Relativní četnosti ostatních normálních dnů, které nelze dle zvolených kritérií zařadit do žádného uvedeného typu meteorologických podmínek rozptylu, jsou nejčastější ve dnech s typem proudění SW½ a nejméně časté jsou obdobně jako dny s dobrými nebo zlepšenými rozptylovými podmínkami v ostatních dnech z hlediska denního typu směru proudění.

Souhrnný přehled o sezonních počtech odvozených denních typů proudění a denních typů meteorologických podmínek rozptylu na Ostravsku od chladné, respektive zimní sezony 1961/1962 do chladné, respektive zimní sezony 2015/2016 je uveden v tab. 6 a 7. Četnosti odvozených typů v jednotlivých sezonách byly porovnány s dlouhodobými průměrnými četnostmi dané sezony za 50leté období 1961/1962 až 2010/2011 a zařazeny podle 2., 10., 25., 75., 90. a 98. percentilu do sedmi kategorií. Sezonní četnosti rovné a větší než 25. percentil a rovné a menší než 75. percentil nejsou v tabulkách zvýrazněny (jedná se o sezony s normální četností daného typu podle metodických pravidel ČHMÚ 1988). Hodnoty menší než 25. percentil a rovné a větší než 10. percentil (podnormální četnosti), menší než 10. percentil a rovné a větší než 2. percentil (silně podnormální četnosti), menší než 2. percentil (mimořádně podnormální četnosti), větší než 75. percentil a rovné a menší než 90. percentil (nadnormální četnosti), větší než 90. a rovné a menší než 98. percentil (silně nadnormál-



Obr. 4 Průměrné měsíční počty dnů s uvedeným denním směrem meteorologických podmínek rozptylu (MPR).

Fig. 4. Monthly average number of days with the specified type of daily meteorological dispersion conditions (MPR).



Obr. 5 Relativní četnosti denních typů meteorologických podmínek rozptylu (MPR) ve dnech s uvedeným denním směrem proudění.

Fig. 5. Relative frequencies of the daily types of meteorological dispersion conditions (MPR) during the days with the specified daily type of airflow direction.

Table 6. Seasonal frequencies of days with the specified type of daily airflow direction (DTSP)

xx	počet dnů $xx < 2$. percentil	xx	$2. \text{ percentil} \leq xx < 10. \text{ percentil}$	xx	$10. \text{ percentil} \leq xx < 25. \text{ percentil}$	xx	$25. \text{ percentil} \leq xx < 75. \text{ percentil}$	xx	$75. \text{ percentil} > xx \geq 90. \text{ percentil}$	xx	$90. \text{ percentil} > xx \geq 98. \text{ percentil}$	xx	$xx > 98. \text{ percentil}$
-----------	--------------------------------	-----------	--	-----------	---	-----------	---	-----------	---	-----------	---	-----------	------------------------------

Table 7. Seasonal frequencies of days with the specified type of daily meteorological dispersion conditions (MPR) and seasonal average daily air temperatures (PDTV).

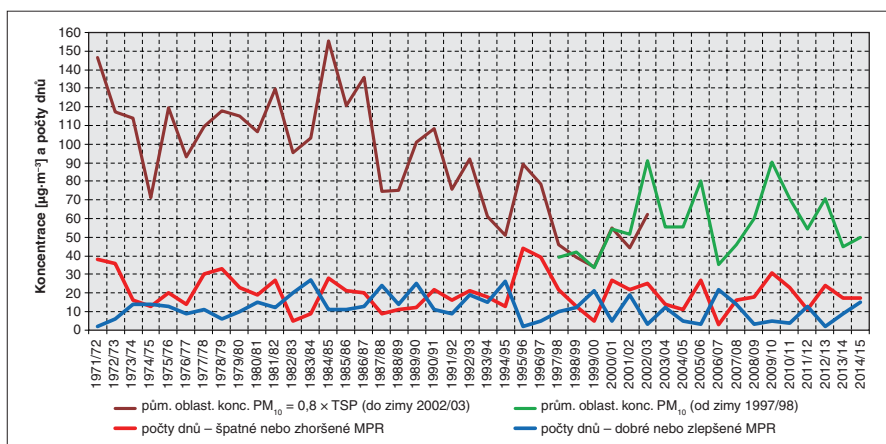
xx	počet dní $xx < 2$. percentil	xx	2. percentil $\leq xx < 10$. percentil	xx	10. percentil $\leq xx < 25$. percentil	xx	25. percentil $\leq xx < 75$. percentil	xx	75. percentil $> xx \geq 90$. percentil	xx	90. percentil $> xx \geq 98$. percentil	xx	$xx > 98$. percentil
----	--------------------------------	----	---	----	--	----	--	----	--	----	--	----	-----------------------

ní četnosti) a větší než 98. percentil (mimořádně nadnormální četnosti) jsou v tabulce barevně odlišeny. Tab. 7 je pro ilustraci doplněna o obdobně vyhodnocenou sezonní průměrnou oblastní teplotu vzduchu.

Četnosti denních typů proudění SW $\frac{1}{2}$ z jihozápadní poloviny horizontu byly silně až mimořádně nadnormální v zimních sezonách 1976/1977, 1988/1989, 1989/1990, 1998/1999 a 1999/2000 a rovněž i v poslední vyhodnocené zimní sezoně 2015/2016, naopak silně až mimořádně podnormální byly v zimních sezonách 1962/1963, 1969/1970, 1995/1996, 2002/2003 a 2009/2010. Četnosti denních typů proudění NE $\frac{1}{2}$ ze severovýchodní poloviny horizontu byly silně až mimořádně nadnormální v zimních sezonách 1962/1963, 1995/1996, 2002/2003, 2009/2010 a 2012/2013, naopak silně až mimořádně podnormální byly v zimních sezonách 1988/1989, 1989/1990 a 1999/2000. Největší meziroční změna v chladných obdobích v sezonním počtu dnů s denním typem proudění SW $\frac{1}{2}$ nebo NE $\frac{1}{2}$ byla mezi sezonami 1967/1968 až 1968/1969 a 1994/1995 až 1995/1996. V sezoně 1967/1968 byla četnost dnů s typem SW $\frac{1}{2}$ 133 a dnů s typem NE $\frac{1}{2}$ 19 a v následující sezoně byla četnost typů SW $\frac{1}{2}$ 83 dnů a typů NE $\frac{1}{2}$ 57 dnů. V sezoně 1994/1995 byla četnost typů SW $\frac{1}{2}$ 124 dnů a typů NE $\frac{1}{2}$ 30 dnů a v následující sezoně byla četnost typů SW $\frac{1}{2}$ 76 dnů a typů NE $\frac{1}{2}$ 70 dnů. Z 50 hodnocených období byla v 21 obdobích u typu SW $\frac{1}{2}$ a v 16 obdobích u typu NE $\frac{1}{2}$ meziroční změna v počtu dnů s daným typem větší než 18 dnů (tj. více než 10 % dnů chladného období). Řady sezonních počtů dnů s denními typy proudění SW $\frac{1}{2}$ a NE $\frac{1}{2}$ byly podrobeny testování Mannovým-Kendallovým testem (Salmi et al. 2002). Provedené testy neprokázaly u těchto charakteristik žádný trend jak pro chladná, tak ani i pro zimní období.

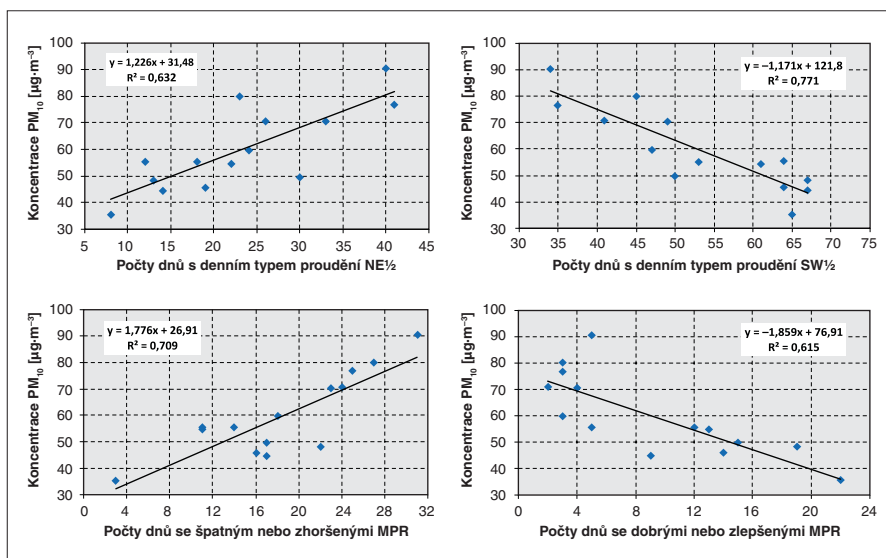
Pro celé hodnocené 55leté období 1961/1962 až 2015/2016 je možno konstatovat, že nejhorší meteorologické podmínky rozptylu byly jak v zimním období (prosinec až leden), tak i v širším chladném období (říjen až březen) sezonách 1962/1963 a 1995/1996. K zimním obdobím se špatnými podmínkami rozptylu lze dále zařadit sezony 1963/1964, 1968/1969, 1971/1972, 1972/1973, 1978/1979, 1996/1997 a 2009/2010. Ve všech těchto uvedených zimních obdobích byly ve více než třetině dnů špatné nebo alespoň zhoršené podmínky a přitom zlepšené nebo dokonce dobré podmínky trvaly méně než 10 dnů. Naopak k zimním obdobím s nejpříznivějšími meteorolo-

gickými podmínkami rozptylu lze zařadit sezony 1982/1983, 1983/1984, 1987/1988, 1999/2000 a 2006/2007, ve kterých byla četnost dnů se špatnými nebo alespoň zhoršenými podmínkami menší než 10 dnů a dnů se zlepšenými, nebo dokonce dobrými podmínkami bylo od 20 do 27 dnů. Největší meziroční změna v chladných obdobích v sezonním počtu dnů se špatnými nebo zhoršenými podmínkami rozptylu (dny FF+F) a se zlepšenými nebo dobrými podmínkami rozptylu (dny G+GG) byla mezi sezonami 1994/1995–1995/1996 a 2005/2006–2006/2007. V sezoně 1994/1995 byla četnost dnů s typem FF+F 29 a dnů s typem G+GG 41 a v následující sezoně byla četnost typů FF+F 80 dnů a typů G+GG pouze 5 dnů. V sezoně 2005/2006 byla četnost dnů s typem FF+F 60 a dnů s typem G+GG pouze 8 a v následující sezoně byla četnost typů FF+F 19 dnů a typů G+GG 30 dnů. Z 50 hodnocených období byla v 16 obdobích u typu FF+F a ve 4 obdobích u typu G+GG meziroční změna v počtu dnů s daným typem větší než 18 dnů (tj. ve více než 10 % dnů chladného obdo-



Obr. 6 Průměrné koncentrace suspendovaných částic na Ostravsku v zimních obdobích a sezonní počty dnů s uvedenými denními typy meteorologických podmínek rozptylu (MPR).

Fig. 6. The average concentration of suspended particles in the Ostrava region in the winter time and the seasonal number of days with the specified types of daily meteorological dispersion conditions (MPR).



Obr. 7 Průměrné sezonní koncentrace PM₁₀ v zimních obdobích 2001 až 2014 v závislosti na sezonním počtu dnů s uvedeným denním typem proudění a denním typem meteorologických podmínek rozptylu (MPR).

Fig. 7. The average seasonal PM₁₀ concentrations in the winter periods from 2001 to 2015, in relation to the seasonal number of days with the specified types of daily airflow direction and meteorological dispersion conditions (MPR).

bí). Obdobně lze meziroční proměnlivost meteorologických podmínek rozptylu na Ostravsku rovněž dokumentovat na již uvedeném zimním období 2006/2007 s 22 dny typu GG+G a pouze se třemi dny typu FF+F, zatímco v předcházejícím zimním období 2005/2006 se dny GG+G vyskytly pouze tři a dnů typu FF+F bylo 27. Řady sezonních počtů dnů s denními typy meteorologických podmínek rozptylu byly rovněž podrobeny testování Mannovým-Kendallovým testem (Salmi et al. 2002). Provedené testy potvrdily u těchto charakteristik pouze rostoucí trend pro sezonní počty ostatních dnů (tj. „normálních“ dnů nezařazených do žádného z typů FF, F, G a GG) na hladině významnosti $\alpha = 0,01$ v chladných obdobích a na hladině významnosti $\alpha = 0,05$ v zimních obdobích a klesající trend na hladině významnosti $\alpha = 0,05$ v chladných obdobích pro sezonní četnosti dnů s typem GG, tj. s dobrými meteorologickými podmínkami rozptylu.

Předmětem tohoto příspěvku nebylo studium vztahu mezi meteorologickými podmínkami rozptylu na Ostravsku a úrovní znečištění ovzduší. Pro ilustraci tohoto vztahu jsou proto na následujícím obr. 6 alespoň vyneseny odhady průměrné oblastní sezonní koncentrace suspendovaných částic v zimních obdobích od zimy 1971/1972 do zimy 2002/2003 dle měření z manuálních stanic a od zimy 1997/1998 do zimy 2014/2015 z automatizovaných stanic a pro jednotlivé zimní sezony rovněž četnosti dnů se špatnými nebo alespoň zhoršenými podmínkami a četnosti dnů se zlepšenými nebo dokonce dobrými podmínkami rozptylu. V 70. až 80. letech 20. století byla úroveň znečištění ovzduší na Ostravsku na velmi vysoké úrovni a průměrné zimní oblastní koncentrace suspendovaných částic kolísaly mezi 70 až 150 $\mu\text{g}\cdot\text{m}^{-3}$. V 90. letech došlo na Ostravsku k výraznému poklesu znečištění ovzduší suspendovanými částicemi (Krejčí 2008) a v 21. století zatím průměrné zimní oblastní koncentrace suspendovaných částic kolísají na úrovni cca 35 až 90 $\mu\text{g}\cdot\text{m}^{-3}$ (cca 50–60 % původní úrovně v 70. až 80. letech 20. století). Z obr. 6 je dobře vidět, že charakter jednotlivých zimních období z hlediska meteorologických podmínek rozptylu většinou velmi dobře koresponduje s průměrnou oblastní sezonní koncentrací suspendovaných částic. Nárůst počtu dnů typu FF+F spojený s poklesem počtu dnů typu GG+G je většinou spojen s nárůstem oblastní sezonní koncentrace a naopak (viz např. období 1981/1982 až 1982/1983, 1983/1984 až 1984/1985, 1986/1987 až 1987/1988, 1994/1995 až 1995/1996, 2005/2006 až 2006/2007). Závislosti průměrných sezonních oblastních koncentrací PM_{10} na Ostravsku za 14 zimních období 2001/2002 až 2014/2015 na sezonních počtech dnů s denním typem proudění SW½, respektive NE½ a na sezonních počtech dnů se špatnými nebo zhoršenými, respektive dobrými nebo zlepšenými meteorologickými podmínkami rozptylu ukazuje obr. 7. Je možno konstatovat, že vyšetřované závislosti ukazují významnou závislost mezi sledovanými veličinami. Průměrné sezonní oblastní koncentrace PM_{10} rostou s rostoucím počtem dnů s prouděním ze severovýchodní poloviny horizontu a se špatnými nebo zhoršenými meteorologickými podmínkami rozptylu, a naopak klesají s rostoucím počtem dnů s prouděním z jihozápadní poloviny horizontu a s dobrými nebo zlepšenými meteorologickými podmínkami rozptylu.

Hodnocení závislosti úrovně znečištění ovzduší na meteorologických podmínkách rozptylu je v této práci provedeno pouze orientačně pro zimní období prosinec až únor jako celek. To samozřejmě může vést k určitému shlazení případných závislostí, protože meteorologické podmínky rozptylu

Tab. 8 Denní typy meteorologických podmínek rozptylu ve vybraných dnech.

Table 8. Daily types of meteorological dispersion conditions for selected days.

a) Únor 2005 (5.–8. února 2005)

Den	PM_{10}	DTSP	DT	PDTV	DTTZ	DTRP	DTMPR	DT
2/2	36	SW½	4.	-1,3	C	B	ost.	5.
3/2	73	NE½	1.	-0,8	C	C	ost.	6.
4/2	62	NE½	2.	-3,9	C	C	ost.	7.
5/2	167	X	1.	-9,7	A	B	FF	1.
6/2	346	SW½	1.	-12,7	A	A	FF	2.
7/2	313	SW½	2.	-13	A	A	FF	3.
8/2	157	SW½	3.	-10,3	A	B	FF	4.
9/2	62	X	1.	-9,9	A	C	F	1.
10/2	66	SW½	1.	-3,6	A	D	ost.	1.

b) Leden 2006 (8.–13. ledna 2006)

Den	PM_{10}	DTSP	DT	PDTV	DTTZ	DTRP	DTMPR	DT
5/1	50	NE½	4.	-1,3	B	D	ost.	20.
6/1	69	NE½	5.	-2,4	A	B	FF	1.
7/1	95	NE½	6.	-4,4	B	B	F	1.
8/1	279	X	1.	-10,2	A	A	FF	1.
9/1	364	X	2.	-11,9	A	A	FF	2.
10/1	248	SW½	1.	-8,2	A	B	FF	3.
11/1	120	X	1.	-6,9	A	C	F	1.
12/1	188	NE½	1.	-4,6	A	B	FF	1.
13/1	119	NE½	2.	-2,9	A	A	FF	2.
14/1	90	SW½	1.	-5,8	A	C	F	1.
15/1	47	SW½	2.	-9,5	A	D	ost.	1.

c) Leden 2010 (23.–27. ledna 2010)

Den	PM_{10}	DTSP	DT	PDTV	DTTZ	DTRP	DTMPR	DT
20/1	60	NE½	2.	-7,5	B	C	ost.	4.
21/1	79	NE½	3.	-8,8	B	C	ost.	5.
22/1	81	NE½	4.	-9,9	B	C	ost.	6.
23/1	235	NE½	5.	-15,4	A	A	FF	1.
24/1	302	NE½	6.	-18,4	A	A	FF	2.
25/1	458	NE½	7.	-13,6	A	A	FF	3.
26/1	401	NE½	8.	-14,7	A	B	FF	4.
27/1	159	SW½	1.	-13,1	B	C	ost.	1.
28/1	27	SW½	2.	-2,7	C	E	G	1.
29/1	16	SW½	3.	-0,1	D	E	GG	1.

PM_{10} – aritmetický průměr z průměrných denních koncentrací PM_{10} ze stanic Karviná, Ova-Fifejdy a Ova-Zábřeh v $\mu\text{g}\cdot\text{m}^{-3}$

DTSP – denní typ směru proudění

DT – den trvání výskytu daného typu

PDTV – průměrná denní teplota vzduchu ve °C (průměr ze stanic Mošnov a Lučina)

DTTZ – denní typ teplotního zvrstvení

DTRP – denní typ rychlosti proudění

DTMPR – denní typ meteorologických podmínek rozptylu

se mohou výrazně měnit jak v průběhu hodnocených období, tak i během dne. Konkrétní imisní situace je závislá nejen na okamžitých meteorologických podmínkách rozptylu, ale rovněž i na době jejich trvání. Délétrvající nepříznivé podmínky pro rozptyl znečišťujících látek v ovzduší vedou v dané oblasti k postupnému navýšení koncentrací zejména suspendovaných částic PM_{10} až na násobky imisních limitů a ke vzniku vícedenních epizod vysoké úrovně znečištění ovzduší (smo-

gových situací). Takové výrazně nepříznivé situace s vysokými koncentracemi PM_{10} nastaly na Ostravsku např. v lednu 2005, únoru 2006 nebo v lednu 2010 (podrobný rozbor těchto situací viz ČHMÚ 2006, ČHMÚ 2007, Blažek et al. 2010). V tab. 8 jsou pro zajímavost pro tyto situace uvedeny zde odvozené denní typy meteorologických podmínek a průměrná denní oblastní teplota vzduchu jak pro dny vlastní epizody, tak pro dny před a po epizodě. Je možno konstatovat, že pro 13 z 15 dnů uvedených epizod byl denní typ meteorologických podmínek FF, jeden den F a pouze poslední den lednové epizody v roce 2010 patřil mezi tzv. ostatní dny, pro které nebyl denní typ stanoven. Ukončení všech epizod je spojeno s nárůstem průměrných denních oblastních rychlostí větru nad $3 \text{ m} \cdot \text{s}^{-1}$ a u lednové epizody v roce 2010 i s výraznou změnou vertikální stability. Na konci obou lednových epizod 2006 i 2010 došlo rovněž ke změně denního typu proudění NE½ na SW½. Je zajímavé, že při únorové epizodě 2005 byl denní typ proudění SW½ a denní typy NE½ vznik epizody naopak předcházely. Je rovněž vidět, že všechny uvedené epizody jsou spojené s výrazným ochlazením.

4. ZÁVĚR

V předešlých odstavcích byly předloženy výsledky vyhodnocení dlouhodobého režimu oblastních meteorologických podmínek rozptylu na Ostravsku v chladných (říjen až březen) a zimních obdobích (prosinec až únor) pro 50letí 1961 až 2010 pomocí denních typů těchto podmínek a denních typů směru proudění odvozených pro potřeby této práce. Autorem zvolená a pro tuto práci použitá metodika představuje pouze jeden z mnoha možných přístupů. Vyhodnocení potvrdilo, že meteorologické podmínky rozptylu mají v hodnocené oblasti poměrně výraznou meziroční proměnlivost. V jednom chladném období hodnoceného 50letí se vyskytuje 13–83 dnů se špatnými nebo zhoršenými meteorologickými podmínkami rozptylu (v průměru 40,4 takových dnů) a naopak 5–45 dnů s dobrými nebo zlepšenými podmínkami rozptylu (průměrně 23,7 dnů). Provedené vyhodnocení četností denních typů směru proudění na Ostravsku potvrdilo známou skutečnost, že zde výrazně převládá jihozápadní proudění. Denní typy směru proudění z jihozápadní poloviny horizontu (SW½) se v jednom chladném období hodnoceného 50letí vyskytly v 69–139 dnech (průměrně 109,0 dnů), denní typy proudění ze severovýchodní poloviny horizontu (NE½) v 18–70 dnech (průměrně 40,4 dnů). Z hlediska meteorologických podmínek rozptylu má rovněž velký význam ta skutečnost, že mnohem čtenější jihozápadní proudění je spojeno s větší rychlostí proudění, a tedy s lepšími meteorologickými podmínkami rozptylu. Ve dnech s tímto prouděním je relativní četnost dnů s dobrými nebo zlepšenými rozptylovými podmínkami 19,1 % a relativní četnost dnů se špatnými nebo zhoršenými podmínkami rozptylu 12,1 %. Naopak ve dnech s prouděním ze severovýchodní poloviny horizontu je relativní četnost dnů s dobrými nebo zlepšenými rozptylovými podmínkami pouze 4,1 % a relativní četnost dnů se špatnými nebo zhoršenými podmínkami rozptylu dosahuje 34,0 %. Přínos práce spočívá v tom, že zde byl odvozen a uveden 50letý „normál“ charakteristik popisujících meteorologické podmínky rozptylu v imisně velmi zatížené oblasti Ostravska, umožňující vzájemně porovnávat charakter chladných, respektive zimních období z hlediska meteorologických podmínek rozptylu. Podle zvolené metodiky byly stanoveny denní typy meteorologických podmínek rozptylu v hodnocené oblasti nejen za 50leté období říjen–březen roků 1961/1962 až 2010/2011, ale

i za posledních pět těchto období 2011/2012 až 2015/2016. Získané výsledky tak mohou být použity a aplikovány i pro další studium imisně-meteorologických vztahů v zájmové oblasti a pro studium případného vývoje imisního zatížení zájmové oblasti.

Poděkování:

Děkuji pobočce ČHMÚ Ostrava za poskytnutí použitých meteorologických a imisních dat.

Literatura:

- BLAŽEK, Z., ČERNIKOVSKÝ, L., OSTROŽLÍK, T., VOLNÝ, R., KRAJNÝ, E. et al., 2010. Smogová situace v oblasti Ostravsko-Karvinska ve dnech 23.–27. ledna 2010. *Meteorologické zprávy*, roč. 63, č. 2, s. 33–41. ISSN 0026-1173.
- BLAŽEK, Z., ČERNIKOVSKÝ, L., KRAJNÝ, E., KREJČÍ, B., OŠRÓDKA, L. et al., 2013. Vliv meteorologických podmínek na kvalitu ovzduší v přeshraniční oblasti Slezska a Moravy. Praha: Český hydrometeorologický ústav. 181 s. ISBN 978-80-87577-15-8.
- ČERNIKOVSKÝ, L., 2008. Měření znečištění ovzduší suspendovanými částicemi v letech 1972–2006. In: *Sborník prací Českého hydrometeorologického ústavu*, sv. 53, Praha: ČHMÚ, s. 14–23. ISBN 978-80-86690-53-7, ISSN 0232-0401.
- ČERNIKOVSKÝ, L., KREJČÍ, B., SYNKOVÁ, A., 2014. Vliv meteorologických podmínek na kvalitu ovzduší v Moravskoslezském kraji v letech 2000–2014. [online]. [cit. 31. 5. 2016]. Dostupné z WWW: http://iszp.kr-moravskoslezsky.cz/assets/ovzdusi/smogove-situace/vliv-meteo-podminek-na-kvalitu-ovzdusi-2000-2014_2014-05-09_1.pdf.
- ČHMÚ, 1988. Metodický pokyn NVV č. 1/1988: Klimatické normály. Praha: ČHMÚ. 12 s.
- ČHMÚ, 2006. Znečištění ovzduší na území České republiky v roce 2005. Grafická ročenka, 216 s. ISBN 978-80-86690-37-7.
- ČHMÚ, 2007. Znečištění ovzduší na území České republiky v roce 2006. Grafická ročenka, 236 s. ISBN 978-80-86690-42-1.
- KREJČÍ, B., 2008. Vývoj úrovně znečištění ovzduší suspendovanými částicemi v letech 1972–2006. In: *Sborník prací Českého hydrometeorologického ústavu*, sv. 53, Praha: ČHMÚ, s. 24–37. ISBN 978-80-86690-53-7, ISSN 0232-0401.
- MAREŠ, J. et al., 1975. Vliv člověka na životní prostředí Ostravska. In: *Studia geographica*, sv. 43, Brno: Geografický ústav ČSAV.
- ČESKO, 2002. Nařízení vlády č. 350/2002 Sb., kterým se stanoví imisní limity a podmínky, způsob sledování, posuzování, hodnocení a řízení kvality ovzduší.
- NEKOVÁŘ, J., 1971. Klimatické podmínky znečišťování ovzduší na Ostravsku. *Ochrana ovzduší*, č. 9 a 10, s. 135–144 a 148–152.
- REIN, F., 1970. Orientační charakteristiky vertikálního gradientu teploty a vektoru větru ve spodních 300 m atmosféry. *Meteorologické zprávy*, roč. 23, č. 5, s. 113–116. ISSN 0026-1173.
- REIN, F., 1971. Znečištění ovzduší a mezní vrstva atmosféry z hlediska klimatologie. *Meteorologické zprávy*, roč. 24, č. 3–4, s. 74–79. ISSN 0026-1173.
- SALMI, T., MÄÄTTÄ, A., ANTTILA, P., RUOHO-AIROLA, T., AMNELL, T., 2002. Detecting Trends of Annual Values of Atmospheric Pollutants by the Mann-Kendall Test and Sen's Slope Estimates. Helsinki: Finnish Meteorological Institute, 35 s. ISBN 951-697-563-1.

Lektoři (Reviewers): RNDr. Josef Keder, CSc.,
prof. RNDr. Jan Bednář, CSc.

ASIMILACE DAT DO MODELU ALADIN/CZ: STUDIUM CHYBY POZOROVÁNÍ Z PŘÍSTROJE AMSU

Patrik Benáček, Český hydrometeorologický ústav, Na Šabatce 17, Praha 4; katedra fyziky atmosféry,
Matematicko-fyzikální fakulta, Univerzita Karlova v Praze, V Holešovičkách 2, 180 00 Praha 8, patrik.benacek@chmi.cz

Data Assimilation into the ALADIN/CZ Model: Study of AMSU Instrument Observation Error. Data assimilation provides the optimal combination of background and observations, where the increments to analysis are weighted by their error settings. Knowledge of the true errors is crucial to get the optimal initial conditions for the numerical models; however, error estimation in data assimilation is not a straightforward problem. The aims of this study are threefold: to demonstrate the importance of the true observation error in the assimilation scheme, to summarise the main sources of errors and, finally, to estimate the observation error of the Advanced Microwave Sounding Unit-A (AMSU-A) and Microwave Humidity Sounder (MHS) instruments (used by the National Oceanic and Atmospheric Administration (NOAA) and MetOp polar satellites) in the Aladin/CZ model. As a practical matter, we first study the inconsistency between the observation times and the background valid at the analysis time. As a result, an increase in representativeness error with an assimilation window length was detected. Specifically, the estimated optimal window lengths are two (MHS) and three (AMSU-A) hours long. Subsequently, based on the method described by Desroziers et al. (2005), the observation errors were estimated. Following the diagnostics, the predefined error setting was found to be overestimated for the both instruments in the Aladin/CZ model. The most significant overestimation (up to 300 %) was detected for the MHS

KLÍČOVÁ SLOVA: asimilace dat – přístroje družicové – AMSU-A – MHS – chyba pozorování

KEYWORDS: data assimilation – satellite instruments – AMSU-A – MHS – observation error

1. ÚVOD

Numerická předpověď počasí popisuje vývoj stavu atmosféry v čase, použitím matematických modelů, které jsou založeny na řešení fyzikálních rovnic. Kvalita numerické předpovědi je v první řadě ovlivněna počátečními podmínkami, tj. aktuálním stavem atmosféry (Daley 1991). Tento aktuální stav představuje v numerické předpovědi tzv. analýza, kterou lze definovat jako pravidelnou prostorovou reprezentaci závislých meteorologických veličin v daném čase. Pro co nejpřesnější analýzu se kombinují dostupné informace o meteorologických veličinách ze dvou zdrojů: předběžné pole, kterým je zpravidla krátká předpověď modelu z předchozí analýzy, a meteorologická pozorování. Cílem asimilace dat je najít optimální analýzu na základě lineární kombinace předběžného pole a pozorování. Na základě teorie optimálního odhadu vede tento způsob řešení, za daných předpokladů, k tzv. BLUE (Best Linear Unbiased Estimate) odhadu (Courtier et al. 1998). Jako vhodný nástroj k jeho řešení se od 80. let ukázala variační formulace, která je založena na minimalizaci funkcionálu ve tvaru kvadratické formy. Tento funkcionál měří vzdálenost pozorování a předběžného pole od pole analýzy, a výsledná analýza je získána příspěvkem obou zdrojů váženými odhadem jejich chyby. Chyby pozorování a předběžného pole jsou reprezentovány v asimilaci dat kovariačními maticemi chyb pozorování R a předběžného pole B , které zahrnují variance (na diagonále) a kovariance (mimo diagonálu) chyb. Správný odhad obou kovariančních matic je jedním ze základních předpokladů získání optimální analýzy ve smyslu její minimální chyby.

Odhad matice R vyžaduje znalost všech zdrojů chyb a jejich vzájemné závislosti, což není přímočarý problém. Proto je matice R často získána pomocí diagnostických metod, které umožňují odhad chyb pozorování alespoň ve statistickém smyslu. Nejčastěji jsou používány metody, které jsou založené buď na porovnání dvou typů pozorování (Bormann et al. 2003), nebo na porovnání pozorování s předběžným polem či analýzou modelu (Desroziers et al. 2005; Hollingsworth, Lönnberg 1986). Matice R se navíc kvůli výpočetní náročnosti zjednodušuje na diagonální tvar. Ačkoli je tento předpoklad platný u

pozorování ze vzdálených přístrojů, není obecně platný u pozorování s vysokým prostorovým pokrytím, jako např. u družicových či leteckých pozorování. Tyto závislosti lze zanedbat v případě, že korelace chyb mezi pozorováními nejsou vyšší než 0,15–0,2 (Liu, Rabier 2003). V opačném případě může tento předpoklad vést k znehodnocení analýzy. V praxi se tyto závislosti dají redukovat např. prostorovým ředěním dat (angl. data thinning) nebo umělým navýšením variancí chyb pozorování uvnitř diagonální matice R (Bormann, Bauer 2010; Dando et al. 2007; Collard, McNally 2009).

Meteorologické družice jsou v současné době jedním z nejvýznamnějších typů pozorování v numerické předpovědi počasí. Prostřednictvím dálkového průzkumu Země poskytují tato pozorování informaci o stavu atmosféry s dobrým časovým i prostorovým pokrytím. Přístroje na palubě družic, tzv. radiometry, snímají elektromagnetické záření (radiaci) pocházející ze systému Země-atmosféra v daných spektrálních pásmech, tzv. kanálech. Tyto kanály jsou popisovány pomocí centrálních frekvencí. V numerické předpovědi jsou obvykle asimilovány hodnoty jasové teploty T_B , které jsou získány z naměřené radiace podle Planckova zákona. Abychom mohli tato pozorování asimilovat do modelu, je nutné zajistit přechod z kontrolní proměnné modelu (např. teplota, tlak, vlhkost) na T_B . Tento výpočet zajišťuje datový operátor, který umožňuje porovnat pozorovanou T_B od T_B simulované modelem. Následně je vypočten příspěvek pozorování ke gradientu funkcionálu, jehož minimum hledáme, a pomocí sdruženého datového operátoru se tento gradient zobrazí zpět do prostoru modelové proměnné, tj. promítné signál z pozorování na gradient teploty, vlhkosti atd. Datový operátor zahrnuje prostorovou interpolaci z uzlových bodů do bodů měření a prostřednictvím řešení rovnice radičního přenosu (Radiative Transfer Equation – RTE;) zajišťuje výpočet simulované T_B . Přestože je rovnice RTE nelineární, v praxi je používána linerizovaná forma datového operátoru, která splňuje základní předpoklad variačních asimilačních metod. Dostatečně rychlé a přesné řešení RTE poskytují statistické regresní modely RTTOV (Radiative Transfer for TOVS), popsané Saundersem et al. (1999), nebo CRTM (Community Radiative Transfer Model) popsané ve stati (Weng et al. 2005).

Dříve než jsou družicová pozorování asimilována, prochází procesem kontroly kvality. Ta zajišťuje vyřazení trvale, resp. dočasně poškozených přístrojových kanálů, kontrolu hrubých chyb pozorování, konzistenci pozorování s předběžným polem a opravu systematických chyb. Trvale vyřazovány jsou i kanály, u nichž je přesnost výpočtu simulované T_B limitována popisem komplexních procesů v RTE. Patří sem kanály snímající v pásmu:

1. silné absorpce záření oblačností a hydrometeory (Prates et al. 2013; Stengel et al. 2013),
2. atmosférického okna, propouštějícího většinu záření ze zemského povrchu (Guedj et al. 2011),
3. viditelného a blízkého infračerveného záření (Kostka et al. 2014).

Asimilace těchto kanálů vyžaduje popis procesů, které jsou vysoce nelineární, nebo je nelze dostatečně přesně reprezentovat numerickým modelem. Proto jsou tyto kanály z asimilace dat vyřazovány, resp. je použito doplňkových schémat, která umožňují vybrat podmnožinu měření, dostatečně přesně popsanou datovým operátorem. Mezi tato schémata patří např. metody detekce oblačnosti nebo schémata výběru měření s ohledem na typ zemského povrchu. Ačkoli má asimilace výše popsaných kanálů velký význam pro krátkodobou předpověď, v současné době je stále předmětem aktivního vývoje.

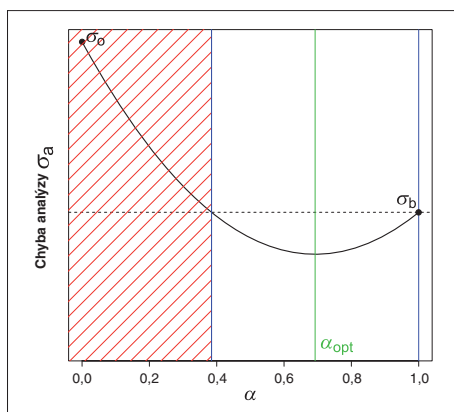
Cílem této práce je odhadnout chyby pozorování pro přístroj AMSU (Advanced Microwave Sounding Unit) v numerickém modelu Aladin/CZ. Význam chyby pozorování v asimilaci dat je popsán v kapitole 2. Následuje popis hlavních zdrojů chyb pozorování a popis diagnostické metody Desroziersovy (2005), která je často využívána k odhadu chyby. Družicový přístroj AMSU a model Aladin/CZ jsou popsány v kapitolách 3 a 4. V praktické části byl nejprve studován vliv časové konzistence pozorování a předběžného pole na velikost chyby reprezentativnosti (kapitola 5.1). Na základě popsané diagnostické metody byla poté odhadnuta chyba pozorování pro přístroj AMSU (kapitola 5.2). Závěr diskutuje výslednou diagnostiku a porovnává s výchozím nastavením chyby pozorování v modelu Aladin/CZ (kapitola 6).

2. CHYBA POZOROVÁNÍ V ASIMILACI DAT

Význam chyby pozorování u asimilačních metod bude popsán na tří-dimenzionální variační metodě 3D-Var (Courtier et al. 1998), která je použita v numerickém modelu Aladin/CZ (kapitola 4). Optimální analýza, ve smyslu její minimální chyby, je u variačních metod získána minimalizací funkcionálu, který popisuje vzdálenost analýzy $\bar{x}$ od předběžného pole $\bar{x}_b$ a dostupných pozorování $\bar{y}$. Pro metodu 3D-Var lze funkcionál vyjádřit ve tvaru:

$$J(\bar{x}) = \frac{1}{2}(\bar{x} - \bar{x}_b)^T \mathbf{B}^{-1}(\bar{x} - \bar{x}_b) + \frac{1}{2}(\bar{y} - H(\bar{x}))^T \mathbf{R}^{-1}(\bar{y} - H(\bar{x})) \quad (1)$$

kde $\mathbf{B}$ resp. $\mathbf{R}$ jsou kovarianční matice chyb předběžného pole, resp. pozorování, které reprezentují váhu příspěvků z obou



Obr. 1 Ilustrace závislosti chyby analýzy na nastavení váhy α . Optimální váhu α_{opt} lze získat minimalizací funkce (3) za předpokladu správného odhadu chyb pozorování a předběžného pole.

Fig. 1. Illustration of how the analysis error changes with the weight α . The optimal weight α_{opt} might be derived by minimization of the function (3) supposing the best estimate of the observation and background error.

informací do výsledné analýzy. H je datový operátor, který zajišťuje výpočet hodnoty pozorování simulovaným modelem, a to v místě pozorování (více v kapitole 2.1). Matici chyb předběžného pole $\mathbf{B}$ lze odhadnout z řad modelových předpovědí např. metodou NMC (Parrish, Derber 1992) nebo ansámblovou metodou (Berre et al. 2006). Matice chyb pozorování $\mathbf{R}$ je na diagonále reprezentována variancí chyb pozorování pro jednotlivé kanály, přístroje, družice atd. Mimo diagonálu je tvořena kovariancemi chyb pozorování, které reprezentují jejich vzájemné závislosti. V praxi kovariance chyb zanedbáváme a matice $\mathbf{R}$ se zjednodušuje na diagonální tvar. Chyba pozorování je tak reprezentována kombinací chyby přístroje a chyby, které vznikají vlivem zjednodušení v asimilačním schématu (kapitola 2.1). Matici $\mathbf{R}$ lze odhadnout např. diagnostickými metodami (kapitola 2.2).

Význam správného odhadu chyby pozorování a chyby předběžného pole lze velmi dobře ilustrovat na zjednodušeném příkladu lineární kombinace skalárních hodnot z pozorování y (např. naměřená teplota v jednom místě) a předběžného pole x_b (reprezentace modelu v místě měření):

$$x_a = \alpha x_b + (1 - \alpha)y \quad (2)$$

kde α určuje váhu obou příspěvků do analýzy x_a . Chybu pozorování, resp. předběžného pole reprezentujeme směrodatnou odchylkou σ_o resp. σ_b . Za předpokladu nezávislosti obou chyb $E[\sigma_o \sigma_b] = 0$ je chyba analýzy σ_a dána vztahem:

$$\sigma_a = \sqrt{\alpha^2 \sigma_b^2 + (1 - \alpha)^2 \sigma_o^2} \quad (3)$$

Závislost chyby analýzy na váze α je znázorněna na obr. 1. Cílem asimilace dat je najít optimální váhu α_{opt} , která minimalizuje chybu analýzy σ_a . Tuto váhu lze získat minimalizací funkce (3). Za předpokladu, že $\sigma_o > \sigma_b$, což je platný předpoklad u přístroje AMSU (Bormann, Bauer 2010), pak podhodnocení σ_o ($\alpha < \alpha_{opt}$) může v krajním případě vést k horší analýze, než je chyba předběžného pole na počátku (červeně šrafované pole v obr. 1). Na druhou stranu nadhodnocení σ_o ($\alpha < \alpha_{opt}$) není tak nebezpečné, protože povede k větší chybě analýzy, která je však stále menší než chyba předběžného pole na počátku. Správný odhad chyby pozorování a předběžného pole má tedy zásadní význam pro chybu analýzy, a tudíž i kvalitu následné předpovědi.

2.1 Zdroje chyb pozorování

Chyby pozorování jsou ve schématu asimilace dat reprezentovány maticí $\mathbf{R}$, kterou lze z hlediska zdroje chyb rozdělit do čtyř hlavních komponent:

$$\mathbf{R} = \mathbf{R}_I + \mathbf{R}_H + \mathbf{R}_{Re} + \mathbf{R}_{QC} \quad (4)$$

kde $\mathbf{R}_I$ je chyba přístroje, $\mathbf{R}_H$ je chyba datového operátoru, $\mathbf{R}_{QC}$ je chyba kontroly kvality a $\mathbf{R}_{Re}$ je chyba reprezentativnosti.

Chyba přístroje $\mathbf{R}_I$ zahrnuje přesnost měření radiometru specifikovanou za nominálních podmínek před vynesením přístroje na oběžnou dráhu. Tato chyba je popsána pro dané

přístrojové kanály hodnotou NEDT (Noise-equivalent delta temperature), definovanou jako minimální změna jasové teploty vyzařujícího tělesa, kterou lze daným kanálem detekovat. K celkové chybě přístroje mohou navíc přispívat i vnější vlivy, jako např. sluneční vítr nebo změny v trajektorii družice, které nejsou v hodnotě NEDT zahrnuty.

Chyby R_H , R_{QC} a R_{Re} vznikají především v důsledku zjednodušení uvnitř asimilačního schématu. Tyto chyby mohou mít charakter náhodných, ale i systematických chyb, a detailněji jsou popsány v následujících odstavcích.

Chyba datového operátoru R_H

Datový operátor (H) ve váhové funkci (1) počítá simulovanou hodnotu pozorování z kontrolních proměnných modelu. V případě konvenčních dat, jako je třeba teplota měřená radiosondou, se datový operátor redukuje pouze na prostorovou interpolaci z uzlových bodů předběžného pole do bodů měření. U družicových pozorování zahrnuje datový operátor i řešení RTE, která zajišťuje výpočet T_B z kontrolních proměnných modelu. Dostatečně rychlé a přesné řešení RTE poskytují modely RTTOV a CRTM, které využívají předem napočítaných vlastností propustnosti atmosféry pro sadu simulovaných vertikálních profilů atmosféry a pro různé zenitové úhly. Regresní koeficienty takto parametrizovaných modelů jsou napočítány z plně fyzikálního tzv. line-by-line (LBL) modelu, který je často využíván i k vyhodnocení jejich přesnosti. Podle Rizziho et al. (2002) jsou LBL modely velmi přesné s ohledem na výpočetní proceduru, avšak jejich chyby mohou významně narůstat v důsledku nedostatečné znalosti základní spektroskopie. Nepřesná znalost šířky spektrální čáry pro danou molekulu tak může vést k výrazné chybě v simulované radiaci. Navíc odhad chyby datového operátoru závisí nejen na spektrálním pásu kanálu, ale také na synoptické situaci. Vzhledem k omezenému počtu vertikálních profilů, větší nárůst chyby lze očekávat např. v případě extrémních atmosférických podmínek.

Chyba reprezentativnosti R_{Re}

Chybou reprezentativnosti je označena prostorová, resp. časová nekonzistence mezi předběžným polem a pozorováními. V obou případech nastává, jestliže dostupné předběžné pole není v časové, resp. prostorové shodě s dostupnými pozorováními.

Prostorová nekonzistence narůstá u modelů s nižším prostorovým rozlišením, než je prostorové rozlišení měřicího přístroje. Tato chyba vzniká v případě, že pozorování rozlišují měřítka, která model rozlišit nedokáže (Daley 1991). Numerické modely jsou schopny rozlišit spektrální vlny delší než dvojnásobek horizontálního kroku modelu. Uvažujeme tedy numerický model s horizontálním rozlišením např. 5 km, pak nárůst chyby vlivem prostorové nekonzistence lze očekávat u pozorování s horizontálním rozlišením nižším než 10 km.

Časová konzistence mezi předběžným polem a pozorováními je zajištěna integrací předběžného pole v čase, zahrnutou např. v asimilačním schématu 4D-Var. Jelikož tento proces je výpočetně velmi náročný, v praxi se u většiny regionálních modelů používá zjednodušená asimilační metoda 3D-Var. Tato metoda zajišťuje optimální odhad pole analýzy v třídimenzionálním prostoru reprezentovaném pouze v časech analýzy. Pozorování jsou tak shromažďována v rámci časového intervalu kolem termínu analýzy tzv. asimilačního okna, uvnitř kterého jsou pozorování porovnávána s předběžným polem platným v čase analýzy. Nekonzistence času pozorování a předběžného pole tak může narůstat v případě dlouhé-

ho asimilačního okna, kde již nelze předpokládat stacionární předběžné pole. Významný nárůst chyby lze tak očekávat za proměnlivých synoptických situací jako např. přechod front.

Chyba kontroly kvality R_{QC}

Dříve než jsou pozorování asimilována do modelu, prochází procesem kontroly kvality. Proces kontroly kvality lze u družicových pozorování obecně popsat třemi kroky:

1. vyřazení trvale, resp. dočasně chybných přístrojů,
2. korekce systematických chyb,
3. odstranění hrubých chyb a kontrola konzistence pozorování s předběžným polem.

Trvale nebo dočasně chybné kanály, radiometry či družice jsou zaznamenány provozovatelem přístroje a následně zařazeny na tzv. černou listinu (angl. blacklist), která zajišťuje vyřazení příslušného přístroje z asimilace dat. Trvale vyřazovány jsou i kanály, u nichž je přesnost výpočtu simulované T_B limitována zjednodušeným popisem RTE v datovém operátoru. Jedná se o kanály snímající např. v oblasti krátkovlnného záření, měření z oblastí pokryté oblačností či hydrometeory nebo kanály, u kterých je snímání radiace silně závislá na vlastnostech zemského povrchu (např. emisivita či teplota zemského povrchu). Tato pozorování jsou vyřazována buď přímo (vyřazení celého kanálu/přístroje), nebo je využito doplňkových schémat (např. schémat detekce oblačnosti), které umožňují vybrat alespoň podмноžinu měření dostatečně přesně popsanou datovým operátorem. Chyba kontroly kvality je pak navýšena o nejistotu těchto doplňkových schémat.

V druhém kroku jsou korigovány systematické chyby u družicových kanálů. Tyto chyby jsou charakteristické konstantním posunem hodnot měření jedním směrem. Tento posun se navíc může měnit, např. v závislosti na úhlu snímání přístroje nebo vlastnostech vzduchové hmoty. V současné době jsou systematické chyby opravovány použitím schémat, která jsou založena na principu statistické regrese, jako např. VarBC (Variational Bias Correction scheme), kterou popsali Derber, Wu (1998) nebo schéma, které popsali Harris, Kelly (2001).

Nakonec je provedeno odstranění hrubých chyb a kontrola konzistence pozorování s předběžným polem. Hrubé chyby mohou být způsobeny např. nesprávným zápisem měření, náhlým selháním přístroje nebo vnějšími vlivy. Tyto chyby jsou automaticky detekovány na základě rozptylu normalizovaných odchylek pozorování $\bar{y}$ od předběžného pole $\bar{x}_b$ podle:

$$\left(\frac{\bar{y} - H(\bar{x}_b)}{\sigma_b} \right)^2 > n \times \left(\frac{\sigma_o + \sigma_a}{\sigma_b} \right)^2 \quad (5)$$

Pozorování, u nichž je odchylka od předběžného pole větší než daný odhad maximální chyby $\sigma_o + \sigma_b$, jsou označena jako podezřelá, a vyřazena z asimilace dat. Koeficient n slouží k nastavení kvality filtru, kde pro podezřelá pozorování se zpravidla používá hodnota kolem $n = 9$. V praxi však může v důsledku chyby předběžného pole docházet k falešnému vyřazení dobrých pozorování a chybnému ponechání špatných pozorování. Falešné vyřazení nastává zpravidla u jevů, které jsou pod schopností rozlišení modelu, zatímco jsou správně zachyceny lokálními pozorováními. Druhý případ chybného ponechání pozorování nastane v případě, že předběžné pole a pozorování mají podobnou chybu. Takto např. hodnota pozorování T_B s chybou -6 K (vliv oblačnosti) nebude vyřazena procesem kontrolou kvality v případě, že T_B

simulovaná z předběžného pole má stejnou chybu -6 K (vliv chyby předběžného pole).

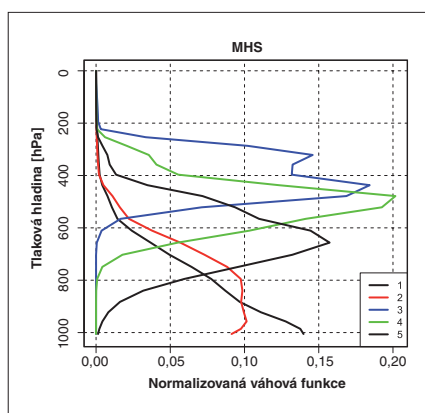
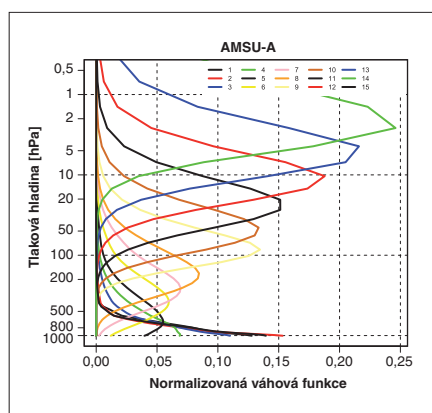
2.2 Odhad chyby pozorování

Chybu pozorování lze kvantifikovat, známe-li všechny zdroje chyb, a jejich strukturu závislostí, které jsou uvedené na pravé straně rovnice (4). Vzhledem k tomu, že závislosti mezi chybami pozorování nelze přímo měřit, a navíc neznáme celkový popis všech zdrojů chyb, nelze chybu pozorování přímo odhadnout. Elegantní přístup odhadu matice $\mathbf{R}$ poskytuje diagnostická metoda popsaná Desrozierem et al. (2005). Tato metoda je založena na diagnostice odchylek pozorování od předběžného pole $\bar{\mathbf{d}}_b = \bar{\mathbf{y}} - H(\bar{\mathbf{x}}_b)$ a odchylek pozorování od pole analýzy $\bar{\mathbf{d}}_a = \bar{\mathbf{y}} - H(\bar{\mathbf{x}}_a)$, které jsou užitečným zdrojem informací o statistických vlastnostech chyb. Za předpokladu, že chyby pozorování a předběžného pole jsou bez systematických chyb a vzájemně nezávislé a datový operátor je lineární, lze odhadnout matici $\mathbf{R}$ podle vztahu:

$$\bar{\mathbf{R}} \approx E[\bar{\mathbf{d}}_a \cdot \bar{\mathbf{d}}_b^T] \quad (6)$$

kde $\bar{\mathbf{R}}$ je odhad kovarianční matice chyb pozorování a $E[\cdot]$ značí střední hodnotu. Metodu lze aplikovat iterativně použitím diagnostikované $\bar{\mathbf{R}}$ v následujícím termínu analýzy uvnitř asimilačního cyklu. Odhad $\bar{\mathbf{R}}$ lze tak postupně zpřesňovat, až konverguje k jeho nominální hodnotě. Za jistých předpokladů je tato konvergence velmi rychlá (Chapnik et al. 2004), a proto se v praxi často využívá odhadu $\bar{\mathbf{R}}$ již po první iteraci (Bormann, Bauer 2010). Desroziers et al. (2005) navíc ukázali na jednoduchém případě, že metoda je schopná odhadnout strukturu kovariancí chyb pozorování i v případě, že $\mathbf{R}$ je na počátku diagonální. Základním předpokladem je pak dostatečný rozdíl mezi strukturami kovariancí chyb pozorování a předběžného pole. Vzhledem k tomu, že výpočetní náročnost této metody je téměř nulová, jsou tyto výsledky velmi povzbudivé.

Je nutné dodat, že základní předpoklad nezávislosti chyb pozorování a předběžného pole nemusí být nutně splněn s ohledem na proces kontroly kvality. U družicových pozorování tak může závislost mezi chybami narůstat např. v důsledku schématu detekce oblačnosti, resp. kontroly hrubých chyb, které jsou založeny na vyhodnocení odchylek pozorování od předběžného pole. Navíc předpoklad lineárního datového operátoru je u družicových pozorování diskutabilní, což je nutné při interpretaci těchto diagnostik mít na paměti.



Obr. 2 Váhové funkce pro AMSU-A (vlevo) a MHS (vpravo) reprezentující citlivost přístrojových kanálů na jednotlivé vrstvy atmosféry.

Fig. 2. Weighting functions for the AMSU-A (left) and MHS (right) instruments representing channel sensitivity to specific atmospheric layers.

Tab. 1 Přehled kanálů přístroje AMSU-A a MHS, jejichž měření jsou asimilována do modelu Aladin/CZ, včetně výchozího nastavení chyby pozorování σ_{Ald} v modelu a chyby přístroje NEDT (WMO-OSCAR 2016).

Table 1. The overview of AMSU-A and MHS channels used in Aladin/CZ model including the predefined observation error σ_{Ald} setting and the instrument error NEDT (WMO-OSCAR 2016).

Přístroj	Kanál	Centrální frekvence [GHz]	σ_{Ald} [K]	NEDT [K]
AMSU-A	5	53,596 $\pm$ 0,115	0,28	0,16
	6	54,400	0,20	0,14
	7	54,940	0,20	0,17
	8	55,500	0,20	0,17
	9	57,290	0,20	0,18
	10	57,290 $\pm$ 0,217	0,20	0,23
	11	57,290 $\pm$ 0,322 $\pm$ 0,048	0,35	0,24
	12	57,290 $\pm$ 0,322 $\pm$ 0,022	0,50	0,35
	13	57,290 $\pm$ 0,322 $\pm$ 0,010	0,85	0,51
MHS	3	183,31 $\pm$ 3,0	3,0	0,42
	4	183,31 $\pm$ 1,0	2,5	0,57
	5	190,311	2,0	0,45

3. DRUŽICOVÁ DATA

Přístroj AMSU je operativně v provozu od roku 1998 a v současné době je umístěn na palubě polárních družic NOAA, Aqua a MetOp (WMO-OSCAR, 2016). Tento přístroj lze rozdělit na přístroje AMSU-A (the Advanced Microwave Sounding Unit-A) a MHS (Microwave Humidity Sounding).

AMSU-A je 15kanálový mikrovlnný radiometr, který poskytuje primárně informaci o teplotním profilu atmosféry při rozlišení $48 \times 52,7$ km v nadíru (bodě přímo pod družicí) a v pásu širokém 2 250 km. Profil teploty poskytují kanály 3–14, které snímají v pásmu absorpce kyslíku mezi 50–60 GHz (Goodrum et al. 2009). Ostatní kanály, 1–2 a 15, poskytují informaci o oblačné vodě a vlastnostech zemského povrchu. Vertikální rozlišení těchto kanálů lze reprezentovat váhovými funkcemi na obr. 2 (vlevo), které znázorňují podíl celkového záření snímaného přístrojem z různých vrstev atmosféry.

MHS je 5kanálový mikrovlnný radiometr, který primárně poskytuje informaci o profilu vlhkosti v atmosféře při rozlišení $16 \times 17,6$ km v nadíru a pásu širokém 2 180 km. Informaci o vlhkosti poskytují kanály 3–5, které snímají v pásmu absorpce vodní páry kolem 183 GHz (Goodrum et al. 2009). Kanály

1–2 jsou určeny k měření obsahu oblačné vody a ledu, jelikož množství propuštěného záření je ovlivněno přímo emisí záření z oblačných kapiček a rozptylem z ledových částic (Weng, Grody 2000). Váhové funkce tohoto přístroje jsou znázorněny na obr. 2 (vpravo).

4. MODEL ALADIN/CZ

Model Aladin/CZ je numerický předpovědní model počasí pro oblast střední Evropy. Výpočetní oblast je rozlišena v pravidelné čtvercové síti uzlových bodů s horizontálním krokem 4,7 km a vertikální pokrytím reprezentovaným 87 hladinami kopírujícími terén. Asimilace dat je tvořena konfigu-

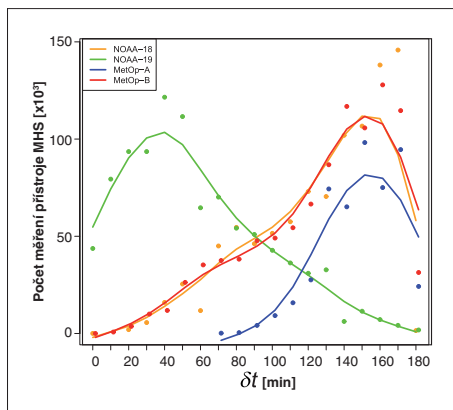
rací BlendVar (Bučánek et al. 2015), která kombinuje metodu Digital Filter Blending (Brožková et al. 2006) a variační asimilační metodu 3D-Var (Courtier et al. 1998).

Pro účely této studie bylo operativní schéma BlendVar rozšířeno o asimilaci dat z přístrojů AMSU-A a MHS na palubě družic NOAA-18, NOAA-19, MetOp-A a MetOp-B. Přehled kanálů, použitých v modelu je zaznamenán v tab. 1. Tato pozorování jsou shromažďována v rámci $\pm$ tříhodinového asimilačního okna v termínech analýzy 0, 6, 12 a 18 UTC. Použita je nekořelovaná matice $\mathbf{R}$, kde předpoklad nezávislosti chyb pozorování je zajištěn řazením dat AMSU na vzdálenost 70 km. Výchozí nastavení chyby pozorování σ_{Ald} pro přístroj AMSU je převzato z globálního modelu ARPEGE (tab. 1). Systematické chyby přístroje jsou korigovány pomocí schématu VarBC, kde regresní koeficienty jsou v každém cyklu přebírány z ARPEGE. Datový operátor tvoří model RTTOV verze 10 (Saunders et al. 2012).

Kontrola kvality v modelu Aladin/CZ zahrnuje pro přístroj AMSU doplňkové schéma, které zajišťuje vyřazení naměřených radiací v oblasti pokryté silnou vrstvou oblačnosti, resp. hydrometeory. Výběr měření je založen na principu odhadu množství oblačné vody, která od jisté prahové hodnoty již ovlivňuje propustnost oblaku pro daný kanál, a tím i naměřené hodnoty radiace. U AMSU-A je detekce založena na algoritmu NESDIS (Weng et al. 2003), který určuje množství vody v oblaku na základě kombinace spektrálních kanálů. U MHS je detekce založena na kontrole indexu rozptylu kanálů 89/157 GHz (Bennartz et al. 2002), které jsou porovnávány s předběžným polem modelu.

5. CHYBA DRUŽICOVÝCH POZOROVÁNÍ V ALADIN/CZ

Z rovnice (4) v kapitole 2.1 vyplývá, že celková chyba pozorování je v asimilaci dat dána součtem chyby přístroje $\mathbf{R}_I$ a chyb uvnitř asimilačního schématu $\mathbf{R}_H$, $\mathbf{R}_{QC}$, $\mathbf{R}_{Re}$. Chyba přístroje AMSU je popsána na základě NEDT dle WMO-OSCAR (2016) v tab. 1 a odpovídá přibližně definici $\mathbf{R}_I$ (kapitola 2.1). Chyba datového operátoru $\mathbf{R}_H$ je určena zejména chybou modelu RTTOV-10, která je u většiny kanálů přístroje AMSU menší než 0,05 K (Saunders et al. 2007). Tato chyba je odhadnuta vůči LBL modelu a v praxi může být i výrazně vyšší (kapitola 2.1). Odhad chyby kontroly kvality $\mathbf{R}_{QC}$ je netriviální, jelikož závisí na nejistotě doplňkových schémat, hrubých chybách pozorování a chybě předběžného pole. Chyba reprezentativnosti $\mathbf{R}_{Re}$ zahrnuje prostorovou a časovou nekonzistenci předběžného pole modelu vůči družicovým pozorováním (kapitola 2.1). Prostorovou část chyby reprezentativnosti lze u modelu Aladin/CZ zanedbat, jelikož model je schopen rozlišit spektrální vlny delší než 10 km (krok sítě je 5 km), zatímco rozlišení přístroje AMSU je asi 50 km (AMSU-A), resp. 17 km (MHS). Nárůst chyby reprezentativnosti lze naopak očekávat vlivem časové nekonzistence předběžného pole a družicových pozorování. Zatímco předběžné pole modelu Aladin/CZ je platné v termínu analýzy, družicová pozorování jsou shromažďována v rámci ± 3 h asimilačního okna kolem termínu analýzy. Studium velikosti chyby reprezentativnosti v závislosti na nastavení délky asimilačního okna je podrobněji rozebráno v kapitole 5.1. Odhad chyby pozorování v modelu Aladin/CZ na základě Desroziersovy diagnostiky je pak studován v kapitole 5.2.



Obr. 3 Dostupnost družicových pozorování v čase analýzy modelu v rámci $\pm$ tříhodinového asimilačního okna v modelu Aladin/CZ. Statistika za období září 2013.

Fig. 3. Time delay between the background and satellite observations collected within the given ± 3 -hour assimilation window in the Aladin/CZ model. The statistics are evaluated for the September 2013 period.

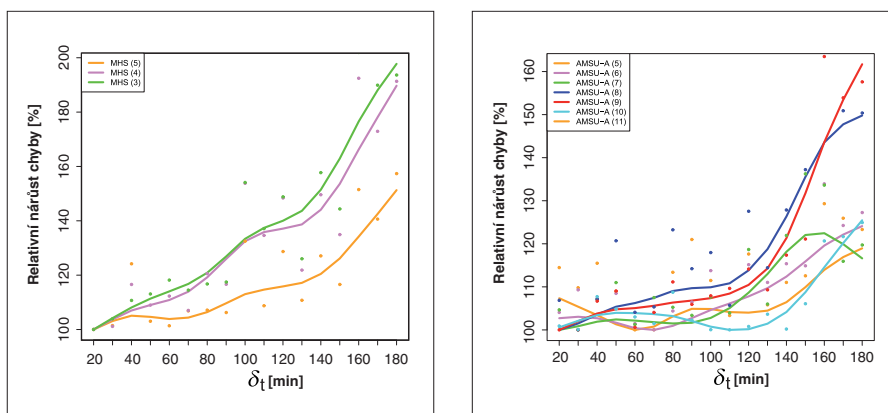
5.1 Vliv délky asimilačního okna na chybu pozorování

Byl studován vliv délky asimilačního okna na velikost chyby reprezentativnosti $\mathbf{R}_{Re}$ pro pozorování z přístroje AMSU na palubě polárních družic. Nárůst chyby reprezentativnosti lze v modelu Aladin/CZ očekávat vlivem časové nekonzistence mezi pozorováními, shromažďovanými uvnitř $\pm$ tříhodinového asimilačního okna, a předběžným polem platným v termínu analýzy. Tato nekonzistence je vyhodnocena jako časová prodleva δt mezi časem dostupných pozorování t_o a časem analýzy t_a podle vztahu:

$$\delta t = |t_o - t_a| \quad (7)$$

Velikost časové prodlevy pro pozorování z družic NOAA-18, NOAA-19 a MetOp-A, MetOp-B nad výpočetní oblastí modelu Aladin/CZ je znázorněna na obr. 3. Z obrázku je zřejmé, že čas přeletu družice nad výpočetní oblastí se mění v určitém rozpětí. Maximální četnosti měření pro danou družici odpovídají přibližně časové prodlevě družice. Je tedy zřejmé, že družice NOAA-18, MetOp-A a MetOp-B poskytují pozorování s prodlevou 2–3 hodiny před, resp. po termínu analýzy.

Chyba reprezentativnosti byla vyhodnocena na základech



Obr. 4 Relativní změna chyby reprezentativnosti pro AMSU-A (vpravo) a MHS (vlevo) v závislosti na časové prodlevě pozorování a předběžného pole uvnitř asimilačního okna.

Fig. 4. Relative change of the representativeness error for the AMSU-A (right) and MHS (left) instruments with regards to the assimilation window length.

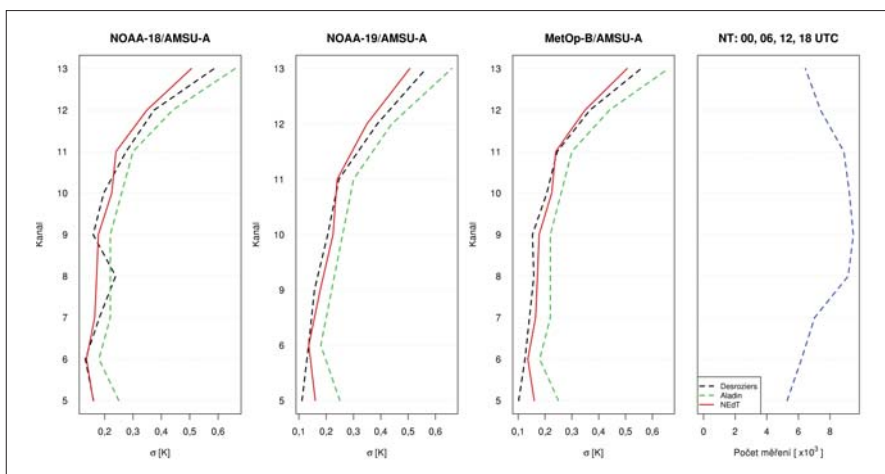
dě směrodatné odchylky rozdílu pozorování od předběžného pole $\vec{d}_b = \vec{y} - \vec{x}_b$ podle vztahu:

$$\sigma_d = \sqrt{E\left[\left(\vec{d}_b - E\left[\vec{d}_b\right]\right)^2\right]} \quad (8)$$

Relativní změna σ_d v závislosti na časové prodlevě δt pak odpovídá studované chybě reprezentativnosti. Tato chyba byla vyhodnocena za období září 2013 pro přístroj AMSU-A a MHS na palubě MetOp-A. U ostatních družic lze předpokládat chybu podobnou vzhledem ke stejnému typu palubních přístrojů. Na obr. 4 je znázorněna relativní změna $\sigma_d/\sigma_d^{\min}$ v závislosti na časové prodlevě separované do 10minutových intervalů. Pro MHS (vlevo) je patrný strmější nárůst chyby než pro AMSU-A (vpravo). U obou přístrojů lze zaznamenat větší chybu pro kanály snímající v oblasti vyšší troposféry a tropopauzy, tj. kanály 3–4 (MHS) a 8–9 (AMSU-A). U AMSU-A lze navíc detekovat skokový nárůst chyby v případě prodlevy vyšší než dvě hodiny.

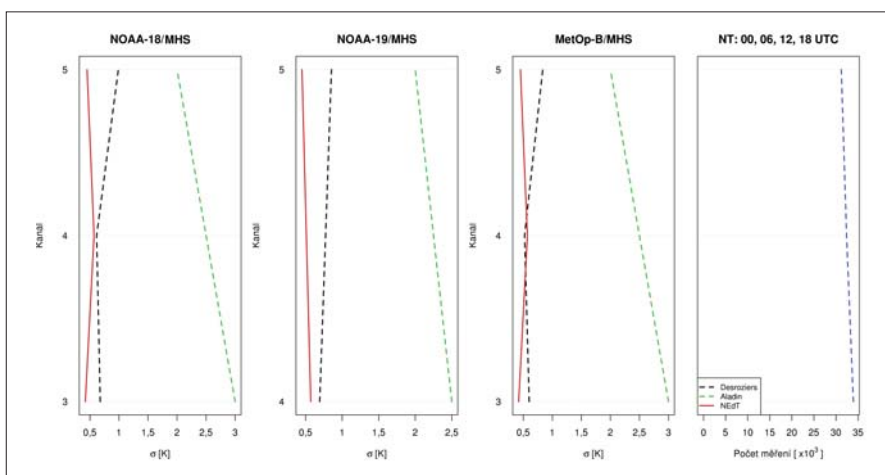
Odlísnou velikost chyby mezi oběma přístroji lze vysvětlit především variabilitou meteorologických veličin v atmosféře a chybou kontroly kvality. Měření MHS je citlivé na množství vlhkosti, které je charakteristické silnou variabilitou v čase uvnitř atmosféry. U přístroje AMSU-A je vliv časové prodlevy na chybu nižší, což lze vysvětlit relativně spojitým polem teploty v atmosféře. Větší nárůst chyby v oblasti tropopauzy lze vysvětlit dynamickými procesy, jako např. jet-streamem nebo vertikální cirkulací, které jsou spojeny s anomálií potenciální vorticity v těchto výškách.

Pro snížení vlivu časové nekonzistence na chybu reprezentativnosti, byla zkrácena délka asimilačního okna. Nová délka okna byla zvolena empiricky s ohledem na počet pozorování (obr. 3) a chybu reprezentativnosti (obr. 4). Pro přístroj MHS bylo zkráceno okno na ± 60 minut, čímž je v modelu využito asi 30 % dostupných pozorování a chyba reprezentativnosti je menší než 20 %. U přístroje AMSU-A je délka okna zkrácena na ± 90 min, čímž je v modelu využito asi 35 % dostupných pozorování a chyba reprezentativnosti je menší než 10 %. Vzhledem k tomu, že velikost chyby reprezentativnosti, a tudíž i optimální délka asimilačního okna závisí na synoptické situaci, pak toto navrhované řešení nemusí být vždy optimální ve smyslu minimální chyby analýzy. Menší chybu reprezentativnosti lze očekávat za stabilních bezoblačných situací typických pro oblast tlakové výše, zatímco nárůst této chyby lze očekávat při situacích, které se vyvíjejí rychle v čase, jako např. přechod front nebo během letní konvektivní situace.



Obr. 5 Odhad chyby pozorování pro přístroj AMSU-A v modelu Aladin/CZ. Odhad chyby podle Desrozierse (černá), chyba přístroje NEDT (modrá) a výchozí nastavení chyby pozorování v Aladin/CZ (červená).

Fig. 5. Estimates of the AMSU-A observation error in the Aladin/CZ model. The Desroziers estimate (black), the instrument error NEDT (blue) and the predefined observation error in Aladin/CZ (red).



Obr. 6 Podobně jako obr. 5, avšak pro přístroj MHS. Odhad chyby pozorování podle Desrozierse (černá), chyba přístroje NEDT (modrá) a výchozí nastavení chyby pozorování v Aladin/CZ (červená).

Fig. 6. The same as in Fig. 5, but for the MHS instrument. The Desroziers observation-error estimation (black), the instrument error NEDT (blue) and the predefined observation error in Aladin/CZ (red).

5.2 Odhad chyby pozorování v ALADIN/CZ

Chyba pozorování pro přístroj AMSU byla vyhodnocena na základě Desroziersovy metody (kapitola 2.2). Pro jednoduchost bude tento odhad chyby pozorování označován jako Desroziersova chyba pozorování. Tato chyba byla odhadnuta na základě vztahu (6), kde jsou použity odchylky $\vec{d}_b$ a $\vec{d}_a$ z aktivně asimilovaných měření přístroje. Měření z AMSU byla asimilována do modelu v rámci kratšího asimilačního okna, tj. ± 60 min (MHS) a ± 90 min (AMSU-A), aby byl redukován vliv chyby reprezentativnosti (kapitola 5.1). Desroziersova chyba pozorování byla vyhodnocena za období leden 2016 pro přístroje AMSU-A a MHS na palubě NOAA-18, NOAA-19 a MetOp-B.

Pro AMSU-A je Desroziersova chyba pozorování znázorněna na obr. 5, a to společně s chybou přístroje NEDT a výchozím nastavením chyby pozorování σ_{Ald} v modelu Aladin/CZ (tab. 1). Z obrázku je patrná velmi dobrá shoda Desroziersovy chyby s chybou přístroje NEDT. Lze si všimnout, že Desroziersova chyba je u některých kanálů dokonce menší než chyba přístroje. To je pravděpodobně důsledek

procesu kontroly kvality, který vyřazuje pozorování z oblasti pokryté hydrometeorů a silnou vrstvou oblačnosti (kapitola 2.1), a tím snižuje i odhad chyby pozorování. Hodnota Desroziersovy chyby je nižší pro kanály 6 až 10 (pod 0,2 K), které snímají záření ve střední a vyšší troposféře. Vyšší hodnoty chyby byly zaznamenány pro kanál 5 (kolem 0,25 K), snímající záření u zemského povrchu, a pro kanály 11 až 13 (0,2–0,5 K), snímající záření z oblasti stratosféry. Dále je patrné, že výchozí nastavení chyby pozorování σ_{Ald} v Aladin/CZ má stejný průběh jako Desroziersova chyba, avšak je nadhodnocené o 40–50 %.

Pro MHS je Desroziersova chyba pozorování znázorněna na obr. 6, a to společně s chybou přístroje NEDT a výchozím nastavením chyby pozorování σ_{Ald} v modelu Aladin/CZ (tab. 1). Je zřejmé, že Desroziersova chyba je vyšší než chyba přístroje NEDT. To lze do jisté míry vysvětlit závislostí chyby předběžného pole a pozorování v procesu kontroly kvality, která je v rozporu se základními předpoklady Desroziersovy metody (kapitola 2.2). Dále je patrné, že výchozí nastavení chyby měření σ_{Ald} v modelu Aladin/CZ je oproti Desroziersově chybě významně nadhodnocené o asi 200–300 %. Toto nadhodnocení lze vysvětlit umělým navýšením chyby pozorování, které je u přístroje MHS aplikováno především z důvodu nárůstu korelací chyb mezi kanály přístroje (angl. interchannel error correlation), (např. Bormann, Bauer 2010).

6. ZÁVĚR

Správný odhad chyby pozorování v asimilaci dat je jedním ze základních předpokladů získání optimální analýzy. Tato studie se zabývá možnými příčinami nejistot u družicových pozorování v asimilaci dat. Bylo ukázáno, že do chyby pozorování je nutné zahrnout kromě chyby přístroje R_I i chyby vzniklé vlivem zjednodušení asimilačního schématu, jako např. chybu datového operátoru R_H , chybu kontroly kvality R_{QC} nebo chybu reprezentativnosti R_{Re} . Praktická část studie se zaměřila na vyšetření těchto zdrojů chyb u přístroje AMSU v asimilačním schématu 3D-Var v modelu Aladin/CZ.

Výchozí nastavení chyby pozorování σ_{Ald} je v Aladin/CZ převzato z globálního modelu ARPEGE. Toto nastavení poskytuje velmi dobrý výchozí odhad chyby, vzhledem k tomu, že:

- oba modely používají stejná měření z přístroje AMSU (stejně R_I),
- datový operátor a kontrola kvality dat jsou u obou modelů principiálně stejné; rozdíly nelze vyloučit např. ve verzi RTTOV modelu (podobné R_H a R_{QC}),
- u obou modelů platí předpoklad nekorelované R .

Chyba pozorování se naopak může lišit mezi modely ARPEGE a Aladin/CZ z důvodu jejich odlišné chyby reprezentativnosti R_{Re} , popsané v kapitole 2.1. Lepší časovou konzistenci mezi předběžným polem a pozorováními lze očekávat u modelu ARPEGE, který využívá komplexnější asimilační metodu 4D-Var. Naopak nižší rozlišení modelu ARPEGE, než je rozlišení družicového přístroje AMSU, vede k nárůstu prostorové chyby reprezentativnosti. V případě modelu Aladin/CZ lze prostorovou chybu reprezentativnosti s ohledem na vyšší rozlišení modelu pro přístroj AMSU zanedbat.

První část studie vyšetřuje vliv délky asimilačního okna metody 3D-Var na velikost chyby reprezentativnosti. Tato chyba narůstá vlivem časové nekonzistence mezi předběžným polem, platným v termínu analýzy modelu, a dostupnými pozorováními. U polárních družic NOAA-18 a MetOp, které jsou dostupné 2–3 hodiny před, resp. po termínu ana-

lýzy modelu, byl zaznamenán (obr. 4) významný nárůst chyby reprezentativnosti pro AMSU-A (vlevo) a MHS (vlevo). S ohledem na počet pozorování a nárůst chyby reprezentativnosti byla odhadnuta vhodná délka asimilačního okna na $\pm 1,5$ h (AMSU-A) a ± 1 h (MHS) kolem termínu analýzy.

V druhé části studie byl diagnostikován odhad chyby pozorování pro přístroje AMSU-A a MHS v modelu Aladin/CZ na základě metody popsané Desroziersem et al. (2005). Pro AMSU-A je diagnostikovaná Desroziersova chyba pozorování v souladu s chybou přístroje NEDT (obr. 5). Výchozí nastavení chyby pozorování σ_{Ald} v modelu Aladin/CZ má podobný průběh jako Desroziersova chyba, avšak je nadhodnoceno (σ_{Ald}) o 40–50 %. Pro MHS je Desroziersova chyba pozorování velmi podobná chybě přístroje NEDT (obr. 6). Výchozí nastavení chyby pozorování σ_{Ald} v modelu Aladin/CZ je oproti diagnostikované Desroziersově chybě nadhodnoceno o 200–300 %. Umělé nadhodnocování chyby pozorování v asimilaci dat se používá v případech, že jsou zaznamenány větší závislosti chyb mezi pozorováními, které jsou v rozporu s předpoklady diagonální matice R , a které nelze snížit na základě prostorového ředění dat. U přístroje MHS je toto umělé nadhodnocení chyby pozorování použito v souvislosti s nárůstem závislosti chyb mezi kanály přístroje, např. (Bormann, Bauer 2010).

Výsledky studie budou použity při rozšiřování asimilačního systému operativního modelu Aladin/CZ o pozorování z polárních družic. S ohledem na dostupnost těchto pozorování pro výpočetní oblast modelu (2–3 hodiny před, resp. po termínu analýzy) navrhuje zkrácení délky asimilačního okna, resp. častější cyklení analýzy modelu (1–3 h), které povede k menší chybě časové reprezentativnosti. Pozitivní vliv kratšího asimilačního okna na kvalitu předpovědi byl potvrzen u přístroje AMSU v dodatečné studii, která je ale již nad rámec tohoto článku. Další řešení, které je však výpočetně náročnější, je využití komplexních asimilačních metod, jako např. 3D-FGAT (the First Guess at Appropriate Time) nebo 4D-VAR. Výsledky studie zároveň poskytují počáteční bod pro navazující práci, která se bude týkat nastavení optimálního ředění dat pro přístroje AMSU v prostředí modelu Aladin/CZ.

Poděkování:

Děkuji Aleně Trojákové, Radmile Brožkové a Michaelae Valachové za cenné rady a připomínky. Za družicová data děkuji organizacím EUMETSAT, NOAA a NASA.

Literatura:

- BENNARTZ, R., THOSS, A., DYBBROE, A., MICHELSON, D. B., 2002. Precipitation analysis using the Advanced Microwave Sounding Unit in support of nowcasting applications. *Meteorological Applications*, Vol. 9, Issue 2, s. 177–189. doi:10.1017/S1350482702002037.
- BORMANN, N., SAARINEN, S., KELLY, G., THÉPAUT, J. N., 2003. The spatial structure of observation errors in atmospheric motion vectors from geostationary satellite data. *Monthly Weather Review*, Vol. 131(4), s. 706–718. doi:10.1175/1520-0493(2003)131<0706:TSSOOE>2.0.CO;2.
- BORMANN, N., BAUER, P., 2010. Estimates of spatial and inter-channel observation – error characteristics for current sounder radiances for numerical weather prediction. In: *Methods and application to ATOVS data. Quarterly Journal of the Royal Meteorological Society*, Vol. 136(649), s. 1036–1050. doi:10.1002/qj.616.

- BERRE, L., ȘTEFĂNESCU, S. E., PEREIRA, M. B., 2006. The representation of the analysis effect in three error simulation techniques. *Tellus A*, Vol. **58**, č. 2, s. 196–209. ISSN 0280-6495.
- BUČÁNEK, A., TROJÁKOVÁ, A., BROŽKOVÁ, R., 2015. Asimilační schéma BlendVar v ČHMÚ. *Meteorologické zprávy*, roč. **68**, č. 6, s. 180–185. ISSN 0026-1173.
- BROŽKOVÁ, R., DERKOVÁ, M., BELUŠ, M., FARDA, A., 2006. Atmospheric forcing by ALADIN/MFSTEP and MFSTEP oriented tunings. *Ocean Science*, Vol. **2**(2), s. 113–121. ISSN 1812-0822.
- COLLARD, A. D., MCNALLY, A. P., 2009. The assimilation of infrared atmospheric sounding interferometer radiances at ECMWF. *Quarterly Journal of the Royal Meteorological Society*, Vol. **135**(641), s. 1044–1058. doi: 10.1002/qj.410.
- COURTIER, P., ANDERSSON, E., HECKLEY, W., VASILJEVIC, D., HAMRUD, M. et al., 1998. The ECMWF implementation of three-dimensional variational assimilation (3D-Var). In: Formulation. *Quarterly Journal of the Royal Meteorological Society*, Vol. **124**(550), s. 1783–1807. doi:10.1002/qj.49712455002.
- DALEY, R., 1991. Atmospheric Data Analysis. Cambridge atmospheric and space science series. Cambridge: Cambridge University Press. ISBN 0-521-45825-0.
- DANDO, M. L., THORPE, A. J., EYRE, J. R., 2007. The optimal density of atmospheric sounder observations in the Met Office NWP system. *Quarterly Journal of the Royal Meteorological Society*, Vol. **133**(629), s. 1933–1943. doi: 10.1002/qj.175.
- DERBER, J. C., WU, W. S., 1998. The use of TOVS cloud-cleared radiances in the NCEP SSI analysis system. *Monthly Weather Review*, Vol. **126**(8), s. 2287–2299. doi: 10.1175/1520-0493(1998)126<2287:TUOTCC>2.0.CO;2.
- DESROZIERS, G., BERRE, L., CHAPNIK, B., POLI, P., 2005. Diagnosis of observation, background and analysis-error statistics in observation space. *Quarterly Journal of the Royal Meteorological Society*, Vol. **131**(613), s. 3385–3396. doi: 10.1256/qj.05.108.
- GOODRUM, G., KIDWELL, K., WINSTON, W., 2009. NOAA KLM users guide with NOAA-N-N-Prime supplement, report. NOAA, Silver Spring, Md. [cit. 10. 4. 2016]. Dostupné na WWW: <http://www1.ncdc.noaa.gov/pub/data/satellite/publications/podguides/N-15%20thru%20N-19/pdf/0.0%20NOAA%20KLM%20Users%20Guide.pdf>, s. 488–494.
- GUEDJ, S., KARBOU, F., RABIER, F., 2011. Land surface temperature estimation to improve the assimilation of SEVIRI radiances over land. *Journal of Geophysical Research: Atmospheres*, Vol. **116**, Issue D14. doi: 10.1029/2011JD015776.
- HARRIS, B. A., KELLY, G., 2001. A satellite radiance-bias correction scheme for data assimilation. *Quarterly Journal of the Royal Meteorological Society*, Vol. **127**(574), s. 1453–1468. doi: 10.1002/qj.49712757418.
- HOLLINGSWORTH, A., LÖNNBERG, P., 1986. The statistical structure of short-range forecast errors as determined from radiosonde data. Part I: The wind field. *Tellus A*, Vol. **38**(2), s. 111–136. doi: 10.1111/j.1600-0870.1986.tb00460.x.
- CHAPNIK, B., DESROZIERS, G., RABIER, F., TALAGRAND, O., 2004. Properties and first application of an error-statistics tuning method in variational assimilation. *Quarterly Journal of the Royal Meteorological Society*, Vol. **130**(601), s. 2253–2275. doi: 10.1256/qj.03.26.
- KOSTKA, P. M., WEISSMANN, R. B., MAYER, B., STILLER, O., 2014. Observation operator for visible and near-infrared satellite reflectances. *Journal of Atmospheric and Oceanic Technology*, Vol. **31**, No. 6, s. 1216–1233. doi: 10.1175/JTECH-D-13-00116.1.
- LIU, Z. Q., RABIER, F., 2003. The potential of high-density observations for numerical weather prediction: A study with simulated observations. *Quarterly Journal of the Royal Meteorological Society*, Vol. **129**(594), s. 3013–3035. doi: 10.1256/qj.02.170.
- PARRISH, D., DERBER, J. C., 1992. The National Meteorological Center's spectral statistical-interpolation analysis system. *Monthly Weather Review*, Vol. **120**, No. 8, s. 1747–1763. doi: [http://dx.doi.org/10.1175/1520-0493\(1992\)120<1747:TNM-CSS>2.0.CO;2](http://dx.doi.org/10.1175/1520-0493(1992)120<1747:TNM-CSS>2.0.CO;2).
- PRATES, C., MIGLIORINI, S., ENGLISH, S., PAVELIN, E., 2013. Assimilation of satellite infrared sounding measurements in the presence of clouds. *Quarterly Journal of the Royal Meteorological Society*, Vol. **140**(683), s. 2062–2077. doi: 10.1002/qj.2279.
- RIZZI, R., MATRICARDI, M., MISKOLCZI, F., 2002. Simulation of uplooking and downlooking high-resolution radiance spectra with two different radiative transfer models. *Applied optics*, Vol. **41**, No. 6, s. 940–956. doi: <https://doi.org/10.1364/AO.41.000940>.
- SAUNDERS, R., MATRICARDI, M., BRUNEL, P., 1999. An improved fast radiative transfer model for assimilation of satellite radiance observations. *Quarterly Journal of the Royal Meteorological Society*, Vol. **125**(556), s. 1407–1425. doi: 10.1002/qj.1999.49712555615.
- SAUNDERS, R., HOCKING, J., RAYER, P., MATRICARDI, M., GEER, A. et al., 2012. RTTOV-10 science and validation report. EUMETSAT, NWPSAT-MO-TV-023, 31. [cit. 10. 4. 2016]. Dostupné na WWW: https://nwpsaf.eu/deliverables/rtm/docs_rttov10/rttov10_svr_1.11.pdf.
- SAUNDERS, R., RAYER, P., BLACKMORE, T., MATRICARDI, M., BAUER, P. et al., 2007. A new fast radiative transfer model-RTTOV-9. In: *Joint 2007 EUMETSAT Meteorological Satellite Conference and the 15th Satellite Meteorology and Oceanography Conference of the American Meteorological Society*, Amsterdam, The Netherlands. [cit. 10. 4. 2016]. Dostupné na WWW: <http://citeseerx.ist.psu.edu/viewdoc/download?doi=10.1.1.564.4183&rep=rep1&type=pdf>.
- STENGEL, M., LINDSKOG, M., UNDÉN, P., GUSTAFSSON, N., 2013. The impact of cloud-affected IR radiances on forecast accuracy of a limited-area NWP model. *Quarterly Journal of the Royal Meteorological Society*, Vol. **139**(677), s. 2081–2096. doi:10.1002/qj.2012.
- WENG, F., GRODY, N. C., 2000. Retrieval of ice cloud parameters using a microwave imaging radiometer. *Journal of the Atmospheric Sciences*, Vol. **57**, s. 1069–1081.
- WENG, F., HAN, Y., VAN DELST, P., LIU, Q., YAN, B., 2005. JCSDA community radiative transfer model (CRTM). In: *Proc. 14th Int. ATOVS Study Conf* (s. 217–222). [cit. 10. 4. 2016]. Dostupné na WWW: http://cimss.ssec.wisc.edu/itwg/itsc/itsc14/proceedings/6_8_Weng.pdf.
- WENG, F., ZHAO, L., FERRARO, R. R., POE, G., LI, X. et al., 2003. Advanced microwave sounding unit cloud and precipitation algorithms. *Radio Science*, Vol. **38**(4). doi: 10.1029/2002RS002679.
- WMO-OSCAR, 2016. Observing Systems Capability Analysis and Review tool (OSCAR) [online]. [cit. 10. 4. 2016]. Dostupné na WWW: <http://www.wmo-sat.info/oscar/>.

Lektoři (Reviewers): doc. RNDr. Zbyněk Sokol, CSc.,
Mgr. Mária Derková, Ph.D.

ROČNÍ A SEZONNÍ PRŮMĚRNÉ RYCHLOSTI VĚTRU A HODNOCENÍ TRENDŮ PODLE MĚŘENÍ SYNOPTICKÝCH METEOROLOGICKÝCH STANIC

Jiří Hostýnek, Český hydrometeorologický ústav, Pobočka Plzeň, Mozartova 41, 323 00 Plzeň, hostynek@chmi.cz

Karel Sklenář, Český hydrometeorologický ústav, Pobočka Plzeň, Mozartova 41, 323 00 Plzeň, sklenar@chmi.cz

The processing of annual and seasonal wind speeds and the evaluation of their trends based on measurements at synoptic meteorological stations. This paper analyses the annual and seasonal means (averages) of wind speeds in the Czech Republic based on instrumental data. The measurements of mean wind speeds from 19 synoptic meteorological stations across the Czech Republic in the 1961–2014 period were used for the calculations of the annual and seasonal averages. Subsequently, mean wind speeds were determined for every station. These 19 stations were categorized according to three altitudinal intervals: I. below 300 m a.s.l., II. 300–600 m a.s.l., III. above 600 m a.s.l. For every group, we sought to draw linear trends for annual and seasonal mean wind speeds. The presented trend and its occurrence were signified by the SW CTPA. Graphical samples are presented for the chosen seasons, stations and data rows.

KLÍČOVÁ SLOVA: rychlost větru průměrná – měření větru – regrese lineární – přítomnost a vznik trendu – počet dní s danou rychlostí větru

KEYWORDS: mean (average) wind speed – wind measurements – linear regression – trends and significance – numbers of days with the selected average wind speed

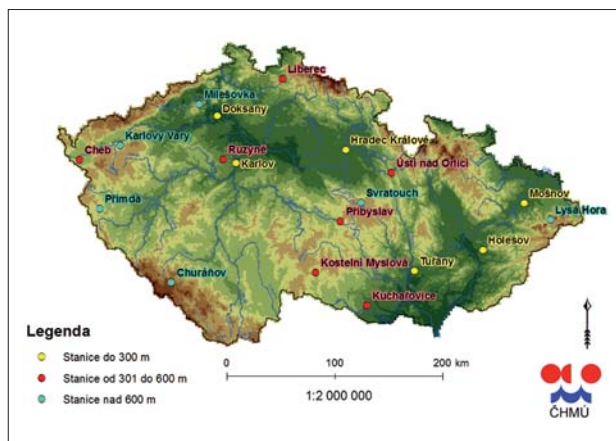
1. ÚVOD

Téma zpracování průměrné rychlosti větru a hodnocení trendu bylo zvoleno v souvislosti s předchozím zpracováním maximální rychlosti – nárazů a trendů na stanicích v prostoru České republiky (Brázdil et al. 2016). Je zřejmé, že změna klimatu je provázána se změnou cirkulace a právě identifikací statisticky významných trendů u průměrné i maximální rychlosti větru lze doložit projevy klimatické změny. Dlouhodobým zmenšováním rychlosti větru se zabývá řada článků (např. McVicar et al. 2012; Bichet et al. 2012; Azorin-Molina et al. 2014; Chen et al. 2013).

Tab. 1 Data změn přístrojů pro měření větru od r. 1961.

Table 1. Dates of changes of the devices for wind speed measurements since 1961.

Stanice	Anemograf Metra	Elektr. čidlo	Ultrasonic
Do 300 m n. m.			
Doksany	1. 1. 1961	1. 4. 2000	31. 7. 2013
Tuřany	1. 1. 1961	3. 3. 1998	10. 11. 2011
Mošnov	1. 1. 1961	1. 5. 1996	15. 11. 2010
Holešov	1. 1. 1961	25. 9. 1996	18. 6. 2009
Hradec Králové	1. 1. 1961	1. 1. 1999	–
Karlovy Vary	1. 1. 1961	11. 6. 2002	–
300–600 m n. m.			
Ruzyně	1. 1. 1961	1. 1. 1996	1. 10. 2008
Kuchařovice	1. 1. 1961	1. 1. 1999	15. 4. 2009
Kostelní Myslová	1. 1. 1961	1. 1. 1999	10. 12. 2003
Ústí nad Orlicí	1. 1. 1981	1. 1. 2004	1. 12. 2015
Cheb	1. 1. 1961	1. 1. 2001	2. 12. 2009
Přibyslav	1. 1. 1961	1. 12. 1997	27. 1. 2011
Liberec	1. 1. 1961	1. 1. 2000	14. 5. 2012
Nad 600 m n. m.			
Karlovy Vary	1. 1. 1961	1. 1. 2000	9. 9. 2011
Přimda	1. 1. 1961	1. 11. 2004	16. 10. 2014
Churáňov	1. 1. 1961	1. 1. 2000	15. 5. 2009
Lysá hora	1. 1. 1961	1. 10. 1997	23. 10. 2002
Svratouch	1. 1. 1961	1. 1. 2004	15. 7. 2010
Milešovka	1. 1. 1961	1. 8. 1997	1. 8. 1997



Obr. 1 Přehled použitých synoptických stanic měřících směr a rychlost větru od r. 1961.

Fig. 1. Overview of the synoptic stations used for measuring wind speed and direction from 1961.

Pro hodnocení průběhů a trendů průměrné roční a sezonní rychlosti větru byly použity výhradně profesionální synoptické meteorologické stanice s úplnou řadou měření v období 1961–2014. Do zpracování bylo zahrnuto měření z 19 stanic, které byly rozčleněny do tří výškových pásem, a to do 300 m n. m., 300–600 m n. m., nad 600 m n. m. Stanice, které začaly měřit v pozdějších letech, byly přemístěné, případně u nich došlo k větším výpadkům v měření, nebyly do zpracování začleněny. Měření směru a rychlosti větru probíhalo certifikovanými přístroji, od r. 1961 většinou univerzálním anemografem Metra. Následně došlo na většině stanic k postupné výměně za elektronické automatické čidlo Vaisala (1996–2004), případně později za ultrasonický anemometr. Změny přístrojů na stanicích jsou uvedeny přehledně v tab. 1. Poloha všech těchto stanic a umístění přístrojů byly dostatečně vyhovující s ohledem na cirkulaci, drsnost povrchu a blízkost překážek vůči proudění. Průměrné roční a sezonní rychlosti, stejně jako maximální termínové rychlosti, byly vypočteny z validovaných dat uložených v databázi CLIDATA, a to z termínových měření v 07:00, 14:00, 21:00 hodin v celém období. U krátkodobých lokál-

Tab. 2 Výsledky testování přítomnosti trendů u skupin stanic.

Table 2. Results of the occurrence testing of trends for groups of stations.

Kritická hodnota 2,007		Hladina významnosti 0,05		
Období	Stanice	Test. statistika	Přítomnost trendu	Trend
roční	do 300 m n. m.	1,146	NE	
	300–600 m n. m.	5,336	ANO	sestupný
	nad 600 m n. m.	6,386	ANO	sestupný
jaro	do 300 m n. m.	0,023	NE	
	300–600 m n. m.	3,931	ANO	sestupný
	nad 600 m n. m.	5,098	ANO	sestupný
léto	do 300 m n. m.	2,621	ANO	sestupný
	300–600 m n. m.	2,452	ANO	sestupný
	nad 600 m n. m.	3,881	ANO	sestupný
podzim	do 300 m n. m.	0,066	NE	
	300–600 m n. m.	3,686	ANO	sestupný
	nad 600 m n. m.	3,846	ANO	sestupný
zima	do 300 m n. m.	0,935	NE	
	300–600 m n. m.	2,844	ANO	sestupný
	nad 600 m n. m.	2,724	ANO	sestupný

Trend je statisticky významný pokud test. statistika je větší než kritická hodnota
Trend is statistically significant if the test. statistic is higher than critical value

ních výpadků termínových měření byly doplněny řady hodnot prvky S–F případně F z pravidelných dat ze zpráv SYNOP, a to u stanic Karlovy Vary (1961/leden–duben) a dále Kuchařovice (1981/březen–červen). Termínová měření byla již dříve prověřena systémem formálních a logických kontrol termínových dat v rámci pobočkových pracovišť ČHMÚ. Extrémní naměřené hodnoty v průběhu časové řady byly použity do zpracování až po prověření na pracovištích poboček ČHMÚ, Ústavu fyziky atmosféry, případně přímo kontrolovány ve výkazech meteorologických stanic. Zařazení stanic do tří skupin podle nadmořské výšky je následující.

Tab. 3 Přehled použitých synoptických stanic.

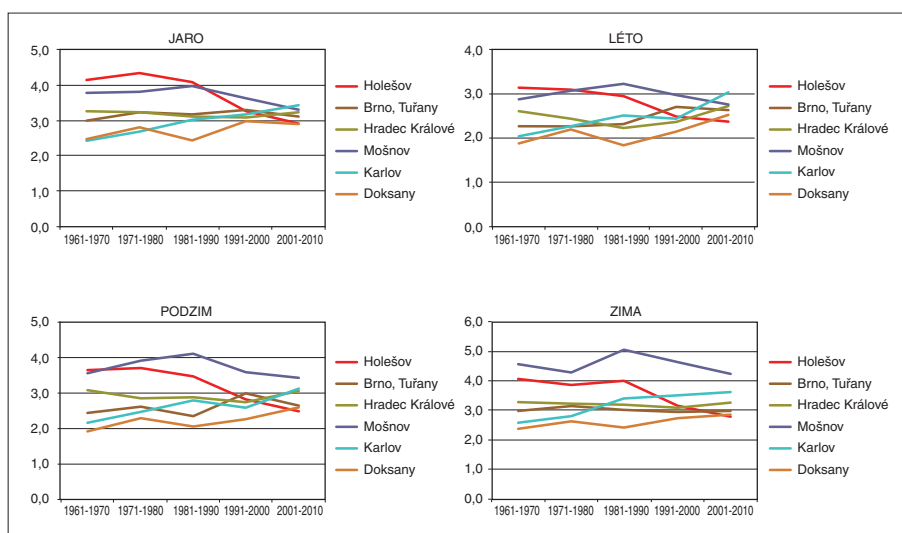
Table 3. Overview of the synoptic stations.

do 300 m n.m.	300–600 m n. m.	nad 600 m n. m.
Doksany	Praha, Ruzyně (dále Ruzyně)	Karlovy Vary, Olšovská Vrata (dále Karlovy Vary)
Brno, Tuřany (dále Tuřany)	Kuchařovice	Přimda
Mošnov	Kostelní Myslová	Churáňov
Holešov	Ústí nad Orlicí	Lysá hora
Hradec Králové	Cheb	Svratouch
Praha, Karlov (dále Karlov)	Přibyslav	Milešovka
	Liberec	

2. ZPŮSOB A METODY ZPRACOVÁNÍ, VÝSTUPY

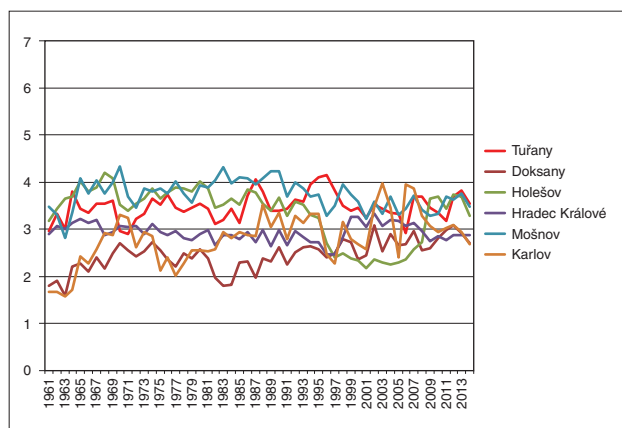
Pro výše uvedené stanice byly zpracovány následující numerické i grafické výstupy:

- Roční a vybrané sezonní průběhy průměrné rychlosti větru na jednotlivých stanicích (obr. 2, 3, 5, 6, 8, 9).



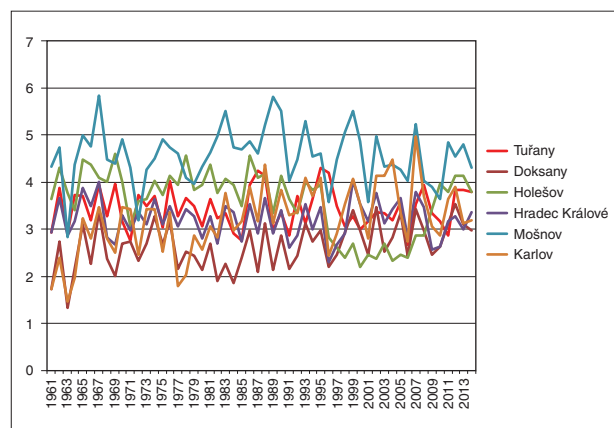
Obr. 4 Průměrná desetiletá rychlost větru podle sezon na stanicích do 300 m n. m.

Fig. 4. Average decennial wind speed in the season at stations below 300 m a.s.l.



Obr. 2 Průměrná roční rychlost větru v období 1961–2014 ve výšce do 300 m n. m.

Fig. 2. Average annual wind speed [m.s⁻¹] at stations below 300 m a.s.l. in the 1961–2014 period.



Obr. 3 Průměrná zimní rychlost větru v období 1961–2014 ve výšce do 300 m n. m.

Fig. 3. Average winter wind speed in the 1961–2014 period at stations below 300 m a.s.l.

Tab. 4 Počty dní s průměrnou rychlostí nad 5, 10, 15 m.s⁻¹ na stanicích do 300 m n. m.

Table 4. Number of days with average wind speed $\geq 5, 10, 15 \text{ m.s}^{-1}$ for stations below 300 m a.s.l.

Mošnov

$F \geq 5 \text{ m.s}^{-1}$	jaro	léto	podzim	zima	rok
1961–1970	256	114	236	375	981
1971–1980	268	136	315	361	1 080
1981–1990	283	135	327	497	1 242
1991–2000	224	88	233	428	973
2000–2010	151	65	202	347	765

$F \geq 10 \text{ m.s}^{-1}$	jaro	léto	podzim	zima	rok
1961–1970	14	0	15	33	62
1971–1980	5	2	8	7	22
1981–1990	0	0	2	7	9
1991–2000	1	0	3	7	11
2000–2010	1	0	3	11	15

$F \geq 15 \text{ m.s}^{-1}$	jaro	léto	podzim	zima	rok
1961–1970	0	0	0	0	0
1971–1980	0	0	0	0	0
1981–1990	0	0	0	0	0
1991–2000	0	0	0	0	0
2000–2010	0	0	0	0	0

Doksany

$F \geq 5 \text{ m.s}^{-1}$	jaro	léto	podzim	zima	rok
1961–1970	117	32	85	124	358
1971–1980	120	51	105	163	439
1981–1990	95	29	74	135	333
1991–2000	143	38	79	147	407
2000–2010	89	35	91	130	345

$F \geq 10 \text{ m.s}^{-1}$	jaro	léto	podzim	zima	rok
1961–1970	1	0	4	10	15
1971–1980	2	1	2	3	8
1981–1990	0	0	2	3	5
1991–2000	6	0	2	10	18
2000–2010	0	0	0	0	0

$F \geq 15 \text{ m.s}^{-1}$	jaro	léto	podzim	zima	rok
1961–1970	0	0	0	1	1
1971–1980	0	0	0	0	0
1981–1990	0	0	0	0	0
1991–2000	0	0	0	0	0
2000–2010	0	0	0	0	0

Tab. 5 Počty dní s průměrnou rychlostí nad 5, 10, 15 m.s⁻¹ na stanicích 300–600 m n. m.

Table 5. Number of days with average wind speed $\geq 5, 10, 15 \text{ m.s}^{-1}$ for stations 300–600 m a.s.l.

Ruzyně

$F \geq 5 \text{ m.s}^{-1}$	jaro	léto	podzim	zima	rok
1961–1970	224	220	236	218	898
1971–1980	268	302	362	279	1 211
1981–1990	216	241	325	335	1 117
1991–2000	221	184	249	273	927
2000–2010	133	150	233	218	734

$F \geq 10 \text{ m.s}^{-1}$	jaro	léto	podzim	zima	rok
1961–1970	16	4	18	38	76
1971–1980	12	3	24	53	92
1981–1990	16	3	22	68	109
1991–2000	27	1	11	61	100
2000–2010	11	0	12	30	53

$F \geq 15 \text{ m.s}^{-1}$	jaro	léto	podzim	zima	rok
1961–1970	0	0	0	3	3
1971–1980	0	0	0	1	2
1981–1990	0	0	1	3	4
1991–2000	1	0	0	5	6
2000–2010	0	0	0	1	1

Kuchařovice

$F \geq 5 \text{ m.s}^{-1}$	jaro	léto	podzim	zima	rok
1961–1970	385	208	247	326	1 166
1971–1980	281	156	253	317	1 007
1981–1990	359	192	270	369	1 190
1991–2000	307	134	216	284	941
2000–2010	264	157	221	298	940

$F \geq 10 \text{ m.s}^{-1}$	jaro	léto	podzim	zima	rok
1961–1970	23	5	22	55	105
1971–1980	9	2	9	26	46
1981–1990	27	7	21	66	121
1991–2000	13	0	14	18	45
2000–2010	6	1	15	23	45

$F \geq 15 \text{ m.s}^{-1}$	jaro	léto	podzim	zima	rok
1961–1970	0	0	1	4	5
1971–1980	0	0	0	0	0
1981–1990	1	0	3	3	7
1991–2000	0	0	0	0	0
2000–2010	0	0	0	0	0

Tab. 6 Počty dní s průměrnou rychlostí nad 5, 10, 15 m.s⁻¹ na stanicích nad 600 m n. m.

Table 6. Number of days with average wind speed $\geq 5, 10, 15 \text{ m.s}^{-1}$ for stations above 600 m a.s.l.

Přímda

$F \geq 5 \text{ m.s}^{-1}$	jaro	léto	podzim	zima	rok
1961–1970	435	324	388	494	1 641
1971–1980	336	234	392	425	1 387
1981–1990	341	219	402	478	1 440
1991–2000	384	223	405	559	1 571
2000–2010	326	151	311	479	1 267

$F \geq 10 \text{ m.s}^{-1}$	jaro	léto	podzim	zima	rok
1961–1970	58	13	73	122	266
1971–1980	21	2	40	85	148
1981–1990	20	1	24	72	117
1991–2000	39	0	21	65	125
2000–2010	6	0	5	42	53

$F \geq 15 \text{ m.s}^{-1}$	jaro	léto	podzim	zima	rok
1961–1970	0	0	0	8	8
1971–1980	0	0	1	4	5
1981–1990	0	0	1	2	3
1991–2000	0	0	0	0	0
2000–2010	0	0	0	0	0

Lysá hora

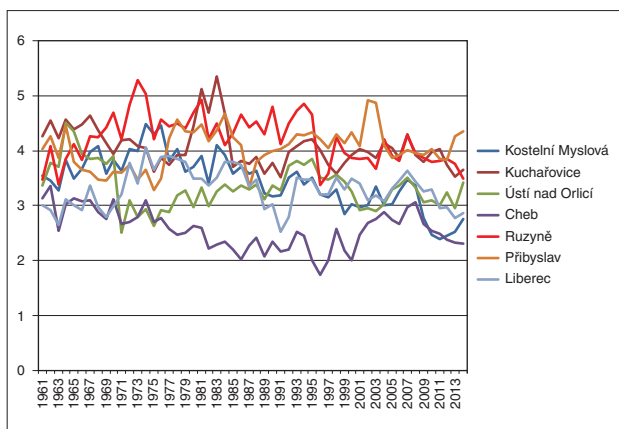
$F \geq 5 \text{ m.s}^{-1}$	jaro	léto	podzim	zima	rok
1961–1970	699	578	680	757	2 714
1971–1980	640	546	683	735	2 604
1981–1990	591	451	634	697	2 373
1991–2000	544	423	583	656	2 206
2000–2010	703	565	707	758	2 733

$F \geq 10 \text{ m.s}^{-1}$	jaro	léto	podzim	zima	rok
1961–1970	225	101	258	377	961
1971–1980	157	76	251	330	814
1981–1990	95	33	181	217	526
1991–2000	63	20	131	158	372
2000–2010	97	45	167	244	553

$F \geq 15 \text{ m.s}^{-1}$	jaro	léto	podzim	zima	rok
1961–1970	28	2	36	71	137
1971–1980	23	2	67	97	189
1981–1990	7	0	13	24	44
1991–2000	6	0	25	26	57
2000–2010	17	0	35	51	103

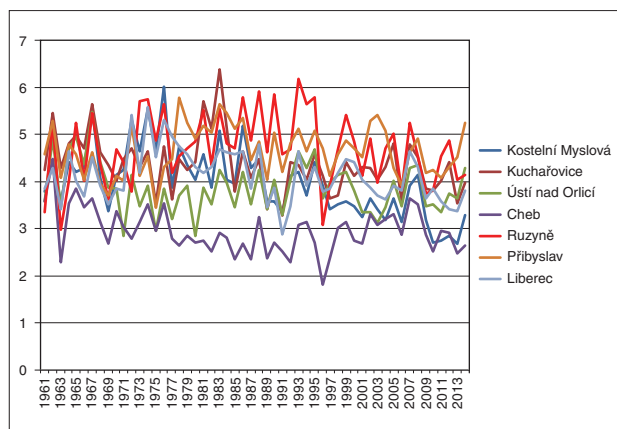
- Roční průběhy průměrné rychlosti větru skupin stanic dle jednotlivých výškových pásem, včetně proložení hodnot lineární regresí (obr. 10).
- Testování přítomnosti a vzniku trendu v průběhu časové řady na hladině významnosti 0,05 u průměrné roční a průměrné sezonní rychlosti větru jednotlivých skupin stanic pomocí softwaru CTPA (obr. 12–16). Tento software umožňuje numericky i graficky prezentovat nejen přítomnost a vznik trendu, ale též změnu trendu v průběhu časové řady, dále pak vyhodnotit statistickou významnost přítomnosti, vzniku nebo změny trendu na základě vypočtené testové statistiky a kritické hodnoty na odpovídající hladině významnosti.

- Přítomnost trendu byla vždy významná, pokud hodnota testové statistiky byla vyšší než kritická hodnota rozdělení na hladině významnosti 0,05.
- Vznik trendu v průběhu časové řady byl významný opět v případě hodnoty testové statistiky vyšší než vypočtená kritická hodnota.
- Vypočtené hodnoty testové statistiky a hodnocení přítomnosti trendu na hladině významnosti jsou uvedeny v tab. 2.
- Počty dnů s průměrnou denní rychlostí nad 5, 10, 15 m.s⁻¹ po desetiletích a ročních obdobích, včetně sumy za celý rok na příkladu vybraných dvou stanic z každého výškového pásma, jsou zpracovány v tab. 4–6.



Obr. 5 Průměrná roční rychlost větru v období 1961–2014 ve výšce 300–600 m n. m.

Fig. 5. Average annual wind speed [m.s^{-1}] in the 1961–2014 period at stations between 300–600 m a.s.l.



Obr. 6 Průměrná zimní rychlost větru v období 1961–2014 ve výšce 300–600 m n. m.

Fig. 6. Average winter wind speed [m.s^{-1}] at stations between 300–600 m a.s.l. in the 1961–2014 period.

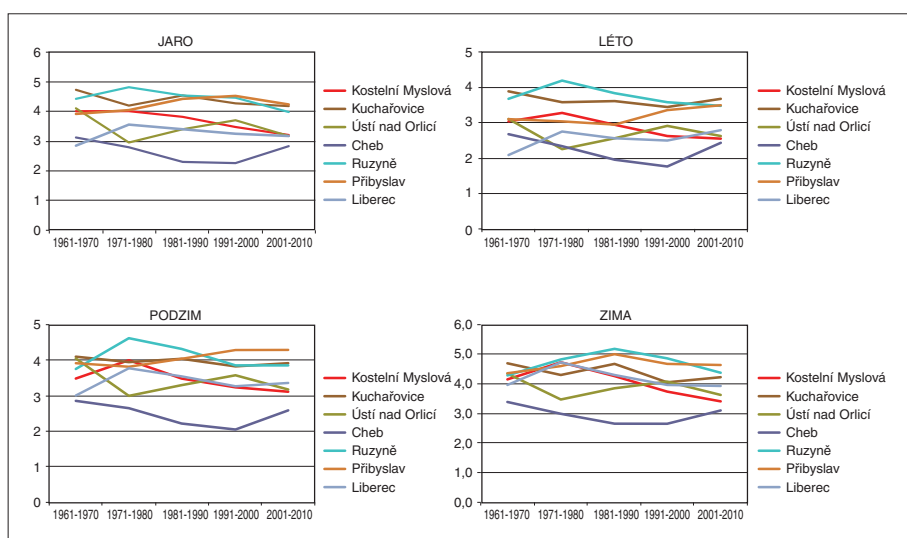
3. HODNOCENÍ PRŮMĚRNÉ ROČNÍ, SEZONNÍ RYCHLOSTI VĚTRU A POČTU DNŮ VYBRANÉ RYCHLOSTI

3.1 Stanice do 300 m n. m.

Největší průměrná roční rychlost větru byla naměřena většinou na stanici Mošnov, a to kolem 4 m.s^{-1} (obr. 2). Z hlediska hodnocení sezon je nejmenší rychlost jednoznačně v letním období (nejvíce naměřila stanice Karlov, $4,2 \text{ m.s}^{-1}$ r. 2006), kdy na většině stanic byla rychlost mezi $2\text{--}3,5 \text{ m.s}^{-1}$. Větší rychlost, nejčastěji $3\text{--}4,5 \text{ m.s}^{-1}$, byla zaznamenána na jaře (Holešov – maximum $5,2 \text{ m.s}^{-1}$, r. 1968). Největřnější z jednotlivých sezon byla zima, kdy byla dosažena většinou nejen největší průměrná rychlost větru, ale rovněž i variabilita hodnot v daném intervalu ($2\text{--}6 \text{ m.s}^{-1}$) viz obr. 3. Největší průměrná zimní rychlost větru se jednoznačně nejčastěji vyskytovala na stanici Mošnov. Pro jednotlivá roční období byla vypočtena též průměrná desetiletá rychlost větru na jednotlivých stanicích a graficky znázorněna v obr. 4. Větší rychlost větru v posledním desetiletí vychází na stanicích Karlov, Hradec Králové a Doksany. Nejvýraznější zmenšení rychlosti jsou naopak na stanicích Mošnov a Holešov. Celkové počty dní v roce s průměrnou rychlostí větší než 5 m.s^{-1} v posledním desetiletí byly nejnižší u obou stanic, nad 10 m.s^{-1} Doksany, Mošnov třetí nejnižší, průměrná rychlost nad 15 m.s^{-1} se v posledních desetiletích vůbec nevyskytla (tab. 4). Z pohledu sezon byl v posledním desetiletí vyšší počet dní s rychlostí nad 10 m.s^{-1} v zimě v Mošnově a na podzim v Doksanech.

3.2 Stanice 300–600 m n. m.

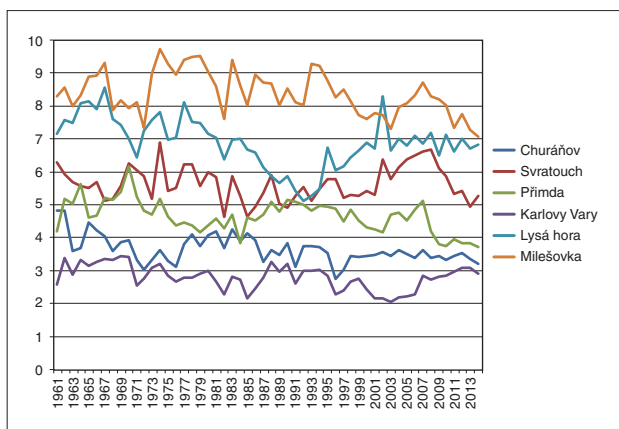
Největší průměrná roční rychlost, většinou $3\text{--}5 \text{ m.s}^{-1}$, byla zaznamenána na Ruzyni, což je bezesporu ovlivněno ideálně otevřeným terénem bez větší drsnosti či členitější orografie. Největší roční rychlost $5,4 \text{ m.s}^{-1}$ však byla vypočtena v roce



Obr. 7 Průměrná desetiletá rychlost větru podle sezon na stanicích ve výšce 301–600 m n. m.

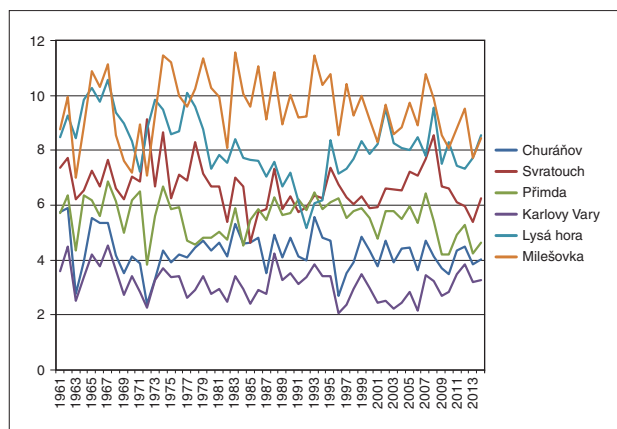
Fig. 7. Average decennial wind speed [m.s^{-1}] at stations between 300–600 m a.s.l. throughout different seasons.

1983 v Kuchařovicích, v roce 1973 na Ruzyni pak $5,3 \text{ m.s}^{-1}$ (obr. 5). Rozdělení z hlediska sezon je obdobné jako v předchozím nižším výškovém intervalu stanic, a sice léto má opět nejmenší průměrnou rychlost, na většině stanic pouze $2\text{--}4 \text{ m.s}^{-1}$ s největší hodnotou na Ruzyni $5,0 \text{ m.s}^{-1}$ r. 1974. Větší rychlost, nejčastěji v intervalu $2\text{--}5 \text{ m.s}^{-1}$ byla zaznamenána jak na jaře, tak i na podzim, přičemž jaro se zdá podle počtu let s rychlostí nad 5 m.s^{-1} nepatrně větřnější. Na jaře byla dosažena největší rychlost $6,1 \text{ m.s}^{-1}$ v r. 1981 v Kuchařovicích, na podzim roku 1973 pak rychlost $5,8 \text{ m.s}^{-1}$ na Ruzyni. Podle hodnocení sezon byla největřnější opět zima, s největší variabilitou jednotlivých hodnot. Průměrná rychlost se většinou pohybovala mezi $3\text{--}6 \text{ m.s}^{-1}$, výjimkou byl Cheb, kde byla rychlost jen $2\text{--}4 \text{ m.s}^{-1}$. Největší průměrná zimní rychlost $6,4 \text{ m.s}^{-1}$ se vyskytla v Kuchařovicích v r. 1983 a dále na Ruzyni $6,2 \text{ m.s}^{-1}$ v r. 1993. Nejmenší naopak vyšla $1,8 \text{ m.s}^{-1}$ v r. 1996 v již zmiňovaném Chebu (obr. 6). Jednoznačné zmenšení rychlosti bylo téměř u všech sezon v posledních desetiletích prokázáno u Ruzyně, Kostelní Myslové, Ústí nad Orlicí a Kuchařovic. Větší rychlost byla dosažena naopak např. v létě a na podzim v Přibyslavi (obr. 7). Celkové počty dní v roce s průměrnou



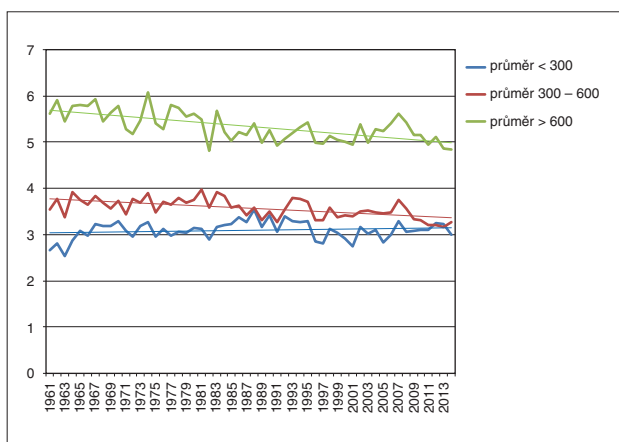
Obr. 8 Průměrná roční rychlost větru v období 1961–2014 ve výšce nad 600 m n. m.

Fig. 8. Average annual wind speed [m.s^{-1}] in the 1961–2014 period at stations above 600 m a.s.l.



Obr. 9 Průměrná zimní rychlost větru v období 1961–2014 ve výšce nad 600 m n. m.

Fig. 9. Average winter wind speed [m.s^{-1}] at stations above 600 m a.s.l. in the 1961–2014 period.



Obr. 10 Průměrná roční rychlost větru a lineární trendy – průměry tří skupin stanic podle nadmořské výšky za období 1961–2014.

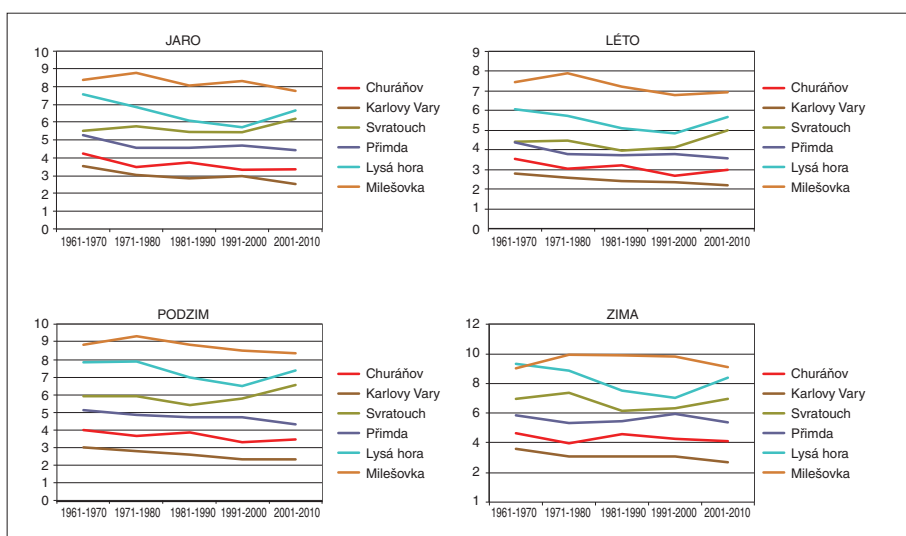
Fig. 10. Average annual wind speeds [m.s^{-1}] and linear trends – the average of 3 groups of stations based on their m.a.s.l. in the 1961–2014 period.

a orografii v okolí stanice. Naopak největší průměrnou roční rychlost měla výhradně Milešovka, kde byla průměrná rychlost v roce 1974 až $9,7 \text{ m.s}^{-1}$ a minimální rychlost se zmenšila pod 7 m.s^{-1} (obr. 8). Z hlediska sezon, podobně jako v nižších nadmořských výškách, byla naměřena nejmenší průměrná rychlost v létě – maximum Milešovka $8,9 \text{ m.s}^{-1}$ r. 1974, další stanice v pořadí pak byla Lysá hora se $6,7 \text{ m.s}^{-1}$ r. 2002. Jarní rychlost byla jen o málo větší než letní: Milešovka $10,2 \text{ m.s}^{-1}$ r. 1995, dále pak Lysá hora $9,3 \text{ m.s}^{-1}$ r. 1967. Výraznější navýšení hodnot ve srovnání s ostatními skupinami stanic nastalo u podzimu, kde převládala rychlost v intervalu $3\text{--}10 \text{ m.s}^{-1}$, největší byla opět na Milešovce $10,8 \text{ m.s}^{-1}$ r. 1978 a nejmenší maxima v Karlových Varech činila $3,7 \text{ m.s}^{-1}$ v r. 1969 a 1970. Zimní rychlost byla z hlediska sezon opět největší, stejně jako variabilita rychlostí mezi stanicemi (obr. 9). Na Milešovce byla naměřena největší rychlost $11,6 \text{ m.s}^{-1}$ v roce 1983, ale i v několika dalších letech (1974, 1993), kdy byla rychlost až $11,5 \text{ m.s}^{-1}$. Naproti tomu např. v Karlových Varech bylo maximum rychlosti větru $4,5 \text{ m.s}^{-1}$ v letech 1962 a 1967 a minimum $2,1 \text{ m.s}^{-1}$ v roce 1996. Průměrná roční rychlost jako průměr ze tří skupin stanic dle nadmořské výšky byla vynesena do jedno-

rychlostí nad 5 i 10 m.s^{-1} byly v posledním desetiletí nejnižší na Ruzyni a v Kuchařovicích. Počet dní s rychlostí nad 15 m.s^{-1} byl v posledním desetiletí na Ruzyni opět nejnižší, v Kuchařovicích se vůbec žádné nevyskytly (tab. 5).

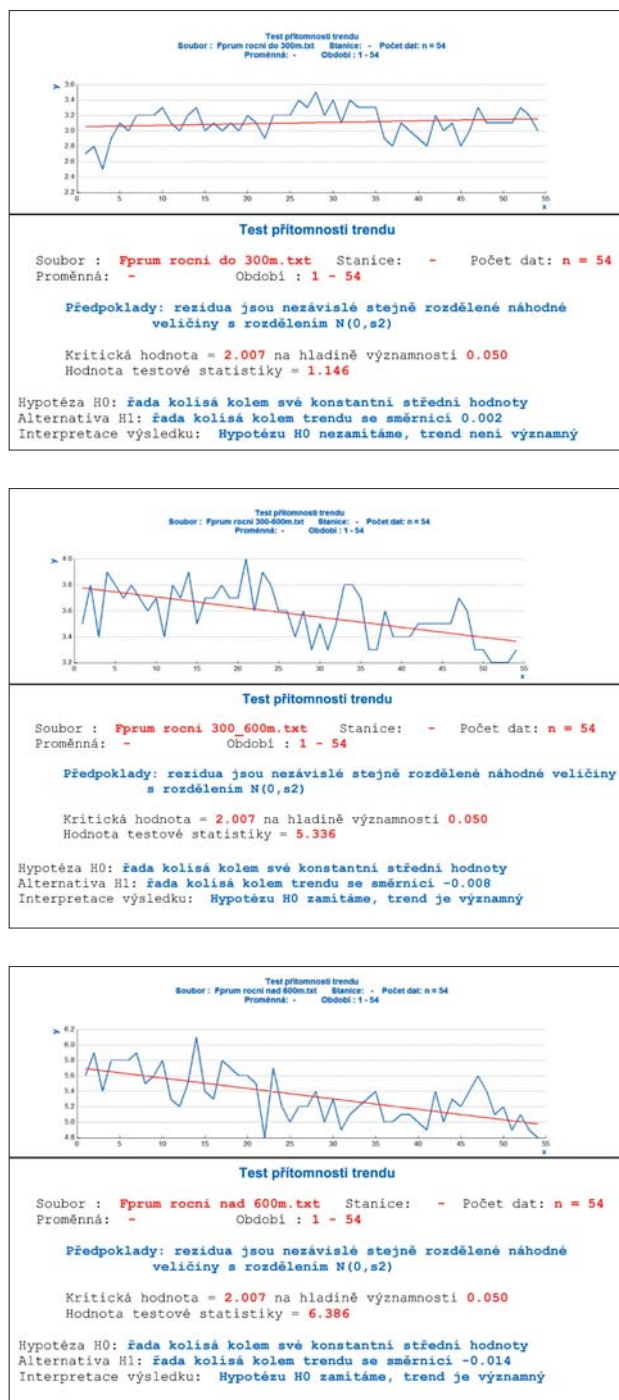
3.3 Stanice nad 600 m n. m.

Stanice v největším výškovém intervalu měly jednoznačně nejen největší průměrnou roční rychlost větru $3\text{--}9 \text{ m.s}^{-1}$, ale i největší variabilitu hodnot, a to jak v ročním zpracování, tak podle sezon. Výrazně nejnižší hodnoty, a to v celé časové řadě, měly Karlovy Vary (největší $3,4 \text{ m.s}^{-1}$). Je to dáno jak nejnižší nadmořskou výškou stanice v daném intervalu, tak i zvýšenou drsností terénu



Obr. 11 Průměrná desetiletá rychlost větru podle sezon na stanicích nad 600 m n. m.

Fig. 11. Average decennial wind speed [m.s^{-1}] at stations above 600 m a.s.l. throughout different seasons.



Obr. 12 Grafické a numerické zpracování přítomnosti trendu průměrné roční rychlosti větru podle tří intervalů nadmořské výšky.

Fig. 12. Graphical and numerical data processing on the occurrence of the trend of average annual wind speeds based on the 3 elevation ranges above sea level.

ho grafu a pro každou skupinu proložen průběh hodnot lineární regresí. Je zde dobře patrná rozdílnost sklonů regresních přímek podle nadmořské výšky skupiny stanic. Příklad zpracování pro roční rychlost větru s vyjádřením lineárního trendu uvádí obr. 10. Průměrná rychlost větru podle sezon v jednotlivých desetiletích je uvedena na obr. 11. Pokles v posledním desetiletí je zřejmý u Milešovky, Přimdy a částečně Churáňova. Větší rychlost byla zaznamenána naopak u Svatouchu a Lysé hory. Počty dní v roce s rychlostí nad 5, 10, 15 m.s^{-1} byly v posled-

ním desetiletí u Přimdy vždy nejnižší. Naopak u Lysé hory vyšly nejnižší počty v předposledním desetiletí a v posledním desetiletí byl zaznamenán mírný nárůst.

4. HODNOCENÍ PŘÍTOMNOSTI A VZNIKU TRENDŮ U PRŮMĚRNÝCH ROČNÍCH A SEZONNÍCH RYCHLOSTÍ VĚTRU

Statistická významnost trendů je zřejmá z výsledků provedeného statistického zpracování a interpretace výsledků v tab. 2. Je zde vyčíslena hodnota testové statistiky, vždy pro roční i sezonní průměrnou rychlost, podle skupin stanic jednotlivých výškových pásem a popsána statistická významnost přítomnosti trendu a jeho průběh. Ukázka testování přítomnosti trendů roční průměrné rychlosti v jednotlivých skupinách stanic je na obr. 12.

4.1 Stanice do 300 m n. m.

V nejnižším výškovém intervalu skupiny stanic nebyla prokázána přítomnost trendu u průměrné roční rychlosti. Podle jednotlivých sezon byl statisticky významný rostoucí trend pouze v případě léta. U ostatních sezon opět žádný významný trend nebyl zaznamenán. Vznik trendu u průměrné roční rychlosti nebyl prokázán, u jarní a podzimní sezony nastal a byl klesající, avšak nikoliv statisticky významný. Příklady trendů jednotlivých sezon jsou uvedeny na obr. 13.

4.2 Stanice 300–600 m n. m.

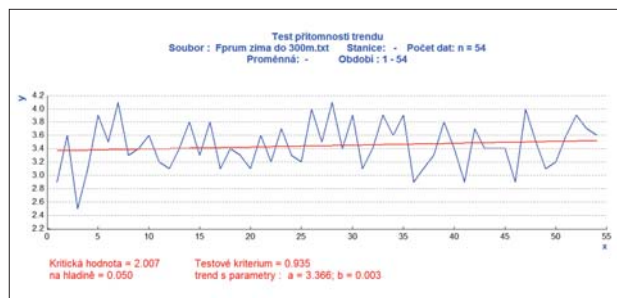
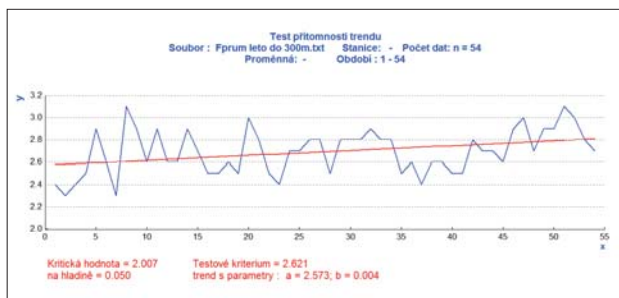
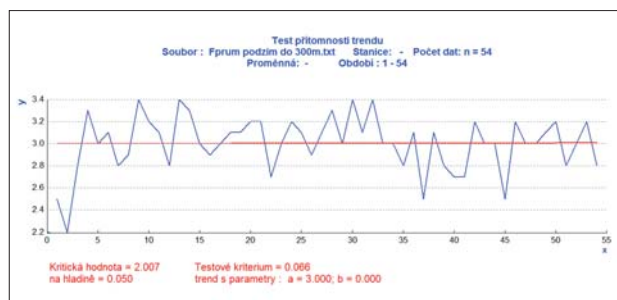
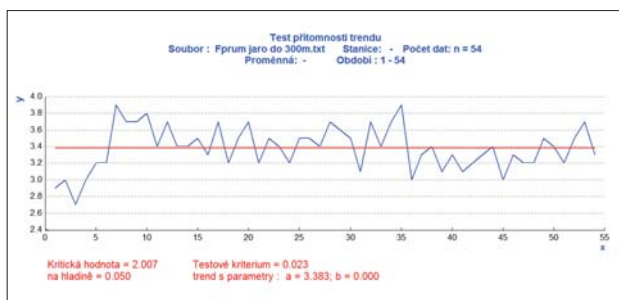
V této skupině stanic vyšel statisticky významný klesající trend u průměrné roční rychlosti a stejně tak u všech sezon, přičemž nejvýraznější snížení rychlosti, doložené největší hodnotou sezonní testové statistiky, bylo na jaře a na podzim (obr. 14). Statisticky významný vznik trendu a následný klesající trend rychlosti se v posledních třech desetiletích projevil u průměrné roční rychlosti. Z hlediska sezon byl statisticky významný vznik trendu v průběhu časové řady prokázán pouze v jarní sezoně (obr. 15). Po vzniku trendu následoval opět klesající průběh průměrné rychlosti v posledních dekáдах.

4.3 Stanice nad 600 m n. m.

V nejvyšším výškovém intervalu skupiny stanic se projevila staticky nejvýznamnější přítomnost klesajícího trendu u roční průměrné rychlosti s největším sklonem křivky a s největší hodnotou testové statistiky ze všech intervalů stanic (obr. 12). V případě sezon byl rovněž ve všech případech statisticky významný klesající trend, nejvýznamnější na jaře, nejméně významný v zimě. Přítomnost trendů v jednotlivých sezonách je doložena na obr. 16. Testování vzniku trendu neprokázalo ani u roční ani u sezonní průměrné rychlosti vznik významného trendu během časové řady.

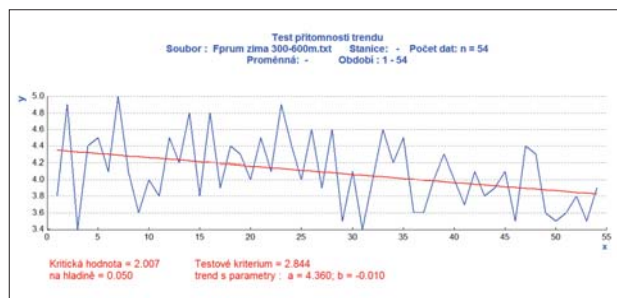
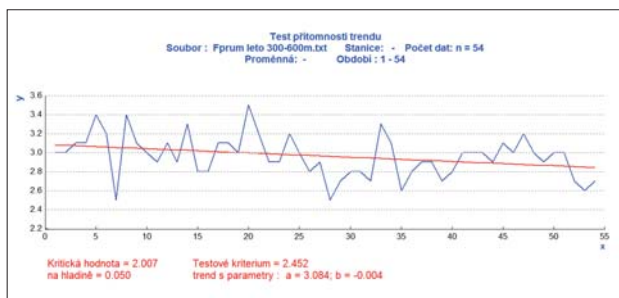
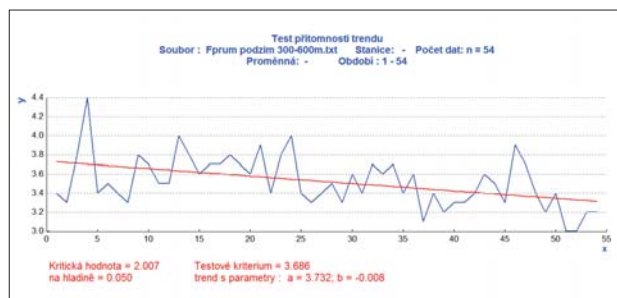
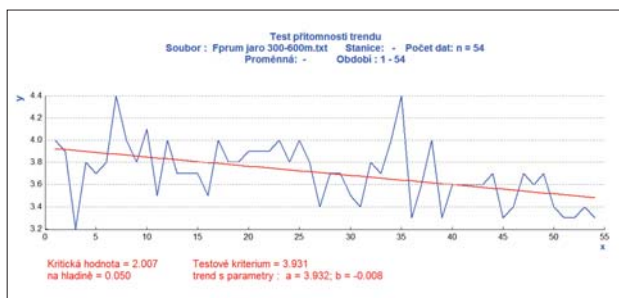
5. ZÁVĚR

Průměrná roční rychlost větru kolísala na stanicích v rozmezí 3–9 m.s^{-1} , v největším intervalu nad 600 m n. m. byla v průměru dvojnásobná než v nejnižším intervalu do 300 m n. m. Horské stanice (Churáňov, Lysá hora, Svatouch, Milešovka) měly největší variabilitu naměřených hodnot. Z hlediska rozmístění stanic podle nadmořské výšky a jednotlivých výškových intervalů byl u stanic s vyšší nadmořskou výškou zřetelnější výraznější pokles průměrné rychlosti než u stanic s nižší nadmořskou výškou. U nejnižší položených stanic byl doložen naopak mírně rostoucí, statisticky však nevýznamný trend, u dalších dvou skupin stanic ve středním a vysokém výškovém pásmu byl identifikován statisticky významný klesající trend. Z hlediska průměrné sezonní rychlosti byla v průměru nejvýznamnější zima, naopak nejmenší průměrná rychlost převlá-



Obr. 13 Přítomnost trendu průměrné sezonní rychlosti u stanic v intervalu do 300 m n. m.

Fig. 13. The occurrence of the trend of average seasonal wind speeds at stations below 300 m a.s.l.



Obr. 14 Přítomnost trendu průměrné sezonní rychlosti u stanic v intervalu 300–600 m n. m.

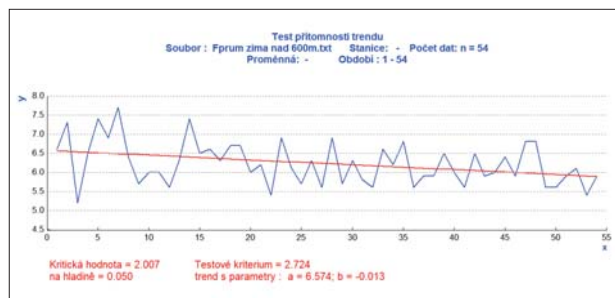
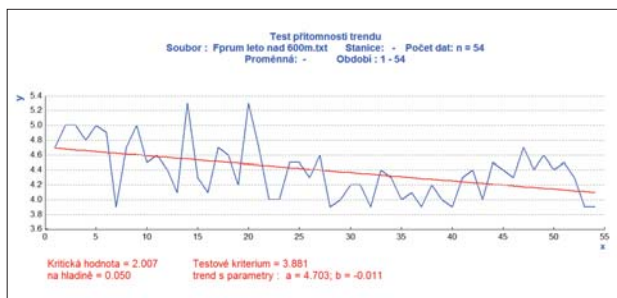
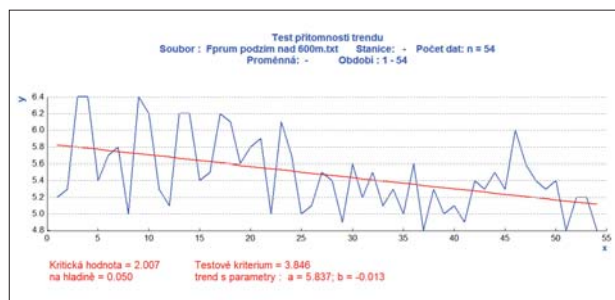
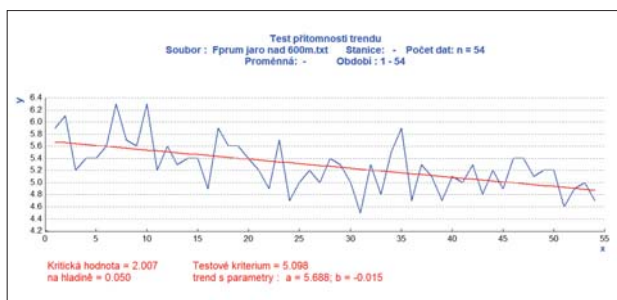
Fig. 14. The occurrence of the trend of average seasonal wind speeds at stations between 300–600 m a.s.l.

dala v letním období. Podle průměrné desetileté rychlosti bylo zaznamenáno nejvýraznější zmenšení rychlosti u stanic všech výškových pásem právě v zimě. U skupiny stanic nejnižšího intervalu byl z hlediska sezon prokázán statisticky významný rostoucí trend na jaře, u skupiny stanic v obou vyšších intervalech byl naopak statisticky významný klesající trend detekován ve všech sezonách, nejvýraznější na jaře a na podzim. Tyto difference v průběhu rychlosti a trendů v závislosti na nadmořské výšce jsou velmi zajímavé a dokládají zřetelně výraznější zeslabení proudění ve vyšších nadmořských výškách. Statisticky významný vznik trendu v průběhu časové řady byl prokázán jedině u skupiny stanic ve středním intervalu, a to v jarní sezoně, časově však vznik trendu nebyl lokalizován do



Obr. 15 Příklad vzniku trendu u průměrné jarní rychlosti u stanic v intervalu 300–600 m n. m.

Fig. 15. Example on the origin of the trend in average spring wind speeds at stations between 300–600 m a.s.l.



Obr. 16 Příklad vzniku trendu u průměrné sezonní rychlosti u stanic v intervalu nad 600 m. n m.

Fig. 16. The occurrence of the trend of average seasonal wind speeds at stations above 600 m a.s.l.

období přechodu na automatické měřicí systémy, takže ovlivnění z hlediska změny přístrojového měření nebylo prokázáno. Podle vybraných dvou stanic z každého výškového intervalu, na základě jejich geografické polohy a reprezentativnosti okolí z hlediska cirkulace, byl detekován kromě Lysé hory na všech ostatních pokles počtu dní v roce s průměrnou denní rychlostí nad 5, 10 a 15 m.s⁻¹ v posledním desetiletí (tab. 4–6). Statisticky významné klesající trendy průměrné rychlosti větru na stanicích v ČR jsou v souladu se s prezentovanými trendy u maximálních nárazů větru (Brázdil et al. 2016). Citované závěry ohledně trendů rychlosti větru souhlasí také s výsledky dalších autorů článků uvedených v úvodu.

Poděkování:

Příspěvek vznikl s finanční podporou Grantové agentury ČR projektu č. 15-11805S Vichřice v českých zemích za posledních 500 let. Za grafické zpracování mapy stanic děkuji kolegovi Mgr. Pavlovi Vacíkovi.

Literatura:

- AZORIN-MOLINA, C., VICENTE-SERRANO, S. M., McVICAR, T. R., JEREZ, S., SANCHEZ-LORENZO, A. et al., 2014. Homogenization and Assessment of Observed Near-Surface Wind Speed Trends over Spain and Portugal, 1961–2011. *Journal of Climate*, Vol. **27**, No. 10, s. 3692–3712. doi: 10.1175/JCLI-D-13-00652.1.
- BICHET, A., WILD, M., FOLINI, D., SCHÄR, C., 2012. Causes for decadal variations of wind speed over land: sensitivity studies with a global climate model. *Geophysical Research Letters*, Vol. **39**, Issue 11. doi:10.1029/2012GL051685.
- BRÁZDIL, R., HOSTÝNEK, J., ŘEZNÍČKOVÁ, L., ZAHRADNÍČEK, P., TOLASZ, R. et al., 2016. The variability of maximum wind gusts in the Czech Republic between 1961 and 2014. *International Journal of Climatology*, doi: 10.1002/joc.4827 [on-line].
- HOSTÝNEK, J., KRÁL, J., 2006a. Wind Speeds in the Czech Republic. In: *Theoretical and Experimental Research in*

Structural Engineering. Bratislava: ICA SAS, s. 236–244. ISBN 80-969521-0-2.

- HOSTÝNEK, J., KRÁL, J., 2006b. Vliv orografie terénu na návrhové rychlosti větru v ČR. In: *Engineering Mechanics* [CD-ROM]. Praha: Ústav teoretické a aplikované mechaniky AV ČR, s. 1–10. ISBN 80-86246-27-2.
- HOSTÝNEK, J., NOVÁK, M., ŽÁK, M., 2008. Kyrill a Emma v Česku – Meteorologické příčiny, průběh bouří s hodnocením větrných extrémů. *Meteorologické zprávy*, roč. **61**, č. 3, s. 65–71. ISSN 0026-1173.
- HOSTÝNEK, J., LEPKA, Z., HRADIL, M., 2012. WAsP Engineering – využití modelu v provozu ČHMÚ. *Meteorologické zprávy*, roč. **65**, č. 2, s. 45–50. ISSN 0026-1173.
- CHEN, L., LI, D., PRYOR, S. C., 2013. Wind speed trends over China: quantifying the magnitude and assessing causality. *International Journal of Climatology*, Vol. **33**, Issue 11, s. 2579–2590. doi: 10.1002/joc.3613.
- LIPINA, P., ŘEPKA, M., KLIEGROVÁ, S., TOLASZ, R., VALERIANOVÁ, A., 2016. Kontrola pravidelných meteorologických dat v databázi CLIDATA. *Meteorologické zprávy*, roč. **69**, č. 2, s. 41–48. ISSN 0026-1173.
- McVICAR, T. R. et al., 2012. Global review and synthesis of trends in observed terrestrial near-surface wind speeds: Implications for evaporation. *Journal of Hydrology*, Vol. **416**, s. 182–205.
- ŘEPKA, M., 2011. Přehled měření větru v České republice. *Meteorologické zprávy*, roč. **64**, č. 4, s. 97–106. ISSN 0026-1173.
- SOBÍŠEK, B., 1995. Reprezentativnost větřoměrných dat meteorologických stanic v období 1961–1990. *Meteorologické zprávy*, roč. **48**, č. 2, s. 45–49. ISSN 0026-1173.
- TOLASZ, R. et al., 2007. Atlas podnebí Česka, Climate atlas of Czechia. Praha, Olomouc: Český hydrometeorologický ústav, Univerzita Palackého Olomouc. ISBN 978-80-86690-26-1 (ČHMÚ), 978-80-244-1626-7 (UP).

Lektoři (Reviewers): RNDr. Lukáš Pop, Ph.D.,
Mgr. Miroslav Řepka

KONFERENCE GIS ESRI V ČR

Ve dnech 2. a 3. listopadu 2016 proběhl v Kongresovém centru Praha na Vyšehradě již 25. ročník konference GIS Esri, která je největším oborovým setkáním geoinformatiků v České republice. Hlavním cílem konference pořádané společností ARCDATA PRAHA, s. r. o. je seznámení účastníků s novinkami v oblasti GIS a s aktuálními projekty ve veřejném i soukromém sektoru. Jednotlivým tématem letošní hlavní sekce konference byla problematika klimatické změny a jejích aktuálních i předpokládaných dopadů. Konference se zúčastnila téměř tisícovka návštěvníků, mezi nimi i zástupci ČHMÚ, kteří technologie GIS běžně používají při své práci.

V rámci zahájení konference předal jednatel společnosti ARCDATA PRAHA, s. r. o. Ing. Petr Seidl, CSc. ocenění za nasazení technologií GIS městu Jihlava. Hlavní sekci věnující se tématu klimatické změny v České republice zahájili meteoroložka České televize RNDr. Tatána Míková a klimatolog ČHMÚ RNDr. Radim Tolasz, Ph.D. Prostřednictvím rozhovoru v televizním studiu vzniklém přímo na jevišti a s využitím ukázek z televizních zpráv informujících o extrémních počasích z minulých let se snažili upozornit posluchače na to, že klimatická změna je již probíhající skutečností, nikoliv pouze vzdálenou budoucností. Radim Tolasz vystoupil i na závěr tohoto bloku s přednáškou *Klimatická změna a reálný svět*, kde se dotkl zejména možností adaptace na klimatickou změnu a její mitigace. V rámci úvodního bloku dále ředitel České geologické služby Mgr. Zdeněk Venera, Ph.D. informoval o projektu „*Rebalance zásob podzemních vod ČR*“ a prof. Ing. Zdeněk Žalud, Ph.D. z Mendelovy univerzity v Brně hovořil o změně klimatu a její souvislosti s českým zemědělstvím.

V úvodu odpoledního bloku přednášek vystoupil zakladatel a prezident společnosti Esri Jack Dangermond, který se ve své přednášce věnoval významu GIS v reálném světě a jejich využití při řešení současných problémů. Poté následovalo seznámení s novinkami v ArcGIS v podání odborníků ze společnosti ARCDATA PRAHA, s. r. o. V druhé části odpoledního bloku si již účastníci mohli vybrat z několika možností, současně probíhaly přednášky užití GIS ve veřejné správě, workshop seznamující s vektorovými dlaždicemi, či sekce věnovaná správě inženýrských sítí a majetku.

Druhý den konference patřil uživatelským přednáškám, které byly rozděleny do několika souběžně probíhajících tematických bloků. Jednalo se např. o témata využití GIS v dopravě či ve vzdělávání. Jedna ze sekcí byla věnována i seznámení se směrnicí Evropské komise a Rady INSPIRE (INfrastructure for SPatial InfoRmation in Europe), která si klade za cíl vytvořit evropský legislativní rámec potřebný k vybudování evropské infrastruktury prostorových dat k podpoře politik ovlivňujících životní prostředí.

Vedle přednáškových sekcí probíhal v rámci konference i bohatý doprovodný program. K vidění byla např. výstava starých map, či armádní hydrometeorologické vozidlo Blesk, od jehož obsluhy jsme se mohli dovědět více o práci vojenských meteorologů. Tradičně proběhla i soutěžní výstava posterů, kde si bylo možné prohlédnout 43 zajímavých příspěvků, mezi nimi i poster na téma *Možnosti hodnocení sucha v prostředí GIS* od Lenky Hájkové a jejích kolegů z oddělení biometeorologických aplikací ČHMÚ.

U stánku technické podpory ARCDATA PRAHA měli návštěvníci příležitost konzultovat technické problémy ohled-



Simulovaný televizní rozhovor o změně klimatu. Zdroj: ARCDATA PRAHA, s. r. o., www.arcdata.cz.

ně užívání technologií GIS se specialisty. Letos poprvé zde byly také pořádány krátké tematické minisemináře, které se zabývaly např. webovými aplikacemi či porovnáním dvou desktopových aplikací ArcMap a ArcGIS Pro.

Více informací o konferenci, včetně videozáznamů z přednášek, prezentací či fotografií posterů, naleznete na stránkách <https://www.arcdata.cz/zpravy-a-akce/akce/konference>.

Lenka Crhová

KONFERENCE O MLZE

Ve dnech 24.–29. července 2016 proběhla v polské Wroclavi mezinárodní konference s názvem Fog, Fog Collection and Dew. Jedná se o dobře zavedenou akci opakující se vždy jednou za tři roky, která je věnována veškerým aspektům týkajícím se mlhy a rosy. První z řady úspěšných konferencí na toto téma byla uspořádána již v r. 1998 v kanadském Vancouveru. Následovala setkání v r. 2001 v St. John's v kanadském Newfoundlandu, v r. 2004 v jihoafrickém Kapském Městě, v r. 2007 v chilské La Sereně, v r. 2010 v německém Münsteru a v r. 2013 v japonské Jokohamě.

Probíraná témata byla tentokrát skutečně různorodá a pokrývala nejen vědy exaktní, ale překvapivě dokonce i umělecké disciplíny. Patřily mezi ně monitoring mlhy, klimatologie mlhy, dálkový průzkum mlhy, modelování mlhy, chemie mlhy, fyzika mlhy, mlžná depozice, vliv mlhy na vegetaci, předpověď mlhy, mlha v dopravě, projekt týkající se shromažďování mlžné vody, materiály k zajištění sběru mlhy, mlha v umění, mlha v literatuře, projekty týkající se rosy, chemie rosy, fyzika rosy.

Jednání neprobíhala paralelně v sekcích, jak bývá u mnoha konferencí obvyklé, ale organizátoři zvolili formát „one single track“. Prezentace se tedy odehrávaly v jednom sále pro všechny účastníky, jednotlivé sekce následovaly po sobě, nebylo nutné mezi tématy volit, a účastník o nic nepřišel. Posterové prezentace byly krátce slovně uvedeny vždy v příslušných sekcích, takže bylo možné se velmi rychle orientovat a jít přímo k posterům podle předem vtypovaných zájmů.

Konference se konala v moderní budově Fakulty právnické, administrativní a ekonomické Wroclawské univerzity. Organizační výbor, v čele s předsedou Dr. Mieczyslawem Sobikem a jeho tajemníkem Dr. Markem Blašem z Wroclawské univerzity, připravil účastníkům skutečně výborné zázemí pro výměnu odborných informací, nejnovějších výsledků i pro společenská setkání.



Mezinárodní konference *Fog, Fog Collection and Dew* proběhla ve dnech 24.–29. července 2016 v polské Wroclavi. Zdroj: <http://fog-conf.meteo.uni.wroc.pl/>.

Ačkoliv by se mohlo zdát, že mlha a rosa jsou zcela okrajovým odborným tématem, účastnilo se akce asi 120 participantů z více než 30 zemí zastoupených na všech kontinentech.

V rámci konference byla nově ustavena Mezinárodní asociace pro mlhu a rosu (International Fog and Dew Association – IFDA). Založení proběhlo aklamací účastníky konference. Do čela Asociace bylo na tříleté období mezi konferencemi zvoleno devítileté předsednictvo. Prezidentem se stal Prof. Otto Klemm z University v Münsteru.

Ačkoliv mlha je v podmínkách ČR spojována především s problémy v dopravě letecké i pozemní či s kontaminací přírodního prostředí znečišťujícími látkami z ovzduší prostřednictvím atmosférické depozice, v řadě oblastí světa může být mlha či rosa velmi prospěšná až životně důležitá, jakožto jediný zdroj vody pro ekosystémy i člověka. Již dnes existuje a dále se vyvíjí celá řada důmyslných zařízení, která jsou schopna velmi účinně zachytávat a shromažďovat vodu z mlhy či rosy tak, aby ji mohl člověk využít pro své potřeby. Zvířata i rostliny žijící tam, kde je sucho, se na nedostatek vody dokázaly v průběhu času adaptovat, a tak mohou přežít i v extrémně suchých oblastech, jakými jsou třeba Namibská poušť či Atacama. Pro některé živočišné druhy, např. plazy, může být jediným zdrojem vody ranní rosa vysrážená na jejich vlastním těle. V chilské Atacamě, nej-suší poušti světa, dokáže přežít jediná rostlina, Tillandsie, a to jen díky zvláštní schopnosti velmi účinně využít vodu z mlhy. Dokáže absorbovat až 50 ml vody na m² za hodinu a její absorpce vody je asi 200× rychlejší než evaporace.

Řada studií z různých oblastí světa upozorňuje na to, že výskyt mlhy na většině pozorovacích lokalit v posledních desetiletích klesá, stejně tak jako délka jejího trvání a intenzita (Vautard et al. 2009). Analýzou denních pozorování horizontální dohlednosti v období 1976–2006 bylo zjištěno, že v Evropě došlo k významnému snížení počtu dnů s nízkou horizontální dohledností, a to mnohde až o polovinu (van Oldenborgh et al. 2009). Spekuluje se, že to může být důsledek klimatické změny nebo klesajícího znečištění ovzduší. V jedné z klíčových přednášek prezentoval Prof. Otto Klemm výsledky zajímavé studie prokazující, že fyzikálně je možné obojí, přičemž nárůst průměrné teploty o 0,1 °C odpovídá nárůstu v dohlednosti o 36 m stejně tak, jako snížení koncentrace aerosolu o 10 % (Klemm, Lin 2016).

Za ČHMÚ byl prezentován příspěvek „The Contribution of Fog to Nitrogen deposition: Estimation of Spatial Pattern based on Data-Driven Geostatistical Model“ (Hůnová et al. 2016) odhadující, že příspěvek mlhy k atmosférické depozici dusíku se na přibližně 85 % českého zalesněného území pohybuje v roz-

mezí 0,25–1,0 g.m⁻².r⁻¹, a může tak, zejména v horských lesích, činit podstatnou část mokré atmosférické depozice dusíku.

Zájemci si mohou Sborník abstraktů z konference bezplatně stáhnout na webové adrese http://fog-conf.meteo.uni.wroc.pl/images/publications/FFCD_2016_Poland_proceeding_book.pdf.

Literatura:

- HŮNOVÁ, I., KURFÜRST, P., STRÁNÍK, V., 2016. The contribution of fog to nitrogen deposition: estimation of spatial pattern based on data-driven geostatistical model. In: M. BLAŠ, M. SOBIK, eds., 7th International Conference on Fog, Fog Collection and Dew, 24–29 July 2016, Wrocław, Poland. Proceedings Book. Wrocław: Uniwersytet Wrocławski, s. 172. ISBN 9787-83-62673-54-4.
- KLEMM, O., LIN, N.-H., 2016. What causes observed fog trends: air quality or climate change? *Aerosol and Air Quality Research*, Vol. 16, s. 1131–1142.
- VAN OLDENBORGH, G. J., YIOU, P., VAUTARD, R., 2010. On the roles of circulation and aerosols in the decline of mist and dense fog in Europe over the last 30 years. *Atmospheric Chemistry and Physics*, Vol. 10, s. 4597–4609.
- VAUTARD, R., YIOU, P., VAN OLDENBORGH, G. J., 2009. Decline of fog, mist and haze in Europe over the past 30 years. *Nature Geoscience*, Vol. 2, s. 115–119.

Iva Hůnová

SEMINÁŘ ČMES 2016: KLIMATICKÁ ZMĚNA V ČR: PROJEVY, DŮSLEDKY A ADAPTACE

Ve dnech 21. až 23. září 2016 proběhl tradiční výroční seminář České meteorologické společnosti, tentokrát na téma Klimatická změna v ČR: projevy, důsledky a adaptace. Seminář se uskutečnil v příjemném prostředí rodinného penzionu a kempu Slovácký dvůr v Ostrožské Nové Vsi. Pořadatelství semináře se tak po 7 letech vrátilo na území brněnské pobočky ČMeS. Tradičním spoluorganizátorem byl Český hydrometeorologický ústav, katedra fyziky atmosféry MFF UK a Ústav fyziky atmosféry AV ČR, v. v. i.

Na seminář se přihlásilo 55 účastníků a zaznělo zde celkem 23 příspěvků, jejichž abstrakty jsou obsaženy ve vydaném sborníku (ČMeS 2016). Příspěvky byly zaměřeny jak na obecné aspekty klimatické změny zahrnující základní strategické dokumenty, klimatické modelování a jeho validaci či stochastické generování meteorologických dat, tak i na projevy klimatické změny v podmínkách České republiky, její praktické dopady a možnosti adaptace. V části věnované projevům byly diskutovány zejména posuny v atmosférické cirkulaci, dopady na teplotní řady na různých místech ČR, změny ve skupenství srážek a několik příspěvků bylo věnováno zajímavé problematice výskytu období s extrémně vysokou teplotou vzduchu, tzv. horkých vln. V části věnované dopadům a adaptacím byla pozornost zaměřena zejména na vliv na zemědělství, výskyt zemědělského sucha, dopad na specifické aktivity, jako jsou vinařství a chmelářství. Závěrečná skupina příspěvků se soustředila na dopady klimatické změny v podmínkách urbánního klimatu. Přehled příspěvků v odpřednášeném pořadí je uveden níže.

- Tomáš Halenka: Klimatická změna a její hodnocení po COP21 v Paříži – od CMIP6 po nové trendy v aktivitách CORDEX a EURO-CORDEX.
- Radan Huth: Validace klimatických modelů: výsledky mezinárodního projektu VALUE.
- Alexander Ač, Jozef Pecho: Klima jako nelineární dyna-

mický systém: existuje tendence podhodnocovat skutečnou rychlost a dopady změny klimatu?

- Michal Belda, Tomáš Halenka, Eva Holtanová, Jaroslava Kalvová: Změny v rozložení klimatických pásem podle modelových projekcí projektu CMIP5.
- Martin Dubrovský: 21 let stochastického generování meteorologických dat.
- Monika Kučerová: Změny atmosférické cirkulace a teploty vzduchu v Evropě v průběhu 20. století.
- Eva Holtanová, Kateřina Vodičková: Mezidenní proměnlivost teploty vzduchu na území ČR.
- Radan Huth, Kryštof Maryško: Urychluje se oteplování v Evropě?
- Lucie Pokorná, Monika Kučerová: Roční chod teplotních trendů v ČR.
- Lenka Chřová, Anna Valeriánová, Eva Holtanová: Změny počtu dní s charakteristickými teplotami na území ČR.
- Anna Valeriánová, Lenka Chřová, Eva Holtanová: Časový vývoj počtu extrémně a abnormálně teplých a studených událostí v ČR.
- Jiří Hostýnek, Karel Sklenář: Projevy klimatické změny v západních Čechách podle měření sekulární stanice Klatovy.
- Gražyna Knozová, Marie Doleželová: Změny vybraných klimatických prvků ve Strážnici (Dolnomoravský úval) v období 1925–2015.
- Martin Hynčica, Radan Huth: Dlouhodobé změny skupenství srážek v České republice.
- Miroslav Trnka, Petr Hlavinka, Daniela Semerádová, Jan Balek, Lenka Bartošová, Petr Štěpánek, Pavel Zahradníček, Martin Možný, Martin Dubrovský, Zdeněk Žalud: Změna klimatu a její dopady – www.klimatickazmena.cz.
- Petr Štěpánek, Pavel Zahradníček, Aleš Farda, Petr Skalák, Miroslav Trnka, Jan Meitner, Kamil Rajdl: Změna klimatu pro Českou republiku podle Euro-CORDEX simulací.
- Lenka Hájková, Tomáš Vráblík, Věra Kožnarová, Martin Možný: Vyhodnocení indexu aridity na území ČR za období 1961–2015.
- Zdeněk Žalud, Petr Hlavinka, Daniela Semerádová, Jan Balek, Lenka Bartošová, Petr Štěpánek, Pavel Zahradníček, Martin Možný, František Pavlík, Michal Gebhart, Svatava Maradová, Miroslav Trnka: Monitoring a předpověď zemědělského sucha.
- Martin Možný: Dopady změny klimatu na české vinařství a chmelařství.
- Ondřej Lhotka, Jan Kyselý: Nedávné horké vlny ve střední Evropě v kontextu klimatické změny.
- Aleš Urban, Jan Kyselý: Prostorové vztahy mezi extrémní teplotou vzduchu a úmrtností v ČR.
- Tomáš Halenka, Peter Huszár, Michal Belda: Tepelný ostrov města a klimatická změna.
- Jan Geletič, Michal Lehnert, Martin Jurek: Místní klimatické zóny při studiu současného a budoucího klimatu města.

Na základě hlasování účastníků semináře byly vyhodnoceny tři nejlepší příspěvky. Absolutním vítězem se stal příspěvek autorského kolektivu Miroslava Trnky z Ústavu výzkumu globální změny AV ČR: Změna klimatu a její dopady. Na druhém místě skončil příspěvek Martina Možného z ČHMÚ s příznačným názvem, vzhledem k oblasti konání semináře, Dopady změny klimatu na české vinařství a chmelařství. O třetí příčku se podělily dva příspěvky, a to Roční chod teplotních trendů v ČR od Lucie Pokorné a Moniky Kučerové z Ústavu fyziky atmosféry AV ČR a příspěvek s názvem Urychluje se oteplování



Ve dnech 21. až 23. září 2016 proběhl tradiční výroční seminář České meteorologické společnosti, tentokrát na téma Klimatická změna v ČR: projevy, důsledky a adaptace. Foto: H. Stehlíková.

v Evropě? od Radana Hutha z Ústavu fyziky atmosféry AV ČR a Kryštofa Maryška z Přírodovědecké fakulty UK. Prezentující oceněných příspěvků získali hodnotné ceny v podobě dárkových knižních poukázek na nákup odborné literatury.

V rámci semináře se uskutečnilo rovněž Valné shromáždění ČMeS, jehož hlavním předmětem jednání byly nové stanovovy společnosti, představené předsedou společnosti Tomášem Halenkou. Úprava stanov souvisí s nutnou změnou právní formy ČMeS z občanského sdružení na zapsaný spolek, jak vyplývá ze změn v občanském zákoníku. Nové stanovovy byly hlasováním členů ČMeS odsouhlaseny.

Mimo odbornou a pracovní náplň doprovázel seminář ČMeS další bohatý program, který byl s ohledem na místo konání zaměřen zejména na atmosféru a tradice jižní Moravy. Večerní program v první den semináře zahájil vřelým úvodním slovem starosta Ostrožské Nové Vsi Ing. Pavel Botek, který všechny účastníky uvítal, seznámil je s některými geografickými realitami dané oblasti a představil jim nejatraktivnější přírodní a kulturní zajímavosti v regionu. Dalším překvapením večera byla návštěva místního mužského pěveckého souboru „Krasavci“, kteří v počtu 12 členů v průběhu večera zazpívali mnoho tradičních lidových písní. Jejich vystoupení, prokládaná srdečným vyprávěním, umožnila doslova „nasát“ atmosféru Slovácka.

Pro odpoledne druhého dne bylo připraveno několik variant exkurzí. Většina účastníků si zvolila velmi zajímavou exkurzi po archeologických lokalitách z období Velké Moravy, která byla vedena místním rodákem, archeologem a především špičkovým odborníkem, ale také znamenitým vypravěčem a popularizátorem, doc. PhDr. Ludkem Galušskou, CSc. Výklad docenta Galušky byl veden na několika různých lokalitách, a to jak v plenéru na lokalitě Sady, na okraji města Uherské Hradiště, tak v rámci muzejní expozice v Památníku Velké Moravy přímo v Uherském Hradišti, a dokonce i v prostředí archeoskanzenu v Modré, kde bylo, díky jeho unikátní koncepci, možno přímo pozorovat „oživlou historii“, vše za poutavého vyprávění doc. Galušky.

Techničtější založení účastníci měli možnost navštívit letecké muzeum v blízkých Kunovicích, milovníci památek volili zámek Buchlovice nebo hrad Buchlov. Někteří věnovali krásné a slunečné brzké podzimní odpoledne cyklovýletu kolem místních štěrkových jezer. Nutno podotknout, že i samotný ubytovací areál poskytoval velmi příjemné prostředí s různorodými možnostmi vyžití (beach volejbal, minigolf, wellness...). Příjemný den plný zážitků byl završen večerní degustací místních vín řízenou odborníkem.

V závěru semináře jeho účastníci minutou ticha uctili památku zesnulých dlouholetých členů společnosti. Na jaře zemřel RNDr. Vojtěch Vítek, DrSc., dlouholetý ředitel Ústavu fyziky atmosféry AV ČR, v létě zemřel RNDr. Sylvestr Slabý, dlouholetý meteorolog ČHMÚ a v termínu konání semináře PhDr. Vladimír Ondruch, vedoucí meteorologické stanice na Lysé hoře. Čest jejich památce.

Věříme, že účastníci semináře ocenili nejen zajímavé odborné přednášky na aktuální téma, ale že rovněž mohli naplno ochutnat, vychutnat si a zažít atmosféru slováckého regionu a že k nám do prostředí teplé a slunné jižní Moravy třeba za pár let v rámci dalšího semináře ČMeS opět rádi zavítají.

Literatura:

Klimatická změna v ČR: projevy, důsledky a adaptace. Praha: ČHMÚ. 2016. 1. vyd. ISBN 978-80-87577-62-2.

Marie Doleželová a Gražyna Knozová

PŘÍVALOVÝ DĚŠŤ A KROUPY NA KRNOVSKU 31. KVĚTNA 2016

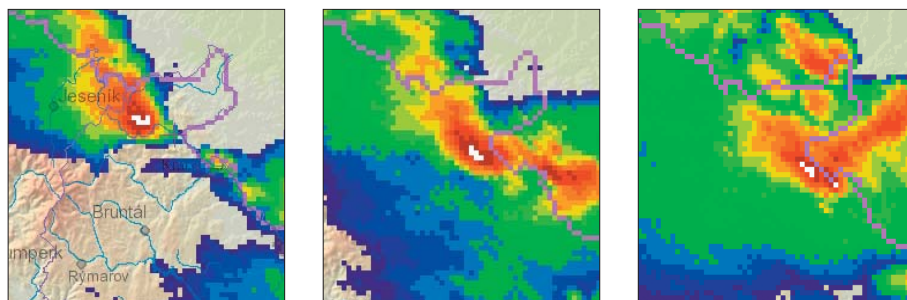
Poslední květnový den se v Moravskoslezském kraji vyskytly silné bouřky s přívalovými lijáky a krupobitím (obr. 1). Mimořádně vysoký krátkodobý srážkový úhrn byl naměřen na stanici Město Albrechtice, Žáry (498 m n. m.). V čase od 18:22 do 21:30 SELČ bylo naměřeno 145,5 mm srážek (tab. 1, obr. 2). Mimořádná byla intenzita srážek mezi 18:22 a 19:00, kdy člunkový srážkoměr zaznamenal 119,6 mm.

Srážkový úhrn 129,3 za 60 minut v čase od 18:21 je pravděpodobně nejvyšší hodnota úhrnu srážek za jednu hodinu v Česku. Doposud největší uváděná intenzita srážek 92,8 mm je ze dne 23. 6. 1966 na stanici Vyšší Brod (Tolasz et al. 2007). V době mezi 18:27 a 18:55 SELČ se minutové intenzity srážek pohybovaly od 2,0 do 6,3 mm. Klasifikace krátkodobých úhrnů je uvedena v tab. 2. Pro porovnání uvádíme, že dlouhodobé měsíční srážkové úhrny za období 1961–1990 na stanici Žáry jsou v květnu 91,5 mm a v červnu 105 mm.

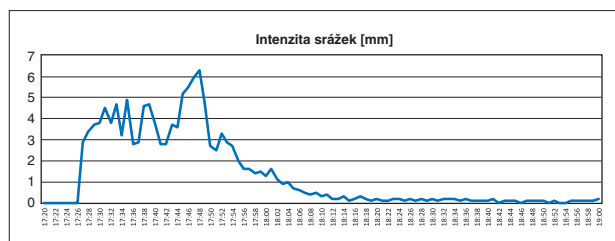
Místní část Žáry leží asi 2 km od Města Albrechtice, kde byly zaznamenány značné škody na majetku. Za uvedené období 18:20 až 21:30 bylo naměřeno v Městě Albrechticích na amatérské stanici ve škole 60 mm a srážkoměr podniku Povodí Odry, s. p. zaznamenal 70 mm srážek. Podle informací místních obyvatel, hasičů a úředníků se v Žárech a Městě Albrechticích vyskytovala bouřka, bylo zaznamenáno krupobití, s velikostí krup 1–3 cm, vrstva krup na komunikacích někde dosahovala 5 až 20 cm. Fotodokumentace škod a stručná informace o srážkové události byla zveřejněna na stránkách Města Albrechtice (Město Albrechtice 2016), rovněž i další internetové zdroje (Novinky.cz 2016, iDNES.cz 2016) informovaly o průběhu intenzivních srážek na mnoha místech Moravskoslezského kraje, včetně Města Albrechtice a Žárů.

Tab. 1 Časové rozložení srážek.

Časový interval	Úhrn
18:22–18:30	15,6
18:31–18:40	39,8
18:41–18:50	43,3
18:51–19:00	20,9
19:01–21:31	25,9
18:21–19:20	129,3



Obr. 1 Části radarových snímků dne 31. května 2016 v 18:00 (a), 18:35 (b) a 19:00 (c) SELČ.



Obr. 2 Intenzita srážek, minutové úhrny srážek [mm], na stanici Město Albrechtice, Žáry dne 31. května 2016, čas SELČ.

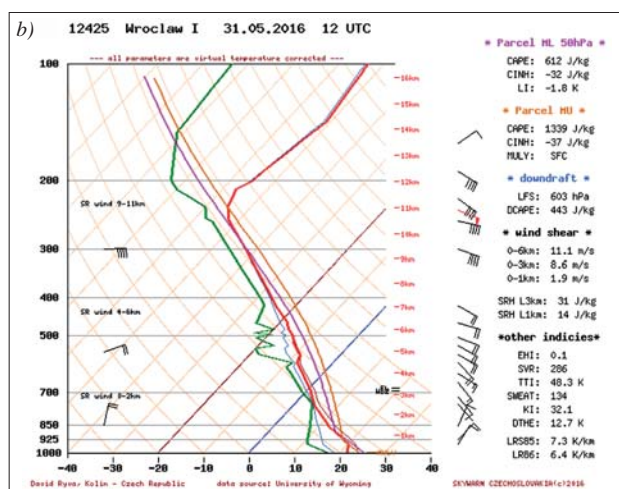
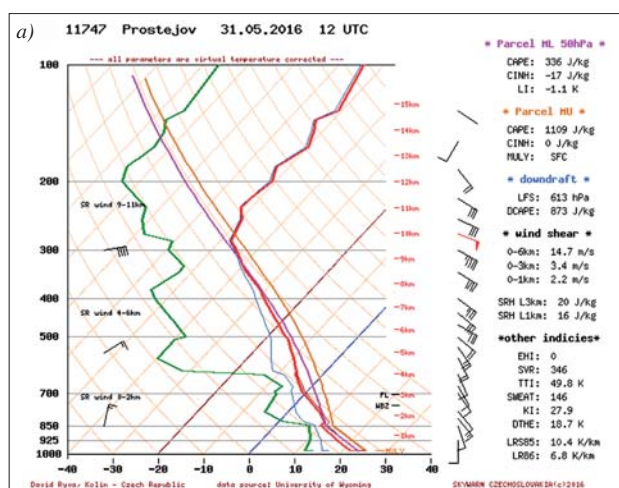
Synoptické zhodnocení a rozbor situace

Příčiny takto silného přívalového deště spočívají především v kombinaci několika faktorů. Jako hlavní lze označit kombinaci teplého a vlhkého labilního vzduchu, který se nad střední Evropou vyskytoval již několik dní, a rozsáhlé oblasti nízkého tlaku vzduchu, která se prostírala nad větší částí Evropy. Při přiblížení obrazu lze nad jižním Polskem analyzovat frontální rozhraní, které oddělovalo velmi vlhký vzduch nad Polskem od o něco málo suššího a nepatrně chladnějšího nad Českem. Toto rozhraní se v pozdních odpoledních a večerních hodinách mírně posunulo k jihu, nad pohraniční oblastí Moravskoslezského kraje. V tuto dobu dosahovala teplota v Moravskoslezském kraji svého maxima kolem 28 °C a tvořila se četná kupovitá oblačnost, ale přeháňky a bouřky vznikaly jen ojediněle. Pravděpodobně až s přiblížením výše zmíněného rozhraní došlo k silnějšímu rozvoji bouřek, které poměrně rychle vznikly hned na několika místech kraje. Většina bouří postupovala velmi pomalu k severozápadu, v souladu s výškovým prouděním, ale bouře, která se objevila okolo 18:00 SELČ severozápadně od Města Albrechtice, postupovala proti proudění, k jihovýchodu, a dále zesilovala. Zhruba nad oblastí Města Albrechtice se její postup k jihovýchodu zastavil a bouře zhruba 20 minut v podstatě setrvala nad stejnou oblastí.

Při hledání příčin extrémně silného přívalového deště nad stanici Žáry byl proveden podrobnější průzkum meteorologických a synoptických podmínek.

Prostředí bylo mírně instabilní, s hodnotami MUCAPE podle sondáže z Prostějova přes 1 100 J.Kg⁻¹, a z Wroclawi přes 1 300 J.Kg⁻¹. Sřih větru podle sondáže z Prostějova dosahoval hodnoty 14 m.s⁻¹ mezi 0–6 km a podle sondáže z Wroclawi kolem 10 m.s⁻¹. Obecně byl sřih větru před frontou poněkud výraznější, než jak ho udávaly modely. Sondáž z Wroclawi vykazovala o něco vlhčí profil než sondáž z Prostějova. Sondáž z Prostějova je reprezentativní pro oblast před frontálním rozhraním a sondáž z Wroclawi pro oblast za ním.

Obecně tato situace byla vhodná pro vznik bouřek s přívalovými srážkami a krupobitím. ČHMÚ na tuto situaci reagoval vydáním výstrahy před silnými bouřkami, Estofex ve své předpovědi upozorňoval jak na přívalové srážky, tak i na nárazy větru a krupobití a pro oblast ČR vydal stupeň 1.



Obr. 3 Výstup sondáže Prostějov (a) a Wrocław (b) 31. května 2016, 14 SELČ.

V teplé a instabilní vzduchové hmotě se začaly bouřky objevovat nejprve ojediněle nad horskými oblastmi, později i na zmíněném frontálním rozhraní, které během odpoledne lehce prosedalo k jihu.

Tab. 2 Maximální překročení kritické hodnoty [%] podle Wusova ve vybraných minutách.

Trvání [min]	Úhrn [mm]	Interval [hh:mm]	Překročení [%]		
			L	SL	KL
1	6,3	18:48	286	191	143
2	12,3	18:47–18:48	384	256	192
5	27,7	18:45–18:49	554	369	270
10	44,3	18:39–18:48	625	419	312
15	64,2	18:35–18:49	738	494	369
20	84,2	18:30–18:49	842	561	421
25	99,8	18:28–18:52	891	594	446
30	111,9	18:27–18:56	917	611	459
35	119,3	18:27–19:01	904	603	452
40	123,6	18:27–19:06	877	583	438
45	125,7	18:27–19:11	838	559	419
50	127,5	18:22–19:11	807	538	403
55	128,6	18:23–19:17	803	516	387
60	129,4	18:22–19:21	748	498	374

L – lijavec, SL – silný lijavec, KL – katastrální lijavec

Bouřky, které vznikaly jak před tímto rozhraním, tak na něm, zvolna postupovaly v souladu s výškovým prouděním od jihovýchodu k severozápadu. Kolem 17:40 SELČ se nad Zlatohorskou vrchovinou, přesněji mezi Zlatými Horami a Městem Albrechtice, vytvořila bouřka, která zpočátku stála na místě a posléze se začala propagovat proti směru postupu ostatních bouřek a proti výškovému proudění, a to od severozá-

padu k jihovýchodu. Projevil se u ní jev zvaný backbuilding, kdy bouřka tvoří nové buňky na návětrné straně, takže se následně zdá, že stojí na místě, anebo se dokonce propaguje směrem „dozadu“ (Weather.gov 2016). Tato bouřka se rozpadla v 19:05 SELČ těsně před Krnovem. Po celou dobu své existence si udržovala radarovou odrazivost přes 60 dBZ. Svým jádrem přímo zasáhla stanici Město Albrechtice, Žáry.

Geografické informace o lokalitě

Město Albrechtice, s přibližně 3,5 tisíci obyvateli, se nachází na severozápad od Krnova na řece Opavici, jejíž tok tvoří jihovýchodním směrem od města hranici s Polskem. Leží na okraji úrodné polské nížiny a otevírá vstup do osoblazského výběžku. Od západních okrajových částí města se zvedají zalesněné stráně vrcholů Brantické vrchoviny, která je součástí pohorí Jeseníky a kde se nachází jedna z deseti místních částí Města Albrechtice, Žáry.

Literatura:

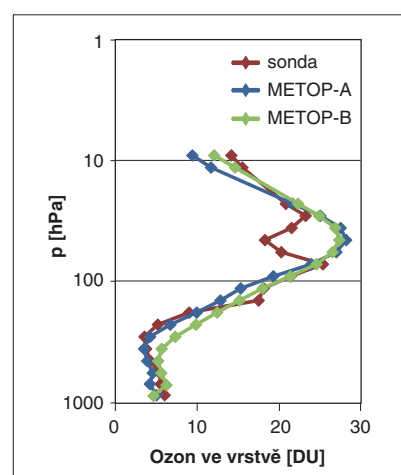
- Weather.gov, 2016. Glossary [online]. NOAA's National Weather Service [cit. 31. 08. 2016]. Dostupné z WWW: <http://w1.weather.gov/glossary/index.php?letter=b>.
- iDNES.cz, 2016. Bouřka přinesla „stoletou“ průtrž mračen. Extrémy ale ještě nekončí [online]. [cit. 24. 08. 2016]. Dostupné z WWW: http://zpravy.idnes.cz/bourka-srazky-pocasi-stoleta-prutrz-dsi-domaci.aspx?c=A160601_211202_domaci_ane.
- Město Albrechtice, 2016. Za 50 minut spadlo 127 mm srážek [online]. [cit. 15. 08. 2016]. Dostupné z WWW: <http://www.mesto-albrechtice.cz/mestsky-urad/aktuality/?ftshow=731#msg731>.
- Novinky.cz, 2016. Na Bruntálsku spadlo za hodinu až 12 centimetrů srážek [online]. [cit. 24. 08. 2016]. Dostupné z WWW: <https://www.novinky.cz/domaci/405125-na-bruntalsku-spadlo-za-hodinu-az-12-centimetru-srazek.html>
- TOLASZ, R. et al., 2007. Atlas podnebí Česka, Climate atlas of Czechia. Praha, Olomouc: Český hydrometeorologický ústav, Univerzita Palackého v Olomouci. ISBN 978-80-86690-26-1 (CHMÚ), ISBN 978-80-244-1626-7 (UP).

Pavel Lipina, Miroslav Řepka, Marie Labajová, Tomáš Ostrožlík

REDAKČNÍ SDĚLENÍ

Vážení čtenáři, rádi bychom se vám omluvili za tiskovou chybu, která vznikla při zpracování příspěvku M. Motla a kol.: Validace družicově měřených ozonových dat v čísle 5/2016. Konkrétně se jedná o obrázek 15 na straně 150. Obrázek se správným popisem je uveden na této stránce.

Redakce



Obr. 15 Vertikální profil ozonu v Praze-Libuši 8. 1. 2014, měřený sondou a družicemi Metop-A, Metop-B.

Fig. 15. Vertical ozone profile at Praha-Libuš on 8 January 2014 as measured by sonde and Metop-A and Metop-B satellites.

VZPOMÍNKA NA RNDr. BOŘIVOJE SOBÍŠKA, DrSc.

Významný meteorolog a dlouholetý pracovník Českého hydrometeorologického ústavu RNDr. Bořivoj Sobíšek, DrSc. (nar. 14. 11. 1933) opustil tento svět 24. září 2016 ve věku nedožitých 83 let. Dr. Sobíšek působil v Českém hydrometeorologickém ústavu nepřetržitě od doby ukončení studií na Matematicko-fyzikální fakultě UK v roce 1956 až do svého odchodu do penze koncem roku 2004 – úctyhodných 48 let. Prakticky celá životní dráha rodáka z Hradce Králové byla spjata s jeho milovaným oborem – meteorologií a také s Českým hydrometeorologickým ústavem (dále jen ústav).

Během své dlouholeté profesní dráhy v ústavu se postupně vypracoval na řadu vedoucích pozic, většinou v oblasti přístrojové techniky až po náměstka ředitele v letech 1973 až 1976. Díky jeho zkušenostem a organizačním schopnostem pomáhal vedení ústavu při hledání optimálního organizačního nastavení ústavu, které prodělalo v průběhu let několik významných změn. Dlouhá léta byl tajemníkem Národního klimatického programu a v této funkci se velmi zasloužil o vydání série 32 publikací, výstupů z tohoto programu i o fungování programu jako celku. Celý svůj profesní život zůstal věrný ústavu a meteorologii jako oboru. V odborné oblasti se dr. Sobíšek věnoval zejména meteorologické přístrojové technice a funkčnosti sítě pozorovacích stanic. Také se velmi zajímal o využití počítačů a družicových dat v meteorologii a o problematiku reprezentativnosti a kvality meteorologických pozorování. V oblasti mezinárodní spolupráce je třeba zmínit jeho činnost jako zástupce Československa v letech 1962 až 1973 v Komisi pro přístroje a pozorovací metody Světové meteorologické organizaci. Vysokou odbornou úroveň potvrdil dr. Sobíšek i získáním nejvyšší vědecké hodnosti doktora věd. Osvědčil se také jako pedagog v oboru meteorologie, neboť po řadu let externě přednášel na Matematicko-fyzikální fakultě UK předmět Meteorologické přístroje a pozorovací metody.

Dr. Sobíšek se angažoval i mimo ústav. Byl aktivním funkcionářem v Československé meteorologické společnosti a v letech 1981 až 1990 byl po tři funkční období předsedou této odborné organizace. K úspěchům dr. Sobíška patří i dlouholetá příprava Meteorologického slovníku, kde byl po 14 let předsedou jeho poslední redakční rady. K úspěšnému dokončení této nesmírně užitečné publikace významně přispěly organizační i odborné schopnosti dr. Sobíška a také jeho velké pracovní nasazení. Český hydrometeorologický ústav ocenil zásluhy dr. Sobíška v oblasti meteorologie a klimatologie udělením nejvyššího vyznamenání Zlaté medaile Antonína Strnady. Kromě meteorologie měl Dr. Sobíšek ještě jednoho koníčka, a to vážnou hudbu, po řadu let hrál na housle ve smyčcovém kvartetu.

Rád bych se zmínil i o činnosti dr. Sobíška v době po mém příchodu do ústavu začátkem roku 1993. Právě on mi velmi pomohl. Plnil funkci vědeckého tajemníka ústavu a byl jedním z mých nejbližších spolupracovníků ve vedení ústavu. Díky svým dlouholetým zkušenostem mi ochotně dával cenné rady pro řízení ústavu i pro jednání s resortem životního prostředí. Po celou dobu od roku 1993 až do jeho odchodu



do penze v roce 2004 byl náš vztah velmi přátelský a jeho pomoc byla neocenitelná. Zasloužil se mj. i o zavádění normy ISO 9001:2000 v řízení ústavu a také podporoval výzkum i odborný růst a zapojení mladých pracovníků. Kdykoliv si vzpomenu na ústav, vzpomenu si i na svého dlouholetého spolupracovníka a přítele dr. Sobíška. Myslím si, že s velkou úctou budou na zapáleného meteorologa a dlouholetého věrného pracovníka Českého hydrometeorologického ústavu vzpomínat nejen pracovníci ústavu, ale i celá česká meteorologická komunita. Čest jeho památce.

Ivan Obrusník

JUBILEUM ZDENKA BLAŽKA

V závěru roku dosáhl významného životního jubilea nositel stříbrné medaile Antonína Strnady RNDr. Zdeněk Blažek, CSc., který se narodil 10. prosince 1946 v Jindřichově Hradci. Po maturitě na jindřichohradecké Střední všeobecně vzdělávací škole navázal na svůj středoškolský zájem o astronomii studiem na Matematicko-fyzikální fakultě Univerzity Karlovy v Praze, kde po úspěšném dokončení řádného studia v roce 1970 pokračoval ročním studijním pobytem na katedře meteorologie a klimatologie. Po absolvování roční vojenské služby na Hlavním povětrnostním úřadě v Praze se v roce 1972 stal vědeckým aspirantem na katedře meteorologie a klimatologie MFF UK.

V roce 1974 se jeho působištem stala ostravská pobočka Českého hydrometeorologického ústavu, které zůstal věrný po celou dobu své aktivní kariéry. Působil zde nejdříve jako vedoucí skupiny čistoty ovzduší. Ve své dizertaci, obhájené v roce 1978, se zabýval znečištěním ovzduší na Ostravsku kyslíčnickem siričtým v závislosti na meteorologických podmínkách rozptylu. V roce 1980 se stal pracovníkem oddělení režimových informací, v roce 1983 vedoucím oddělení operativních informací. Po dokončení vědecké aspirantury byl v roce 1984 promován kandidátem věd. Od roku 1990 zastával funkci vedoucího oddělení ochrany čistoty ovzduší. Jeho odborné práce se týkaly převážně problematiky meteorologicko-imisních vztahů v oblasti severovýchodní Moravy a Slezska. Externě přednášel na Ostravské univerzitě obecnou meteorologii a klimatologii a chemické a fyzikální procesy atmosféry. V roce 2003 se stal ředitelem pobočky ČHMÚ v Ostravě, své působení v této funkci ukončil odchodem na zasloužený odpočinek na konci roku 2008. Dále však pokračoval v odborné práci, která vyvrcholila jeho zapojením do přeshraničního projektu Air Silesia v letech 2010–2013. Ačkoliv po letech opustil Ostravu a společně se ženou přesídlil do Nového Malína na Šumpersku, nadále svou systematickou a precizní odbornou činností a dalšími publikacemi přispívá k prohlubování poznatků o kvalitě ovzduší v souvislostech s meteorologií.

Jubilantovi do dalších let všichni jeho kolegové a žáci přejí pevné zdraví, mnoho štěstí a životní pohody.

Blanka Krejčí a Libor Černíkovský





SPECIALIZOVANÁ KNIHOVNA ČESKÉHO HYDROMETEOROLOGICKÉHO ÚSTAVU

Informační gesce:

Meteorologie, klimatologie, čistota ovzduší – imise, emise, hydrometeorologie, jakost vody, operativní hydrologie – hydrologické předpovědi, hydrologické služby, vodní bilance povodí řek a regionů, informační systémy z oblasti ochrany ovzduší.

- 23 324 knihovních jednotek
- 29 titulů zahraničních časopisů
- 43 titulů českých časopisů

Science Direct:

Přístup do databáze časopisů vydavatelství **ELSEVIER** od roku 1994 s uvedením plných textů. Do databáze je možné vstupovat z počítačové sítě ČHMÚ.

Knihovnické, bibliografické, dokumentografické a rešeršní služby – databáze:

- Katalog odborné knihovny – aplikace databázového knihovního systému VERBIS
- Československá výběrová meteorologická bibliografie 1979–2015
- JIB – jednotná informační brána
- CASLIN – souborný katalog ČR

Kontakt:

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

<http://biblio.chmi.cz/>
Výpůjční doba: pondělí – pátek 9.00 – 14.00 hodin



NABÍDKA PUBLIKACE ČHMÚ

LIBOR ELLEDER

PROXYDATA V HYDROLOGII

ŘADA PRAŽSKÝCH POVODŇOVÝCH KULMINACÍ 1118–1825

Praha: ČHMÚ 2016, 106 stran, Cena 175 Kč
ISBN 978-80-87577-44-8

Cílem této knihy je poukázat na význam proxydat. V konkrétním případě na jejich význam pro hydrologii a vodní hospodářství. Historická hydrologie, jejímž předmětem proxydata jsou, nabízí škálu postupů vedoucích k extrapolaci poznatků o hydrologických jevech do poměrně vzdálené minulosti.

Práce obsahuje rešerši na dané téma, zaměřenou zejména na způsoby a historii záznamů hydrometeorologických jevů, vznik historické hydrologie, její metodologii a možnosti. Vlastní práce se zabývá především využitím již vyzkoušených metod. Přináší však i nové metodologické přístupy, jako jsou rekonstrukce kulminačních průtoků, rekonstrukce hydrogramů historických povodní, aj. Hlavním cílem bylo odvození řady odhadnutých kulminačních průtoků v Praze pro období 1118–2002. Prakticky to znamenalo navázat na dřívější výsledky publikované ve formě chronologií interpretovaných a prověřených dokumentárních zdrojů. Tyto zdroje byly doplněny o opravené klementinské záznamy vodních stavů. Byly využity nově zaměřené epigrafické doklady a na základě popisů starších povodní byla provedena analýza záplav historického terénu Prahy. S pomocí nových postupů a zdrojů bylo možné provést rekonstrukci průběhu povodní např. v letech 1582, 1784, 1830, 1876. Veškerá data dotýkající se historické hydrologie byla soustředěna do autorem rozvíjené původní databáze Krolmus.

Převod informací z dokumentárních zdrojů a raně instrumentálních záznamů na průtoky byl proveden za předpokladu převážné neměnnosti stavu urbanizovaného prostředí Starého Města v Praze, a to v období od výstavby Karlova mostu po konec 19. století. Kulminační stavy se vztahují k nejstarším profilům U Křížovníků a Staroměstské mlýny.

Délka řady umožnila z dlouhodobého hlediska sledovat kolísání zavedených sezónálních typů povodní. Jako významná byla prokázána frekvence výskytu u extrémních povodní v závislosti na 179letém cyklu pohybu Slunce vůči středu sluneční soustavy (SIM). Ukázalo se, že alespoň v průběhu posledních šesti period cyklu (kryjí se s devíti stoletími, které řada reprezentuje) dochází ke kumulaci povodní v prvních 70 letech a jejich úbytku na konci cyklu. Tím se vytváří opakovaně nebezpečná situace průběžného slábnutí frekvence extrémních povodní vystřídaná později jejím skokovým nárůstem. Důsledky tohoto efektu jsme zažili patrně naposledy v r. 2002.

Publikaci lze objednat na adrese:
ČHMÚ, SIS, Iva Sieglerová, Na Šabatce 17, 143 06 Praha 4,
tel.: 244 032 721, e-mail: iva.sieglerova@chmi.cz.
Na objednávce uvádějte svoje IČ.