



ČESKÝ HYDROMETEOROLOGICKÝ ÚSTAV
CZECH HYDROMETEOROLOGICAL INSTITUTE

METEOROLOGICKÉ ZPRÁVY

METEOROLOGICAL BULLETIN

<i>Lenka Hájková – Věra Kožnarová – Tomáš Vráblík – Jan David Reitschläger – Martin Možný – Daniel Bareš – Lenka Bartošová: Mezinárodní fenologické zahrádky (International Phenological Gardens – IPGs) v České republice</i>	<i>33</i>
<i>Pavel Lipina – Miroslav Řepka – Stanislava Kliegrová – Radim Tolasz – Anna Valeriánová: Kontrola pravidelných meteorologických dat v databázi CLIDATA</i>	<i>41</i>
<i>Eva Krtková: Inventarizace emisí skleníkových plynů v České republice.</i>	<i>49</i>
<i>František Šopko: Nástroje ČHMÚ pro předpovědi silné konvekce a vydávání výstrah</i>	<i>54</i>
<i>Ladislav Metelka – Martin Staněk – Karel Vaníček: Pět let měření ozonu v Antarktidě</i>	<i>60</i>

<i>Lenka Hájková – Věra Kožnarová – Tomáš Vráblík – Jan David Reitschläger – Martin Možný – Daniel Bareš – Lenka Bartošová: International Phenological Gardens (IPGs) in the Czech Republic</i>	33
<i>Pavel Lipina – Miroslav Řepka – Stanislava Kliegrová – Radim Tolasz – Anna Valeriánová: Regular Meteorological Data Quality Control in the CLIDATA database</i>	41
<i>Eva Krtková: National greenhouse gas inventory of the Czech Republic</i>	49
<i>František Šopko: Tools used for severe convection forecasting and warning issuance at CHMI</i>	54
<i>Ladislav Metelka – Martin Staněk – Karel Vaníček: Five years of ozone measurements in Antarctica</i>	60

Abstracting and Indexing:

- Meteorological and Geostrophysical Abstracts

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

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

Vedoucí redaktor – Chief Editor

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

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

METEOROLOGICKÉ ZPRÁVY

Meteorological Bulletin

ROČNÍK 69 (2016)

V PRAZE DNE 29. DUBNA 2016

ČÍSLO 2

MEZINÁRODNÍ FENOLOGICKÉ ZAHRÁDKY (INTERNATIONAL PHENOLOGICAL GARDENS – IPGs) V ČESKÉ REPUBLICE

Lenka Hájková, Český hydrometeorologický ústav, oddělení biometeorologických aplikací, Na Šabatce 2050/17, 143 06 Praha 4-Komořany, hajkova@chmi.cz

Věra Koznarová, Česká zemědělská univerzita, Fakulta agrobiologie, potravinových a přírodních zdrojů, katedra agroekologie a biometeorologie, Kamýcká 129, 165 21 Praha 6-Suchbát, koznarova@af.czu.cz

Tomáš Vráblík, Český hydrometeorologický ústav, oddělení biometeorologických aplikací, Na Šabatce 2050/17, 143 06 Praha 4-Komořany, tomas.vrablik@chmi.cz

Jan David Reitschläger, Český hydrometeorologický ústav, oddělení biometeorologických aplikací, Na Šabatce 2050/17, 143 06 Praha 4-Komořany, jan.reitschlager@chmi.cz

Martin Možný, Český hydrometeorologický ústav, oddělení biometeorologických aplikací, observatoř Doksany, 411 82 Doksany 105, martin.mozny@chmi.cz

Daniel Bareš, Český hydrometeorologický ústav, oddělení biometeorologických aplikací, observatoř Doksany, 411 82 Doksany 105, daniel.bares@chmi.cz

Lenka Bartošová, Ústav výzkumu globální změny AV ČR, v. v. i., Bělidla 986/4a, 603 00 Brno, bartolen@gmail.com

International Phenological Gardens (IPGs) in the Czech Republic. Phenology, the description of the developmental stages of wild plants, agricultural fruit and crops, and other organisms (for instance, insects) has several well-defined applications, in addition to its use in simulation models. The International Phenological Gardens (IPGs) are an individual European network within the Phenology Study Group of the International Society of Biometeorology (ISB). The idea of the International Phenological Gardens was to do large-scale and standardized phenological observations. Therefore, all IPGs are situated in similar surroundings (mainly plain surfaces with meadows and some trees), they have a detailed observation guide, and they are professionally looked after by the staff of their institutes, botanical gardens, etc. In order to eliminate hereditary variability, cloned species of all trees and shrubs have been planted in the IPGs. Three phenological gardens are situated in the Czech Republic (at Doksany, Kostelec nad Černými lesy and Křtiny u Brna). In this paper, *Betula pubescens*, *Ribes alpinum*, *Syringa vulgaris*, *Forsythia suspensa*, *Quercus petraea*, *Prunus avium* and *Sorbus aucuparia* were evaluated at subsequent phenological stages: leaf unfolding 10%, leaf fall 50%, beginning of flowering 10%, and full flowering. Data were processed in Microsoft Excel for the period 2002–2014. Three species of willow (*Salix aurita*, *Salix smithiana*, *Salix aucutifolia*) with phenophases of leaf unfolding 10%, beginning of flowering 10%, full flowering, leaf yellowing 50%, and leaf fall 50% were compared to the Doksany station for the period 2001–2014. The Doksany IPG records phenological stages usually earlier than the Křtiny and Kostelec nad Černými lesy IPGs. Spring phenological stages begin earlier in *Salix Smithiana*, while by contrast the latest phenophase onset is observed in *Salix aurita*. Phenological data from the IPGs are very important in the participation of the Czech Republic in international phenological scientific activities.

KLÍČOVÁ SLOVA: fenofáze – zahrádka fenologická mezinárodní – fenologie – Česká republika

KEYWORDS: phenophase – International Phenological Garden – phenology – Czech Republic

1. ÚVOD

Fenologie zkoumá načasování každoročně se opakujících vývojových fází živých organismů, např. rašení listů, počátek kvetení, vyvedení mláďat, v závislosti na vnějších podmínkách, nejčastěji na podnebí a počasí. Z fenologických pozorování lze určit reakci rostlinných druhů na regionální klimatické podmínky a klimatické změny, proto je fenologie, jak se v poslední době ukázalo, důležitým prostředkem pro eko-

logický výzkum (Schwartz 1999). Ve středních zeměpisných šířkách závisí nástup jarních fenologických fází, jako je rašení, olístování a kvetení, zejména na teplotě vzduchu. Se vzrůstající teplotou vzduchu nastávají fenologické fáze dřívě. Hodně fenologických studií popisuje dřívější nástup jarních fenofází v posledních dekadách, např. Menzel (2002) nebo Hájková et al. (2013), u vybraných rostlinných druhů v mezinárodních fenologických zahrádkách (International Phenological

Gardens, dále IPGs) napříč Evropou za období 1959 až 1996.

Počátek projektu mezinárodních fenologických zahrádek spadá již do roku 1953, kdy Agrometeorologická komise (Commission for Agricultural Meteorology – CAgM) při Světové meteorologické organizaci (World Meteorological Organization – WMO) rozhodla o zřízení mezinárodního fenologického monitoringu. První mezinárodní zahrádka vznikla v roce 1957 ve Waechtersbachu a Escherode, jejími zakladateli byli F. Schnelle a E. Volkert. Hlavní ideou IPG bylo standardizovat podmínky, tj. využívat jednotnou metodiku pro pozorování na klonovaných rostlinách (eliminace dědičné variability stromů a keřů) pocházejících z jedné školky (dnes Ahrensburg u Hamburгу). V současné době spravuje síť mezinárodních fenologických zahrádek Humboldtova univerzita v Berlíně; v roce 2010 zahrnovala síť 89 stanic v 19 zemích. Výsledky z IPG se dají využít např. pro vývoj fenologických modelů, pro kalibraci satelitních dat nebo pro tvorbu fenologických map, které jsou zpracovávány jak v rámci jednotlivých států (Německo, Irsko, Česko), tak i v širším, celoevropském pojetí (Rötzer, Chmielewski 2001; Nekovář et al. 2008; Hájková et al. 2012). Významným cílem mezinárodního fenologického pozorovacího programu je i studium vlivu klimatické změny na lesní ekosystém.

V České republice se v roce 2000 aktivně do projektu IPG zapojil ČHMÚ zřízením první mezinárodní fenologické zahrádky na agrometeorologické observatoři v Doksaněch, postupně byly zřízeny další dvě zahrádky – v Kostelci nad Černými lesy a ve Křtinách u Brna. Vybrané výsledky fenologických pozorování z těchto stanic za období 2001 až 2014 jsou prezentovány v tomto článku.

2. MATERIÁL A METODY

Jak již bylo uvedeno, v České republice jsou tři mezinárodní fenologické zahrádky: na Agrometeorologické observatoři Doksany (50°28' N, 14°10' E, 158 m n. m., IPG – No. 85), v arboretech LDF ČZU v Kostelci nad Černými lesy (50°00' N, 14°52' E, 345 m n. m., IPG – No. 86) a LDF MENDELU ve Křtinách u Brna (49°19' N, 16°45' E, 475 m n. m., IPG – No. 87). Při výběru stanic bylo dodrženo pravidlo, že zvolená lokalita pro vybudování IPG by neměla být ovlivněna lokálními klimatickými podmínkami a půdními anomáliemi a místo by mělo být typické pro daný region. Schéma mezinárodní fenologické zahrádky v Doksaněch znázorňuje obr. 1.

Přehled rostlin pozorovacího programu mezinárodních fenologických zahrádek ukazuje tab. 1. Pokud je nějaký druh uveden opakovaně, jde o různý genetický materiál.

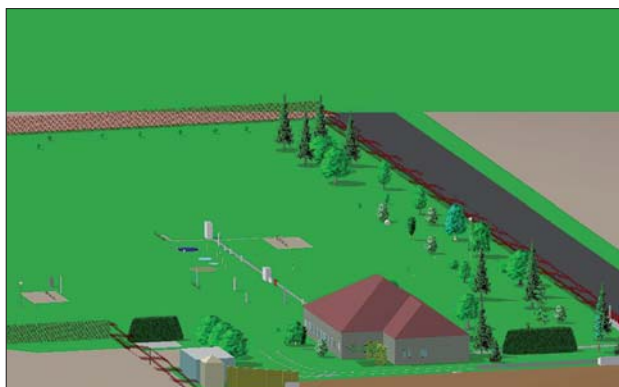
Tab. 1 Přehled rostlinných druhů a jejich fenofází sledovaných na IPG.

Table 1. Overview of plants and phenophases observed at IPG.

IPG – číslo	Rostlina		Fenologická fáze						
	Botanický název	Český název	První listy	Májové letorosty	Počátek kvetení	Všeobecné kvetení	Janské výhony	Zralost prvních plodů	Žloutnutí listů
111	<i>Larix decidua</i>	modřín opadavý	x		x	x			x
121	<i>Picea abies</i>	smrk ztepilý		x	x	x			
122	<i>Picea abies</i>	smrk ztepilý		x	x	x			
123	<i>Picea abies</i>	smrk ztepilý		x	x	x			
131	<i>Pinus sylvestris</i>	borovice lesní		x	x	x			
211	<i>Betula pubescens</i>	bříza pýřitá	x		x	x			x
221	<i>Fagus sylvatica</i>	buk lesní	x		x	x		x	x
222	<i>Fagus sylvatica</i>	buk lesní	x		x	x		x	x
223	<i>Fagus sylvatica</i>	buk lesní	x		x	x		x	x
231	<i>Populus canescens</i>	topol šedý	x		x	x		x	x
235	<i>Populus tremula</i>	topol osika	x		x	x		x	x
241	<i>Prunus avium</i>	třešeň ptačí	x		x	x		x	x
242	<i>Prunus avium</i>	třešeň ptačí	x		x	x		x	x
251	<i>Quercus petraea</i>	dub zimní	x		x	x	x	x	x
256	<i>Quercus robur</i>	dub letní	x		x	x	x	x	x
257	<i>Quercus robur</i>	dub letní	x		x	x	x	x	x
261	<i>Robinia pseudoacacia</i>	trnovník akát	x		x	x		x	x
271	<i>Sorbus aucuparia</i>	jeřáb obecný	x		x	x	x	x	x
281	<i>Tilia cordata</i>	lípa srdčitá	x		x	x		x	x
311	<i>Ribes alpinum</i>	rybíz alpský	x		x	x	x	x	x
321	<i>Salix aurita</i>	vrba ušatá	x		x	x			x
323	<i>Salix aucutifolia</i>	vrba špičatolistá	x		x	x	x		x
324	<i>Salix smithiana</i>	vrba Smithova	x		x	x			x
325	<i>Salix glauca</i>	vrba sivá	x		x	x	x		x
326	<i>Salix viminalis</i>	vrba košíkářská	x		x	x			x
331	<i>Sambucus nigra</i>	bez černý	x		x	x		x	x
411	<i>Corylus avellana</i>	líška obecná	x		x	x		x	x
421	<i>Forsythia suspensa</i>	zlatice převislá	x		x	x			x
431	<i>Syringa vulgaris</i>	šeřík obecný	x		x	x			x

Na mezinárodních fenologických zahrádkách se od každého druhu stromu či keře pozoruje po jednom exempláři. V případě, že je na IPG více rostlin od daného druhu, zaznamenává se průměrné datum nástupu fenofáze.

Podle metodiky fenologických pozorování ČHMÚ jsou shodně sledovány následující druhy: *Larix decidua*, *Pinus sylvestris*, *Robinia pseudoacacia*, *Sorbus aucuparia*, *Tilia cordata*, *Sambucus nigra*, *Corylus avellana*, *Picea abies*, *Fagus sylvatica*, *Prunus avium* a *Quercus robur*. ČHMÚ má ve svém pozorovacím programu fenologických stanic (ČHMÚ 2009) mnohem větší počet jak rostlinných druhů, tak fenologických fází. Podle mezinárodní metodiky IPG se na stanicích sledují tyto fenologické fáze: první listy 10 % (na několika místech začínají být vidět rozvinuté čepele listů i se svými řapíky), májové letorosty (jedná se o první jarní výhony jehličnanů, ve spojitost-



Obr. 1 Schéma mezinárodní fenologické zahrádky v Doksanech (sledované druhy jsou znázorněny v pravé části obrázku).

Fig. 1. Scheme of the Doksany IPG (observed species are situated on the right side of the picture).

ti s růstem orgánů skrytých uvnitř pupenu došlo k částečnému rozevření obalných šupin, takže jsou vidět špičky jehlic), počátek kvetení 10 % (na několika místech se již otevřely první květy na rostlině, prašníky větrosnubných druhů uvolňují pyl), všeobecné kvetení (více než polovina květů na rostlině je otevřena), janské výhony (tyto výhony vyrážejí pod vlivem počasí z pupenů, které jsou připraveny pro následující rok, dají se rozpoznat podle „svěží“ barvy), zralost prvních plodů 10 % (na několika místech na sledované rostlině dozrály první plody; dužnaté plody mají svou charakteristickou barvu, tobolky se samovolně rozevírají), žlutnutí listů 50 % (více než 50 % listů na sledované rostlině změnilo barvu, včetně listů, které opadly najednou ve větším množství) a opad listů 50 % (více než 50 % listů spadlo na zem).

V roce 2013 došlo k výrazné redukci stanic fenologické sítě ČHMÚ – na obr. 2 je uveden její aktuální stav.

Klimatické podmínky fenologických zahrádek

Fenologická zahrádka v Doksanech se nachází na pozemku agrometeorologické observatoře, kde je zároveň umístěna automatizovaná meteorologická stanice. Fenologické zahrádky Kostelec nad Černými lesy a Křtiny u Brna nejsou umístěny v bezprostřední blízkosti meteorologických stanic, proto byly ke klimatickému zhodnocení vybrány nejbližší meteorologické stanice v daných lokalitách – Praha, Kbely (285 m n. m., 14°32'17" E, 50°07'24" N) a Bystřice nad Pernštejnem (553 m n. m., 16°15'14" E, 49°31'27" N).

K popisu dvou nebo více klimatických prvků se obvykle používá grafické vyjádření v podobě klimatického diagramu. Předností tohoto způsobu zpracování je současné vyjádření studovaných prvků, jejich proměnlivosti a příp. i vzájemných vztahů v průběhu roku (Kožnarová, Klabzuba 2010). Klimagramy na obr. 3a, b, c vyjadřují průměrné hodnoty za období 1961 až 2010 a zobrazují klimatické podmínky mezinárodních fenologických zahrádek v ČR. Jednotlivé symboly v grafu znamenají: t_{rok} = průměrná roční teplota vzduchu,

$abs\ t_{max}$ = absolutní maximum teploty vzduchu,

$t_{max\ VII}$ = průměr denních maxim teploty vzduchu nejteplejšího měsíce,

$abs\ t_{min}$ = absolutní minimum teploty vzduchu,

$t_{min\ I}$ = průměr denních minim teploty vzduchu nejchladnějšího měsíce,

$t_{min} > 0,0\ ^\circ C$ = počet dnů v roce s minimem teploty vzduchu větším než 0,0 °C,

r_{rok} = průměrný roční úhrn srážek,

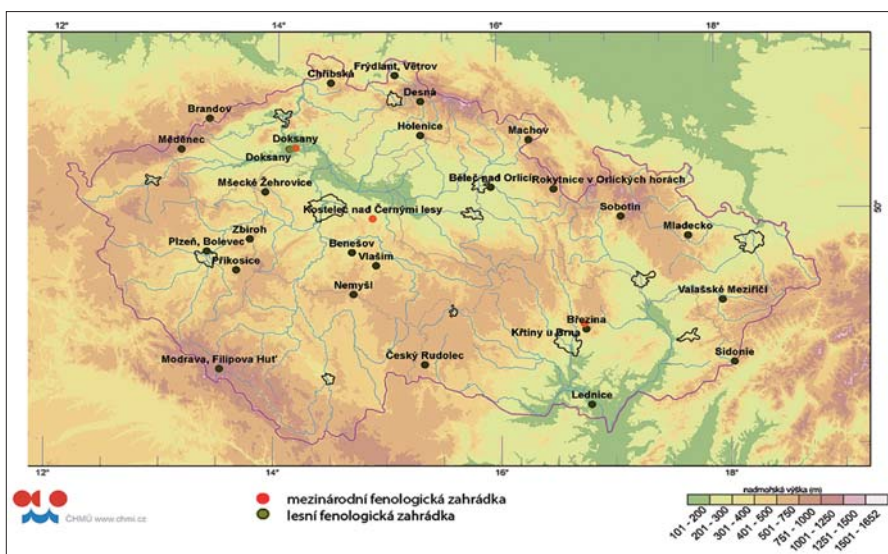
$abs\ r_{max}$ = nejvyšší denní úhrn srážek,

$r \geq 0,1\ mm$ = počet dnů se srážkovým úhrnem nejméně 0,1 mm,

$r \geq 1,0\ mm$ = počet dnů se srážkovým úhrnem nejméně 1 mm,

$r \geq 10,0\ mm$ = počet dnů se srážkovým úhrnem nejméně 10 mm.

V září 2006 byl zahájen pilotní projekt celoročního snímání fenologických fází digitální kamerou v rámci mezinárodní fenologické zahrádky umístěné na observatoři ČHMÚ v Doksanech (Možný et al. 2007). Jsou zde využívány dva digi-



Obr. 2 Umístění stanic fenologické sítě ČHMÚ k 1. lednu 2013.

Fig. 2. Distribution of CHMI phenological stations (since 1 January 2013).

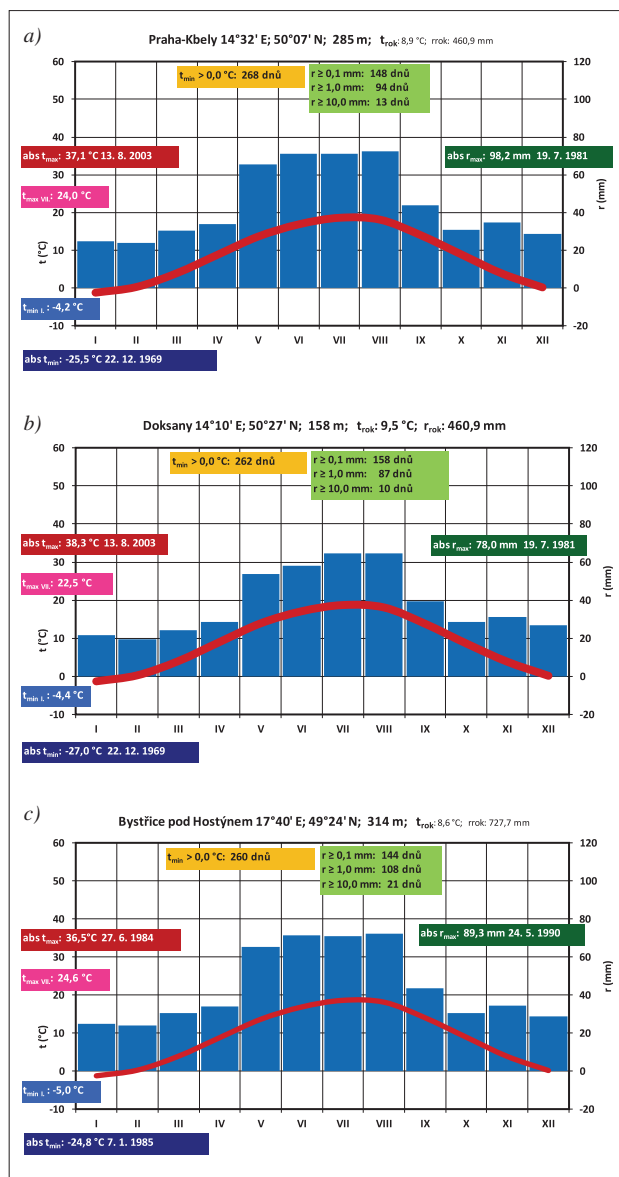
tální fotoaparáty, Canon PowerShot S3 IS a Olympus E-410. Fotoaparáty jsou napevno umístěny v blízkosti dřevin (obr. 4) a každých 30 minut během celé vegetační sezony jsou pořizovány snímky, které jsou ukládány do databáze. Pořízené snímky nejenom dokladují fenofáze, ale lze díky nim sledovat dynamiku růstu a vývoje vegetace s využitím jednoduchých vegetačních indexů, které vyhodnocují podíl jednotlivých barev ve zvolených výřezích (Možný et al. 2013).

Pro analýzu byly vybrány rostlinné druhy, které nejsou sledovány v rámci fenologického pozorování ČHMÚ a jejich fenofáze byly pozorovány na IPG v letech 2002–2014: bříza pýřitá (*Betula pubescens*), dub zimní (*Quercus petraea*), zla-

Tab. 2 Klimatické klasifikace lokalit s IPG.

Table 2. Climate classification of region with IPGs.

Klasifikace	Doksany	Kostelec nad Černými lesy	Křtiny
Atlas podnebí	klimatická oblast	A teplá	A teplá
	klimatický okresek	A2, teplá, suchá, s mírnou zimou, s kratším slunečním svitem	A2, teplá, suchá, s mírnou zimou, s kratším slunečním svitem
Quittova klasifikace	W2 – teplá oblast	W2 – teplá oblast	W2 – teplá oblast



Obr. 3 Klimagram meteorologických stanic Praha-Kbely (a), Doksany (b) a Bystřice nad Pernštejnem (c).

Fig. 3. Climagrams from the (a) Praha-Kbely, (b) Doksany and (c) Bystřice nad Pernštejnem meteorological stations.

tice převislá (*Forsythia suspensa*), šefík obecný (*Syringa vulgaris*) a rybíz alpský (*Ribes alpinum*). Dále byly vyhodnoceny dva shodné rostlinné druhy v rámci obou pozorovacích sítí – jeřáb ptačí (*Sorbus aucuparia*) a třešň ptačí (*Prunus avium*) ze dvou fenologických stanic ČHMÚ – Doksany (50°27' N, 14°10' E, 155 m n. m.) a Benešov (49°47' N, 14°41' E, 370 m).

Fenologická data byla exportována z mezinárodní fenologické databáze (<http://ipg.hu-berlin.de/>) a z databáze ČHMÚ Fenodata, klimatologické údaje z databáze CLIDATA. Data byla následně zpracována v prostředí Excel a geografických informačních systémů ArcGIS.

3. VÝSLEDKY A DISKUSE

Výsledky jsou prezentovány v grafech (boxplot), které vyjadřují popisné statistické charakteristiky (dolní kvartil, minimum, medián, maximum a horní kvartil) fenologických dat z jednotlivých stanic pomocí pořadového čísla dne v kalendářním roce, a v tabulkách.

3.1 Bříza pýřitá (*Betula pubescens*) – čed břízovitý (*Betulaceae*)

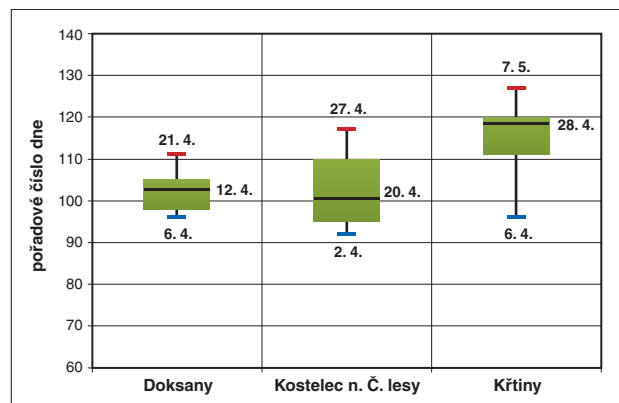
Jedná se o stromy, či někdy jen keře, většinou do 20 m vysoké, podobné bříze bělokoré (*Betula pendula*), od níž se liší letorosty, které nejsou bradavičnaté, ale plstnatě chlupaté. Roste na vlhčích až bažinných stanovištích v celé Evropě, severní Asii a Sibiři až po Bajkal (Hejný, Slavík 1990).

Počátek olistění 10 %, tedy okamžik, kdy se listy pupenů rozvinou až po řapík, nastává v průměru na jednotlivých stanicích následovně (obr. 5): Doksany 12. dubna, Kostelec nad Černými lesy 13. dubna a Křtiny 24. dubna. Nejříve se objevily listy na bříze pýřité v roce 2004 na stanicích Doksany a Křtiny, 6. dubna, a v roce 2014 v Kostelci nad Černými lesy 2. dubna. Nejpozději v roce 2006 v Doksanech 21. dubna, 2013 v Kostelci nad Černými lesy 27. dubna a v roce 2002 ve Křtinách 7. května. Variační rozpětí je nejmenší na stanicích



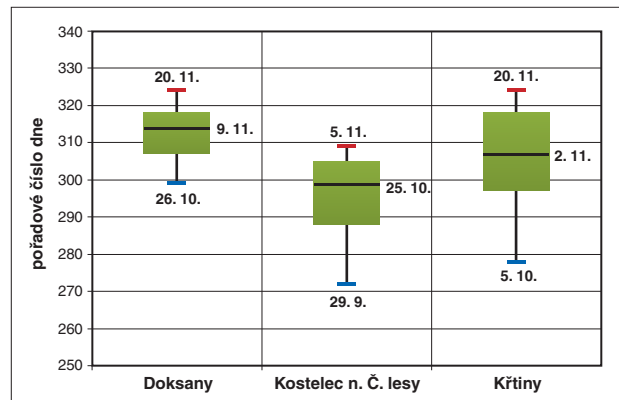
Obr. 4 Digitální kamera pro monitoring fenologických fází v Doksanech.

Fig. 4. Digital camera for monitoring phenological phases at the Doksany station.



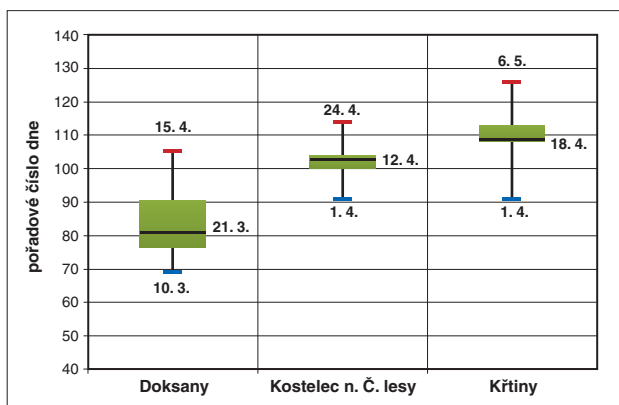
Obr. 5 Bříza pýřitá (*Betula pubescens*), první listy 10 %.

Fig. 5. *Betula pubescens*, leaf unfolding 10%.



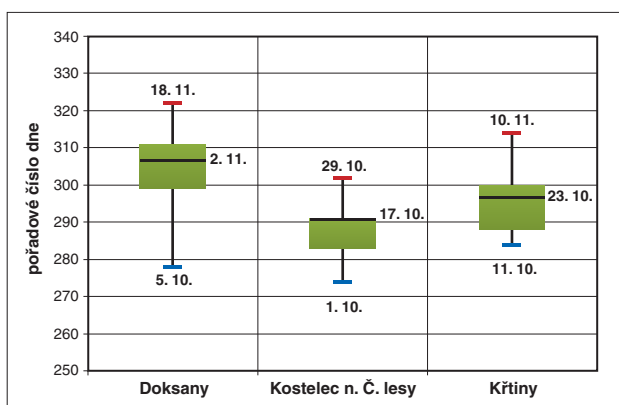
Obr. 6 Bříza pýřitá (*Betula pubescens*), opad listů 50 %.

Fig. 6. *Betula pubescens*, leaf fall 50%.



Obr. 7 Rybíz alpínský (*Ribes alpinum*), první listy 10 %.

Fig. 7. *Ribes alpinum*, leaf unfolding 10%.



Obr. 8 Rybíz alpínský (*Ribes alpinum*), opad listů 50 %.

Fig. 8. *Ribes alpinum*, leaf fall 50%.

Doksany, 15 dní, následují stanice Kostelec nad Černými lesy, 21 dní, a Křtiny, 31 dní.

Opad listů 50 % (obr. 6) nastává v Doksanech v průměru 9. listopadu, v Kostelci nad Černými lesy 13. října a ve Křtinách 2. listopadu. Extrémní nástupy fenofáze byly následující: Doksany nejranější 26. října 2014 a nejpozdější 20. listopadu 2004; Kostelec nad Černými lesy 29. září 2014 a 5. listopadu 2006 a Křtiny 5. října 2012 a 20. listopadu 2011. Variální rozpětí bylo na výše uvedených stanicích 25 dní v Doksanech, 26 dní v Kostelci nad Černými lesy a 46 dní ve Křtinách.

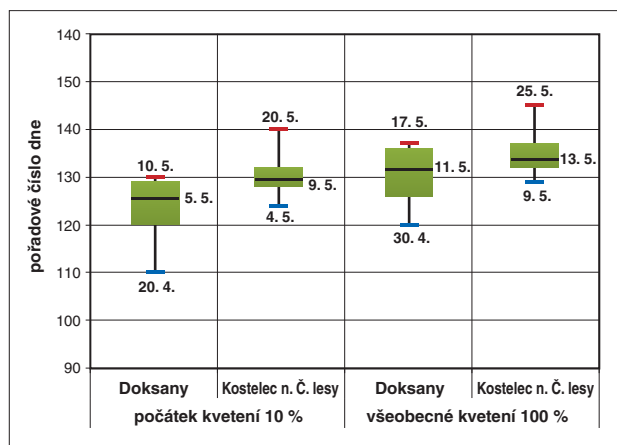
Bříza pýřitá začíná kvést po počátku olíštění, v průměru mezi 16. a 18. dubnem, přičemž mezi oběma fázemi uplyne v průměru 6 dní.

3.2 Rybíz alpínský (*Ribes alpinum*) – čeleď srstkovité (*Grossulariaceae*)

Jedná se o velmi hustě větvený beztrnný keř, vysoký do 2 m, s dlانitými 3–5laločnými listy a drobnými žlutozelenými jednopohlavnými květy rostoucími v krátkých hustých hroznech. Roste na suťových a skalnatých zalesněných svazích, na vlhkých humózních půdách v západní, střední a severní Evropě (Hejný, Slavík 1992).

Obr. 7 a 8 vyjadřují statistické charakteristiky prvních listů 10 % a opadu listů 50 % u rybízu alpínského.

Počátek olíštění 10 % nastává v průměru mezi 25. březnem v Doksanech a 18. dubnem ve Křtinách. Opad listů 50 % mezi 14. říjnem v Kostelci nad Černými lesy a 1. listopadem



Obr. 9 Šeřík obecný (*Syringa vulgaris*), počátek kvetení 10 % a všeobecné kvetení.

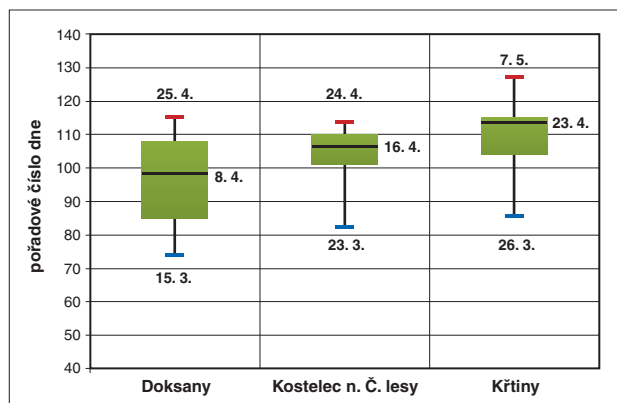
Fig. 9. *Syringa vulgaris*, beginning of flowering 10% and full flowering.

v Doksanech. Variální rozpětí činí u prvních listů 10 % 23 až 36 dní, u opadu listů 50 % 28 až 44 dní. Rybíz začíná kvést mezi 6. dubnem a 1. květnem, plody jsou zralé mezi 5. červencem a 29. srpnem.

3.3 Šeřík obecný (*Syringa vulgaris*) – čeleď olivovité (*Oleaceae*)

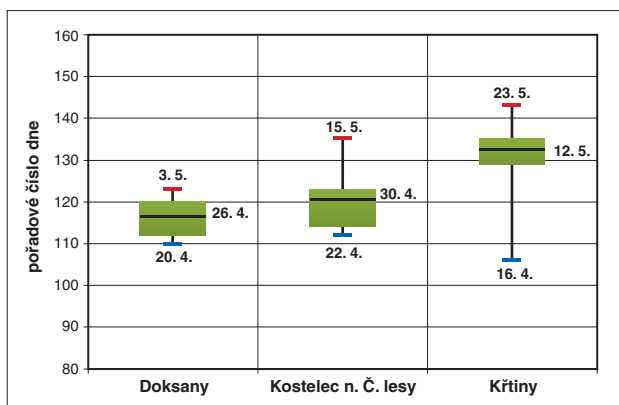
Jedná se o opadavé, vzácně stále zelené keře, popř. menší stromky se vstřícnými srdčitými listy a čtyřcípými různě fialově nebo bíle zbarvenými květy rostoucími v bohatých latách. U nás je hojně vysazovaný na hlubších humózních půdách, původem je z jihovýchodní Evropy (Slavík 1997).

Šeřík byl vyhodnocen z dat pouze dvou stanic, observatoře Doksany a Kostelce nad Černými lesy, protože ve Křtinách sazenice bohužel uhynula. Šeřík začíná v průměru kvést mezi 3. a 10. květnem (obr. 9), fenologická fáze všeobecné kvetení nastává v průměru mezi 11. a 14. květnem. Mezi fázemi uplyne na stanici Doksany v průměru 8 dní a na stanici Kostelec nad Černými lesy 4 dny. Šeřík začal nejdříve kvést v roce 2014, nejpozději v roce 2008. Olíštění šeříku probíhá v průměru mezi 10. a 21. dubnem a opad listů 50 % mezi 24. říjnem a 2. listopadem, mezi počátkem olíštění a opadem listů 50 % uplyne 186 (Kostelec nad Černými lesy) až 206 (Doksany) dní.



Obr. 10 Forsythia suspensa, všeobecné kvetení.

Fig. 10. *Forsythia suspensa*, full flowering.



Obr. 11 Dub zimní (*Quercus petraea*), první listy 10 %.

Fig. 11. *Quercus petraea*, leaf unfolding 10%.

3.4 Zlatice převislá (*Forsythia suspensa*) – čeled' olivovité (*Oleaceae*)

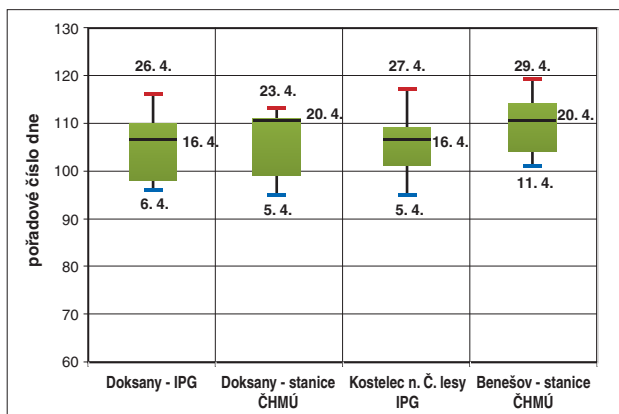
Jedná se o velký a rozložitý opadavý keř s obloukovitě až k zemi převislými větvemi, vysoký 2–4 m, velké žluté květy se čtyřcípou korunou vyrůstají jednotlivě nebo po dvou až třech někdy až šesti. Pochází ze severní a střední Číny (Slavík 1997). V ČR je rovněž hojně vysazovaný, zejména na Moravě.

Všeobecné kvetení nastává u zlatice v průměru mezi 6. a 19. dubnem (obr. 10), počátek olistění 10 % mezi 13. a 30. dubnem. Variační rozpětí u všeobecného kvetení je 32 až 42 dní, u počátku olistění 10 % 21 až 38 dní. V průměru uplyne mezi počátkem kvetení a počátkem olistění 8 (Křtiny) až 18 dní (Doksany).

3.5 Dub zimní (*Quercus petraea*) – čeled' bukovité (*Fagaceae*)

Dub zimní neboli drnák je strom vysoký až 45 m, s šedočernou rozpukanou borkou, s dlouze řapíkatými listy, jejichž čepel je na bázi uťatá až široce klínovitá. Plody (žaludy), rostoucí po jednom až třech, někdy až pěti, jsou přisedlé, či na velmi krátkých stopkách. Jedná se o světlomilný a teplomilný druh, rostoucí na sušších, často i velmi chudých půdách, hlavně na kyselých horninách, a to především v západní, střední a jihovýchodní Evropě (Hejný, Slavík 1990).

Na obr. 11 jsou uvedeny statistické charakteristiky fáze první listy 10 %. V průměru se na dubu zimním začínají objevovat listy mezi 26. dubnem (Doksany) a 10. květnem (Křtiny), nejdříve tato fáze nastala v letech 2009, 2011 a 2014, nejpozději v letech 2003 a 2006. Mezi fenofází první listy 10 % a opadem



Obr. 12 Třešeň ptačí (*Prunus avium*), počátek kvetení 10 %.

Fig. 12. *Prunus avium*, beginning of flowering 10%.

listů 50 % uplyne v průměru 187 (Kostelec nad Černými lesy) až 202 dní (Doksany).

3.6 Třešeň ptačí (*Prunus avium*) – čeled' růžovité (*Rosaceae*)

Třešeň ptačí je výchozí formou mnoha pěstovaných kultivarů třešně. Od nich se odlišuje pouze plody, kterými jsou drobné peckovice, za úplné zralosti černo-fialové, intenzivně nahořkle sladké. Roste roztroušeně v listnatých lesích, na mezích, podél cest, na slunných křovinatých stráních od západní a severozápadní Evropy souvisle až po střední Asii (Hejný, Slavík 1992).

Ze srovnání (obr. 12) nástupu počátku kvetení třešně ptačí na IPG a na fenologické stanici ČHMÚ vyplývá velká vyrovnanost – v průměru nastává tato fáze mezi 16. a 21. dubnem. Je zajímavé, že medián data nástupu je shodný jak na IPG, tak na fenologických stanicích. Rozdíl mezi datem počátku kvetení na mezinárodní fenologické zahrádce a fenologické stanici je v případě Kostelce a Benešova až 10 dní, v případě Doksany v rozpětí jeden až 11 dní.

3.7 Jeřáb ptačí (*Sorbus aucuparia*) – čeled' růžovité (*Rosaceae*)

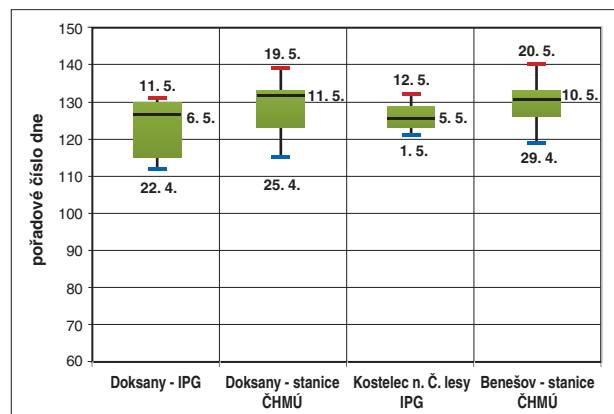
Jedná se o menší strom dorůstající 3 až 15 m, s hladkou šedou, někdy i zlatavě rezavou kůrou, s lichozpeřenými pilovitými listy a drobnými bílými květy rostoucími v bohatých zploštělých chocholicích. Plody jsou za zralosti sytě červené drobné malvice svíravé chuti. Roste od nížin až do subalpínských poloh ve světlých lesích, v lesních lemech, na mezích, na pasekách, na nezarostlých sutích, na skalách i na rašeliníštích téměř po celé Evropě, v západní Sibiři a Malé Asii (Hejný, Slavík 1992).

Počátek kvetení 10 % jeřábu obecného nastává mezi 3. až 9. květnem, hodnoty mediánu jsou jak na IPG, tak na fenologických stanicích téměř shodné, s rozdílem jednoho dne (obr. 13). Rozdíl v počtu dní mezi počátkem kvetení na mezinárodní fenologické zahrádce a fenologické stanici je v případě Kostelce nad Černými lesy a Benešova až 9 dní, v případě Doksany jeden až 11 dní.

3.8 Vrba ušatá (*Salix aurita*), vrba Smithova (*Salix smithiana*) a vrba špičatolistá (*Salix aucutifolia*) – čeled' vrbovité (*Salicaceae*)

Na IPG Doksany jsou sledovány tři druhy vrb – vrba ušatá (*Salix aurita*), vrba Smithova (*Salix smithiana*) a vrba špičatolistá (*Salix aucutifolia*).

Vrba ušatá je rozložitý polokulovitý hustý keř, vysoký až 2 m, který je častý na bažinatých loukách, rašeliníštích a vlh-



Obr. 13 Jeřáb obecný (*Sorbus aucuparia*), počátek kvetení 10 %.

Fig. 13. *Sorbus aucuparia*, beginning of flowering 10%.

čích okrajích lesů. Vrba Smithova je křížencem vrby jívy (*Salix caprea*) a vrby košíkářské (*Salix viminalis*). Vrba špičatolistá je rozložitý keř, vysoký až 6 m, s dlouhými, tenkými, nápadně ojířněnými větvemi, který se u nás vysazuje ke zpevnění písčín (Hejný, Slavík 1990).

V tabulkách 3 až 7 jsou uvedeny statistické výsledky nástupu vybraných fenologických fází (první listy 10 %, počátek kvetení 10 %, všeobecné kvetení, žloutnutí listů 50 % a opad listů 50 %). Výsledky průměru, mediánu, minima a maxima jsou vyjádřeny v datech (převod z pořadového dne roku). Z výsledků sledování počátku olíštění 10 %, počátku kvetení 10 % a všeobecného kvetení je zřejmé, že nejdříve nastávají tyto fenologické fáze u vrby Smithovy, následně u vrby špičatolisté a nejpозději u vrby ušaté. Počátek olíštění 10 % nastává v průměru mezi 31. březnem a 20. dubnem, počátek kvetení 10 % mezi 18. březnem a 16. dubnem a všeobecné kvetení mezi 27. březnem a 23. dubnem. Nejdříve byla fenofáze první listy 10 % zachycena v roce 2011 a 2012, nejpозději v letech 2001, 2008 a 2013. Variační rozpětí u vrby špičatolisté je 27 dní, ostatní dva druhy mají variační rozpětí 46 a 52 dní. Fenologická fáze počátek kvetení 10 % byla nejdříve zaznamenána v letech 2001, 2002 a 2008, nejpозději v letech 2012 a 2013. Nejvyšší variační rozpětí vykazuje *Salix smithiana* (51 dní). Nejčasnější data nástupu všeobecného kvetení se vyskytla v téměř shodných letech jako u počátku kvetení 10 %, s výjimkou let 2003 a 2012.

U podzimních fenologických fází, žloutnutí listů 50 % a opad listů 50 %, je nástup u všech tří druhů vrb velmi vyrovnaný. Žloutnutí listů 50 % probíhá v průměru mezi 30. říjnem a 1. listopadem, opad listů 50 % mezi 10. a 13. listopadem.

Tab. 3 Statistické charakteristiky prvních listů 10 %

Table 3. Statistical characteristics of leaf unfolding 10%.

Statistická charakteristika	<i>Salix smithiana</i>	<i>Salix aucutifolia</i>	<i>Salix aurita</i>
Průměr	31. 3.	6. 4.	20. 4.
Medián	31. 3.	5. 4.	23. 4.
Směrodatná odchylka	15,0	8,5	14,1
Minimum	29. 2. 2011	23. 3. 2012	20. 3. 2012
Maximum	22. 4. 2013	19. 4. 2001	5. 5. 2008
Variační rozpětí	52	27	46

Tab. 4 Statistické charakteristiky počátku kvetení 10 %.

Table 4. Statistical characteristics of beginning of flowering 10%.

Statistická charakteristika	<i>Salix smithiana</i>	<i>Salix aucutifolia</i>	<i>Salix aurita</i>
Průměr	18. 3.	26. 3.	16. 4.
Medián	19. 3.	27. 3.	19. 4.
Směrodatná odchylka	15,4	10,3	8,9
Minimum	24. 2. 2008	6. 3. 2002	19. 3. 2001
Maximum	16. 4. 2013	15. 4. 2013	25. 4. 2012
Variační rozpětí	51	40	37

Tab. 5 Statistické charakteristiky všeobecného kvetení.

Table 5. Statistical characteristics of full flowering.

Statistická charakteristika	<i>Salix smithiana</i>	<i>Salix aucutifolia</i>	<i>Salix aurita</i>
Průměr	27. 3.	6. 4.	23. 4.
Medián	28. 3.	5. 4.	25. 4.
Směrodatná odchylka	12,8	11,9	10,2
Minimum	5. 3. 2008	17. 3. 2002	23. 3. 2001
Maximum	20. 4. 2013	25. 4. 2012	6. 5. 2003
Variační rozpětí	46	39	44

Tab. 6 Statistické charakteristiky žloutnutí listů 50 %.

Table 6. Statistical characteristics of leaf yellowing 50%.

Statistická charakteristika	<i>Salix smithiana</i>	<i>Salix aucutifolia</i>	<i>Salix aurita</i>
Průměr	1. 11.	30. 10.	1. 11.
Medián	28. 10.	28. 10.	31. 10.
Směrodatná odchylka	14,8	14,1	11,8
Minimum	5. 10. 2013	7. 10. 2013	16. 10. 2005
Maximum	30. 11. 2001	4. 12. 2001	3. 12. 2001
Variační rozpětí	56	58	48

Tab. 7 Statistické charakteristiky opadu listů 50 %.

Table 7. Statistical characteristics of leaf fall 50%.

Statistická charakteristika	<i>Salix smithiana</i>	<i>Salix aucutifolia</i>	<i>Salix aurita</i>
Průměr	10. 11.	11. 11.	13. 11.
Medián	10. 11.	13. 11.	13. 11.
Směrodatná odchylka	11,9	12,3	9,0
Minimum	17. 10. 2013	20. 10. 2013	29. 10. 2002
Maximum	4. 12. 2001	7. 12. 2001	6. 12. 2001
Variační rozpětí	48	48	38

Nejpозději nastalo žloutnutí a opad listů 50 % v roce 2001, shodně u všech tří druhů. Naopak nejdříve v roce 2013, shodně u vrby Smithovy a vrby špičatolisté. Vrba ušatá měla minimum zaznamenáno v roce 2005 (žloutnutí listů 50 %) a 2002 (opad listů 50 %). Variační rozpětí u žloutnutí listů 50 % má rozmezí 48 až 58 dní, opadu listů 50 % 38 až 48 dní. Rozdíl mezi průměrem a mediánem činí maximálně tři dny, ve většině případů není žádný nebo jeden den.

V tab. 8 a 9 jsou vyhodnoceny počty dnů mezi počátkem olíštění 10 % a opadem listů 50 % a mezi počátkem kvetení 10 % a počátkem olíštění 10 %.

V průměru uplyne mezi prvními listy 10 % a opadem listů 50 % 208 až 224 dní, mezi počátkem olíštění 10 % a počátkem kvetení 10 % (nastává dříve než olíštění) 11 až 15 dní.

Tab. 8 Statistické charakteristiky mezifázového intervalu: první listy 10 % – opad listů 50 %.

Table 8. Statistical characteristics of interphase duration: leaf unfolding 10% – leaf fall 50%.

Statistická charakteristika	<i>Salix smithiana</i>	<i>Salix aucutifolia</i>	<i>Salix aurita</i>
Průměr	224	219	208
Medián	226	224	202
Směrodatná odchylka	18,9	15,6	17,2
Minimum	178 (2013)	185 (2013)	187 (2008)
Maximum	259 (2011)	240 (2012)	243 (2012)
Variační rozpětí	81	55	56

Tab. 9 Statistické charakteristiky mezifázového interval: počátek kvetení 10 % – první listy 10 %.

Table 9. Statistical characteristics of interphase duration: beginning of flowering 10% – leaf unfolding 10%.

Statistická charakteristika	<i>Salix smithiana</i>	<i>Salix aucutifolia</i>	<i>Salix aurita</i>
Průměr	15	11	12
Medián	11	9	13
Směrodatná odchylka	13,1	6,7	10,0
Minimum	3 (2003)	3 (2013)	1 (2009)
Maximum	50 (2001)	22 (2001)	35 (2001)
Variační rozpětí	47	19	34

Tab. 10 Průměrná měsíční teplota vzduchu a odchylka od normálu 1961 až 1990, stanice Doksany.

Table 10. Mean monthly air temperature and deviation from normal value 1961–1990, Doksany station.

Rok	Březen [°C]	Odchylka [°C]	Duben [°C]	Odchylka [°C]
2001	4,2	0,5	8,3	-0,2
2002	4,8	1,1	8,8	0,3
2003	5,1	1,4	9,4	0,9
2004	4,6	0,9	11,0	2,5
2005	3,1	-0,6	10,8	2,3
2006	2,1	-1,6	9,7	1,2
2007	6,2	2,5	11,3	2,8
2008	4,6	0,9	8,9	0,4
2009	5,4	1,7	13,2	4,7
2010	4,1	0,4	9,4	0,9
2011	4,6	0,9	12,3	3,8
2012	6,6	2,9	9,9	1,4
2013	0,4	-3,3	9,8	1,3
2014	6,9	3,2	11,4	2,9

Tab. 11 Průměrná měsíční teplota vzduchu a odchylka od normálu 1961 až 1990, stanice Doksany.

Table 11. Mean monthly air temperature and deviation from normal value 1961–1990, Doksany station.

Rok	Říjen [°C]	Odchylka [°C]	Listopad [°C]	Odchylka [°C]
2001	11,9	3,4	3,0	-0,6
2002	8,7	0,2	5,1	1,5
2003	6,3	-2,2	5,2	1,6
2004	9,6	1,1	5,0	1,4
2005	9,8	1,3	3,1	-0,5
2006	10,3	1,8	6,7	3,1
2007	7,9	-0,6	3,3	-0,3
2008	8,6	0,1	4,9	1,3
2009	8,7	0,2	5,9	2,3
2010	7,3	-1,2	5,9	2,3
2011	9,3	0,8	3,7	0,1
2012	8,2	-0,3	5,2	1,6
2013	9,8	1,3	5,3	1,7
2014	11,3	2,8	7,1	3,5

Největší variační rozpětí je u vrby Smithovy. V roce 2001 byl zaznamenán největší počet dní mezi počátkem kvetení 10 % a prvními listy 10 %, nejmenší počet dní byl v letech 2003, 2009 a 2013. U intervalu první listy 10 % a opad listů 50 % byl nejmenší počet dní zaznamenán v letech 2008 a 2013, naopak největší počet dní v letech 2011 a 2012.

Pro dokreslení průběhu nástupu fenologických fází je uvedeno stručné zhodnocení teplotních podmínek v březnu, dubnu (jarní fenofáze) a říjnu a listopadu (podzimní fenofáze) v letech 2001–2014 na stanici v Doksanech (tab. 10 a 11).

4. ZÁVĚR

Výsledky pozorování na IPG vzhledem k použití jednotného genetického materiálu sledovaných rostlinných druhů a společné metodiky poskytují objektivní fenologické výsledky napříč Evropou, a na jejich základě tak lze vyhodnocovat změnu v nástupu fenofází, ke které dochází např. vlivem zeměpisné šířky, nadmořské výšky, maritimity a kontinentality. Mezinárodní fenologická zahrádka v Doksanech, která se nachází v jedné z nejteplejších oblastí ČR, zaznamenává jarní fenologické fáze obvykle dříve a podzimní fenofáze naopak později než stanice ve Křtinách a Kostelci nad Černými lesy,

jejichž výsledky jsou relativně vyrovnané. Z porovnání fenologických fází různých druhů vrby má jednoznačně vrba Smithova jarní fenofáze nejčasněji, naopak nejpozději nastávají u vrby ušaté, u některých fenologických fází se jedná téměř o měsíční rozdíl. Při porovnání výsledků stejných druhů a stejných fenologických fází na fenologických stanicích ČHMÚ a na mezinárodních fenologických zahrádkách jsou rozdíly v dané lokalitě minimální. Ačkoliv je pozorovací řada mezinárodních fenologických zahrádek na území ČR relativně krátká (2001–2014), jsou údaje z těchto měření velmi důležité mimo jiné i z důvodu zapojení České republiky do mezinárodních vědeckých aktivit v oblasti fenologie, sledování variability počasí a možných klimatických změn.

Poděkování:

Příspěvek vznikl s podporou Programu pro dlouhodobý koncepční rozvoj výzkumné instituce poskytovaný MŠMT ČR.

Literatura:

- ČHMÚ, 2009. Návod pro činnost fenologických stanic – lesní rostliny. Praha: ČHMÚ. 74 s.
- HÁJKOVÁ, L. et al., 2012. Atlas fenologických poměrů Česka. Praha: ČHMÚ, Olomouc: UP. 320 s. ISBN (ČHMÚ) 978-80-86690-98-8, ISBN (UP) 978-80-244-3005-8.
- HÁJKOVÁ, L., KOŽNAROVÁ, V., BACHANOVÁ, S., NEKOVÁŘ, J., 2013. Fenologické charakteristiky vybraných lesních bylin v Česku. Sborník prací ČHMÚ, sv. 59. Praha: ČHMÚ. 81 s. ISBN 978-80-87577-22-6.
- HEJNÝ, S., SLAVÍK, B. (ed.), 1990. Květena České republiky. 2. díl. 1. vydání. Praha: Academia, 544 s. 80-200-0256-1.
- HEJNÝ, S., SLAVÍK, B. (ed.), 1992. Květena České republiky. 3. díl. 1. vydání. Praha: Academia. 544 s. ISBN 80-200-0256-1.
- KOŽNAROVÁ, V., KLABZUBA, J., 2010. Tradiční i moderní metody hodnocení počasí a podnebí v biologických disciplínách. In: *Současné možnosti fyziologie a zemědělského výzkumu přispět k produkci rostlin (vybrané kapitoly)*. Výzkumný ústav rostlinné výroby, v. v. i. Praha 2010. s. 4–33. ISBN 978-80-7427-023-9.
- MENZEL, A., 2000. Trends in phenological phases in Europe between 1951 and 1996. *Int. J. Biometeorol.* **44**, s. 76–81.
- MOŽNÝ, M., BAREŠ, D., BARTOŠOVÁ, L., HÁJKOVÁ, L., HLAVINKA, P. et al., 2013. Změny klimatu, fenologie a ekosystémové procesy. Praha: ČHMÚ. 126 s. ISBN 978-80-86690-64-3.
- MOŽNÝ, M., BAREŠ, D., HÁJEK, D., NEKOVÁŘ, J., 2007. Pilotní projekt monitorování fenologických fází digitální kamerou v ČHMÚ. In: Nekovář, J. (ed): *Česká fenologická databáze pro klimatologické aplikace*. Sborník prací ČHMÚ, sv. 50. s. 98–102. ISBN 97-80-86690-44-5.
- NEKOVÁŘ J. et al., 2008. The history and current status of plant phenology in Europe. Cost action 725, Brusel: Cost. 182 s. ISBN 978-951-40-2091-9.
- RÖTZER, T., CHMIELEWSKI, F. M., 2001. Phenological maps of Europe. *Clim-Res.* Vol. **18** (3), s. 249–257. ISSN 0936-577X.
- SCHWARTZ, M., D., 1999. Advancing to full bloom: planning phenological research for the 21st century. *Int. J. Biometeorol.* Vol. **42**, s.113–118. ISSN 0020-7128.
- SLAVÍK, B. (ed.), 1997. Květena České republiky, 5. díl. 1. vydání. Praha: Academia. 572 s. ISBN 80-200-0590-0.

Lektor (Reviewer): Ing. Jiří Nekovář, CSc.

KONTROLA PRAVIDELNÝCH METEOROLOGICKÝCH DAT V DATABÁZI CLIDATA

Pavel Lipina, Český hydrometeorologický ústav, Pobočka Ostrava, K Myslivně 3/2182, 708 00 Ostrava-Poruba, lipina@chmi.cz
Miroslav Řepka, Český hydrometeorologický ústav, Pobočka Ostrava, K Myslivně 3/2182, 708 00 Ostrava-Poruba, repka@chmi.cz

Stanislava Kliegrová, Český hydrometeorologický ústav, Pobočka Hradec Králové, Dvorská 410/102, Svobodné Dvory, 503 11 Hradec Králové, stanislava.kliegrova@chmi.cz

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

Anna Valeriánová, Český hydrometeorologický ústav, Na Šabatce 2050/17, 143 06 Praha 4-Komořany, anna.valerianova@chmi.cz

Regular Meteorological Data Quality Control in the CLIDATA database. The automatization of meteorological stations has been underway at CHMI since 1996. Presently, there are more than 330 automatic weather stations in the basic and more than 100 stations in the supplementary station network. A huge amount of data is stored in the CLIDATA database system every day. It is necessary to perform quality controls and to correct errors in this data. There are many tools available for irregular data quality control, and they are used routinely. Regular data is not routinely controlled, however. Thanks to CHMI, an internal project was suggested, and it created several tools and applications for regular data quality control and data error detection. These tools are implemented directly into CLIDATA. Applications are able to discover missing data and data exceeding defined limits and to compare differences between two consecutive terms or repeated values. There is also the option of identifying and repairing incorrect regular data series caused by clogged and subsequently cleaned rain gauges, to complete a short period of missing air temperature data, relative humidity data, and other elements according to one or two reference stations. It can easily compare the daily sums of sunshine duration with hourly data and fill in or correct missing or incorrect values. Another very useful feature is that it also compares 1-minute and 10-minute precipitation data. We appreciate every effort each user suggests in the adjustment of the present tools or the creation of new tools and applications for better regular data quality control.

KLÍČOVÁ SLOVA: data pravidelná – kontrola dat – detekce chyb – CLIDATA – stanice automatické – prvky meteorologické
KEYWORDS: regular data – data quality control – error detection – CLIDATA – automatic weather stations – meteorological elements

1. ÚVOD

Kontroly a opravy termínových (nepravidelných) dat ze všech typů meteorologických stanic v úseku meteorologie a klimatologie ČHMÚ jsou již zvládnuty a rutinně fungují ve všech úrovních (formální, logická i prostorová). Oficiální řídící dokumenty pro kontrolu a opravy nepravidelných dat jsou již velmi staré (HMÚ 1969) a nad daty byla v historii provedena řada kontrol, zejména pro období 1961–1990. Po zavedení databázové aplikace CLIDATA v ČHMÚ do běžného používání (v roce 2000 na ostravské pobočce a do konce roku 2001 na ostatních pobočkách (Tolasz 2008)), byly jejími autory vytvořeny nástroje zejména pro logickou kontrolu dat (Tolasz et al. 2008; Starostová, Richterová 2015). Prostorová kontrola dat byla vyřešena aplikací CLIDATA_GIS (Stříž 2012). I přes uskutečnění řady kontrol nepravidelných dat se v datových řadách vyskytuje stále relativně velké množství chyb, na které se přichází při práci s daty nebo při homogenizaci dat. O detekci chybných nebo podezřelých nepravidelných dat se v poslední době snažil zejména Štěpánek et al. (2012) pro několik meteorologických prvků (teplota vzduchu, maximální a minimální teplota vzduchu, tlak vodní páry, rychlost větru, srážky, sluneční svit) s využitím statistických metod a porovnáváním dat s okolními stanicemi. Aktuální chybná a podezřelá data byla také detekována speciálními programy (Štěpánek 2010a, 2010b).

Po zavedení automatizovaných meteorologických stanic, od druhé poloviny 90. let 20. století, do staniční sítě ČHMÚ došlo k nárůstu velkého objemu pravidelných dat z jejich měření. Před automatizací měření byla pravidelná data, zpravidla hodinová, k dispozici pouze z vyčíslení registračních přístrojů (teplota a vlhkost vzduchu, atmosférický

tlak vzduchu, směr a rychlost větru a srážkové úhrny) nebo ze zprávy SYNOP. Nárůst dat se ještě znásobil po ukončení provozu manuálních klimatologických stanic, kdy se zřizovaly další typy automatizovaných meteorologických stanic (od roku 2010). V současné době je v síti ČHMÚ na 330 automatizovaných nebo automatických stanic základní staniční síť, profesionálních, dobrovolnických klimatologických a srážkoměrných, a více než 100 stanic doplňkové staniční sítě, sněhoměrných polštářů a ostatních účelových stanic, produkujících zpravidla 10minutová data, která se do databáze CLIDATA nepřetržitě importují. Ze stanic základní staniční sítě, profesionálních i dobrovolnických, se nyní každých 10 minut dostává do databáze 3 500 až 4 000 hodnot, to je více než půl milionu hodnot každý den, za rok téměř 200 milionů.

Na profesionálních, synoptických, stanicích se tvorba a případná oprava automaticky generovaných dat řídí příslušným metodickým pokynem (ČHMÚ 2010), přesto se do databáze i z těchto stanic dostává velké množství dat chybných.

Mimo dat ze standardní sítě dobrovolnických a profesionálních stanic, ústavních i cizích, se do databáze CLIDATA importují také meteorologická data z automatických měření úseku ochrany čistoty ovzduší, srážková data a data sněhoměrných polštářů úseku hydrologie, srážkové úhrny a teplota ze stanic podniků Povodí, zahraniční meteorologická data z příhraničí ČR i data z různých účelových stanic a sítí.

I přes poměrně velmi spolehlivý provoz meteorologických stanic vzniká určité množství chyb při poruchách stanic, výpadcích jednotlivých čidel nebo ucpáním srážkoměrů. Chyby mohou být zapříčiněny rovněž technologií tvorby a ukládání dat a také k nim dochází při jejich přenosu.

Data v 10minutových, dříve i 15minutových, popř. hodi-

nových intervalech zpravidla není možné kontrolovat stejnými metodami a metodikou, jakou se provádí kontrola a oprava termínových, nepravdivých, klimatologických dat. Z tohoto důvodu v poslední době probíhalo intenzivně hledání algoritmů kontrol pravidelných dat a způsobů, jak účinně a rychle nalézt podezřelá a chybné hodnoty, a řešení jejich efektivní a rychlé opravy, či doplnění.

2. SOUČASNÉ ZPŮSOBY DETEKCE CHYBNÝCH NEBO PODEZŘELÝCH DAT

V souvislosti se stále častějším poskytováním pravidelných dat zákazníkům v téměř on-line režimu je aktuální nutnost automatické detekce chybných nebo podezřelých dat. Je však potřeba kontrolovat a opravovat nejen současná, ale i historická pravidelná data tak, aby byla připravena k bezproblémovému využívání. Pravidelná data v ČHMÚ byla dosud téměř bez rutinní kontroly. Do databáze CLIDATA se naimportují všechna data jednotlivých meteorologických prvků a stanic mezi definovaným horním a dolním limitem. Na pobočkách ČHMÚ, kde jsou zřízena regionální předpovědní pracoviště (RPP), by podle příslušných pokynů a schválených pracovních procesů měl automatický příjem dat a jejich dostupnost v on-line režimu kontrolovat asistent meteorologa RPP (tam, kde je tato pracovní pozice zavedena). Asistent by měl rovněž provádět kontrolu těchto dat, avšak pouze namátkovou, nebo na základě definovaných algoritmů, protože vzhledem k objemu dat nelze provádět vizuální kontrolu všech dat. V případě výpadku dat by pak měl zajišťovat nápravu samostatně, nebo ve spolupráci s příslušným oddělením meteorologie a klimatologie.

V této kapitole budou popsány nejčastější příčiny vzniku chyb a současné způsoby detekce chybných a podezřelých dat, které by stály za pozornost, zamyšlení či opravu.

2.1 Nejčastější chyby v aktuálních pravidelných datech

Z důvodu závad na elektronických čidlech, jejich poškození, popř. v případě závady elektroniky stanice nebo přepětí mohou hodnoty meteorologických prvků dosahovat téměř „neomezených hodnot“ (limity jsou dány převodními vztahy mezi snímanými hodnotami a jejich převodem na hodnoty meteorologických prvků).

V případě výskytu nad nebo podlimitní hodnoty meteorologického prvku se taková hodnota nedostane do databáze CLIDATA a hodnota prvku pro stanici, datum a čas je NULL (žádná hodnota). Tedy z hlediska kontroly dat se hodnota jeví jako chybějící, je však doplněna příznakem, který signalizuje důvod výpadku (překročení fyzikálního limitu).

Řada dalších hodnot chybí v důsledku jejich ztráty při přenosu dat mezi stanicí a importním adresářem databáze. Tyto případy jsou také sledovány a je snaha ztráty dat operativně řešit. Většina těchto dat je do databáze doplněna reimportem z automatických stanic, avšak až po skončení aktuálního měsíce.

I v rámci definovaných intervalů mohou vznikat a vznikají chyby v datech, která jsou v databázi uložena. Důvody vzniku chyb jsou popsány výše.

Další podstatnou skupinou jsou chyby srážkových dat. Zejména se jedná o chyby vzniklé kvůli ucpaným srážkoměrům (10minutová data, jedno, tři a 6hodinová, včetně minutových úhrnů srážek). Chybná data jsou rovněž detekována, pokud je srážkoměr ucpán jen částečně, a dochází tak k ucpávání srážek. Po vyčištění srážkoměru tak zpravidla vznikne extrémní hodnota v jednom nebo ve dvou 10minutových intervalech měření, včetně intenzity srážek.

Jiným typem jsou chyby dané „zaseknutím“ snímače nebo elektroniky stanice. V takovém případě se stejné hodnoty mohou v určitém časovém úseku opakovat. U některých meteorologických prvků však toto delší opakování hodnot nemusí automaticky znamenat chybu, např. směr a rychlost větru za teplotních inverzí nebo bezvětří, popř. data atmosférického tlaku vzduchu.

Chybné hodnoty se u některých meteorologických prvků vyskytují také v době, kdy by jejich hodnoty měly být nulové (např. data slunečního svitu a záření v noci).

2.2 Zasílání e-mailů do konference CLIDATA

V administrativní části databáze CLIDATA je možné definovat libovolné SQL úlohy, jejich výsledky je možné zasílat definovaným uživatelům nebo uživatelům přihlášeným do e-mailových konferencí CLIDATA nebo EXTREMY. Nevýhoda spočívá v možném zahlcení v kombinaci se zasíláním velkého počtu různých typů e-mailů týkajících se neoperativních dat.

Pro detekce možných podezřelých nebo chybných dat jsou uživatelům zasílány následující e-maily:

- e-mail každý den ráno: desetiminutové srážkové úhrny 5 mm a více za posledních 24 hodin,
- e-mail každý den v noci: denní úhrn srážek 30 mm a více za posledních 24 hodin (informace o výskytu nadlimitní srážky, která může detekovat chybu srážkoměru nebo i vyčištění ucpaného srážkoměru),

Př.:

EG_GH_ID	EG_EL_	DA	MO	YEAR	VALUE
U1MILS01	SRA	19	09	2014	31,6
U2DOKY01	SRA	19	09	2014	34,9

- e-mail kdykoliv: zpravidla denní úhrn srážek 30 mm a více za posledních 24 hodin z hlášení dobrovolných pozorovatelů na RPP, nebo OMK příslušné pobočky (informace o výskytu nadlimitních srážek, které mohou pomoci při vyhodnocení vyšších srážkových úhrnů automatických srážkoměrů; hlavní funkce těchto e-mailů je jiná než primárně k detekci chyb v datech),
- e-mail každý den ráno: nejvyšší a nejnižší teplota vzduchu v tabulce RDATA_R (pravidelná data) za předchozí den (po skupinách typu stanic každé pobočky),

Př.:

PO	EG_EL_	YEAR	MO	MAX	MIN
B1	T	2014	09	22,7	9,1
B2	T	2014	09	22,5	7,7
B4	T	2014	09	18,9	8,2
B5	T	2014	09	23	14
B6	T	2014	09	21,8	6,3
B7	T	2014	09	29,9	9,9
B8	T	2014	09	27,8	8,8

- e-mail každý den dopoledne: přehled počtu naimportovaných (došlých) dat SRA10M (úhrn srážek za 10 minut) v tabulce RDATA_R (pravidelná data) za předchozí den (po jednotlivých stanicích). E-mail slouží jako indikátor možných problémů v přenosech dat u většiny základních (hlavních) automatizovaných stanic (profesionální stanice, dobrovolnické automatizované klimatologické a srážkoměrné stanice). Kompletní datová sada za den musí mít 144 hodnot.

Př.:

EG_GH_ID	EG_EL_	YEAR	MO	DAY	POCET
---	---	---	---	---	---
C1CERP01	SRA10M	2014	09	19	126
C1CHUR01	SRA10M	2014	09	19	108
C1FILH01	SRA10M	2014	09	19	126
C1HLUB01	SRA10M	2014	09	19	125

2.3 Kontrola grafických dat na portále ČHMÚ

Veškerá data z automatizovaných dobrovolnických stanic mají standardně nastavený přenos pravidelných dat v intervalu 10 minut. Přenos dat probíhá buď GPRS/3G modemem, nebo přes webové rozhraní. Data z těchto stanic se soustřeďují ve sběrném centru každé pobočky v softwaru MeteoCentrum, většinou pro automatické klimatologické stanice typu AKS1, což jsou stanice s obslužným počítačem, a RainCentrum, pro stanice typu AKS2, AKS3, AKS4 a ASS. Z těchto programů jsou data exportována prostřednictvím importních souborů do databáze CLIDATA a také každých 10 minut v grafické podobě na webový portál ČHMÚ, kde jsou zobrazena data za posledních 48 hodin (ČHMÚ 2014a, 2014b). Výhodou těchto grafů pro detekci chyb v datech je fakt, že se zobrazují data tak, jak přicházejí z každé stanice, tedy bez filtru horního a dolního limitu při importu do databáze CLIDATA. Veřejnost tak může v on-line režimu ihned vidět všechny problémy, závady a výpadky na každé automatizované stanici (obr. 1a,b). To může být i výhoda, neboť i odpovědní pracovníci ČHMÚ se tak mohou o problémech na stanici dovědět i mimo pracovní dobu v ČHMÚ a v některých případech ihned zajistit nápravu, např. informováním pozorovatele o ucpaném srážkoměru o víkend. Pozorná veřejnost znalá místních poměrů z okolí stanic může odhalit a následně ČHMÚ informovat o závadě čidla, která na první pohled není patrná (např. špatně ukazující směr větru).

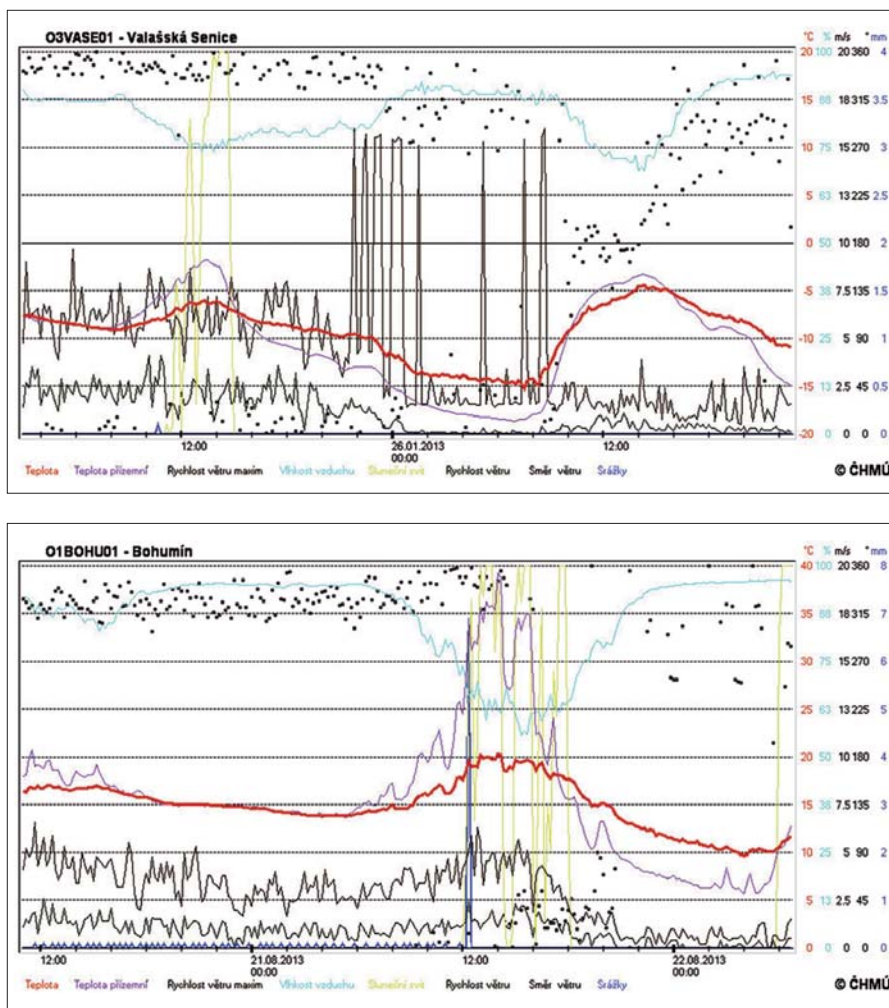
U profesionálních, synoptických, stanic se data také přenášejí buď GPRS/3G modemem, nebo přes webové rozhraní přímo na ftp server do importního adresáře databáze CLIDATA.

Pro standardní profesionální i dobrovolnické a některé doplňkové stanice jsou na portálu ČHMÚ k dispozici grafické výstupy, na kterých se zobrazují pouze data uložená v databázi CLIDATA (Walder 2014a, 2014b). Do databáze se tedy dostanou jen data v intervalu mezi horním a dolním limitem. Data mimo definované limity se v on-line režimu nezobrazí a zůstávají tak prázdná pole. U vybraných prvků, např. teploty, tlaku a vlhkosti vzduchu, po dosažení definovaného počtu termínů za výpadkem v datech dojde k doplnění chybějících

dat definovanou interpolační procedurou, a nelze tak identifikovat možný problém v datech při větším časovém odstupu kontroly. Někdy se zobrazí výpadek dat způsobený výpadkem databáze nebo výpadkem v přenosech dat mezi SW stanic a importním adresářem databáze CLIDATA. Data jsou importem do databáze a jejich exportem do formy grafů oproti předchozímu typu grafů na portálu ČHMÚ opožděná cca o 20 minut od času měření (obr. 2 a, b).

2.4 Hlásná a předpovědní povodňová služba

V hydrologické části portálu ČHMÚ je umístěna záložka Hydrologické a předpovědní povodňové služby (HPPS). Primárně jsou zde prezentovány aktuální hydrologické informace. Nedílnou součástí jsou však také informace meteorologické; jsou zde zobrazována aktuální srážková data (den, název stanice, nadmořská výška stanice, klimatologický denní úhrn srážek a kalendářní denní úhrn srážek). Stanice je možné třídit podle poboček, krajů a ucelených povodí (ČHMÚ 2014c). V mapové části aplikace lze sledovat animace jedno, tří, 6 a 24hodinových úhrnů srážek v kombinaci radarů a pozemních srážkoměrů. Nástroj umožňuje detekovat chybějící srážkové údaje, zejména při frontálních srážkách, snadná je také možnost nalézt chybějící data v databázi CLIDATA, ze které se data v této aplikaci zobrazují.



Obr. 1 Chyba dat rychlosti větru stanice Valašská Senice (a), ucpání a potom vyčištěný automatický člunkový srážkoměr na stanici Bohumín (b) – tmavě modrá čára.

Fig. 1. Wind speed data error at the (a) Valašská Senice station, clogged and then cleaned automatic tipping-bucket rain gauge at the (b) Bohumín station – dark blue line.

2.5 Speciální aplikace pro zobrazení meteorologických dat

Na většině regionálních předpovědních pracovišti i centrálním předpovědním pracovišti ČHMÚ jsou používány různé produkty a aplikace pro sledování aktuálního vývoje počasí, teplotních hodnot (extrémů), aktuálních srážkových úhrnů. Na RPP pobočky Ostrava je provozně nejčastěji využívána k prohlížení požadovaných dat interní webová aplikace Infoweb. Jedním z nástrojů této webové aplikace je i zobrazování hodinových srážkových úhrnů z meteorologických stanic ČHMÚ a podniku Povodí na území v působnosti pobočky ČHMÚ Ostrava. Graficky jsou zobrazovány a zvýrazňovány srážkové úhrny v definovaných intervalech. Tyto produkty mohou rovněž sloužit k detekci chyb v datech.

3. INTERNÍ PROJEKT KONTROLY PRAVIDELNÝCH DAT

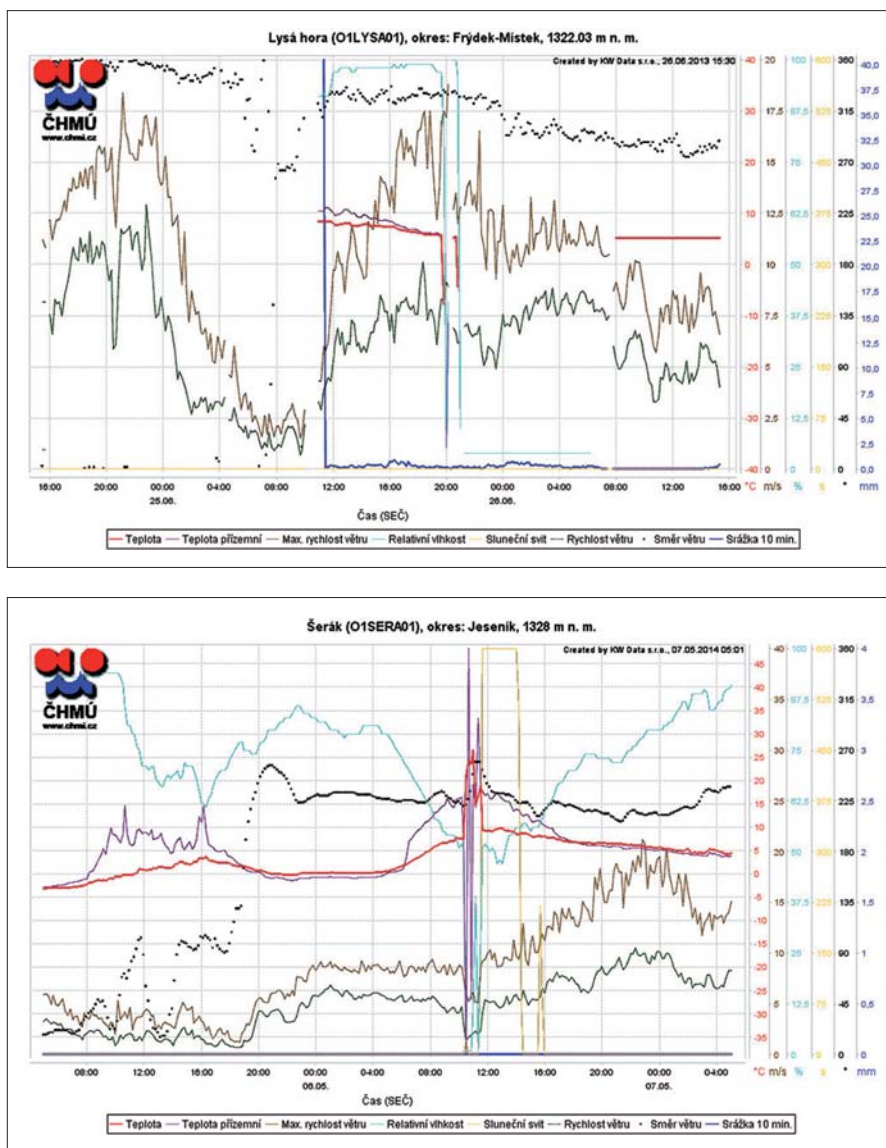
Z důvodů velkého množství téměř nekontrolovaných pravidelných dat a rostoucí poptávce zákazníků po těchto datech byl v první polovině roku 2013 podán návrh na interní projekt Úseku meteorologie a klimatologie ČHMÚ s názvem Kontrola pravidelných dat v databázi CLIDATA. Jeho hlavním cílem bylo vytvoření algoritmů a nástrojů pro každodenní kontrolu dat automaticky měřených meteorologických prvků, detekci chyb a odstranění nebo označení chybných nebo podezřelých dat a hledání možnosti automatických oprav dat jak v on-line režimu, tak i historických pravidelných, tj. zejména 10minutových, resp. 15minutových a hodinových, dat.

Časový průběh projektu byl rozdělen do tří fází:

- Příprava metodiky, algoritmů a aplikace pro vytvoření speciálních aplikací pro kontrolu a opravu pravidelných dat (květen – říjen 2013)
- Tvorba a testování aplikací pro kontrolu a opravu dat (srpen – prosinec 2013)
- Testování možnosti automatické detekce chyb, jejich označení a opravy v on-line režimu (listopad 2013 – září 2014)

Do projektu bylo zapojeno šest pracovníků ČHMÚ, vlastní aplikace v databázi CLIDATA pak vytvořil Ing. Jiří Walder, Ph.D. z firmy KW Data.

Výsledkem interního projektu mělo být vytvoření aplikace přímo v databázové aplikaci CLIDATA, kde by byl uživatel, většinou pracovník příslušného oddělení meteorologie a klimatologie, popř. regionálního nebo centrálního předpovědního pracoviště, schopen detekovat chybná nebo podezřelá meteo-



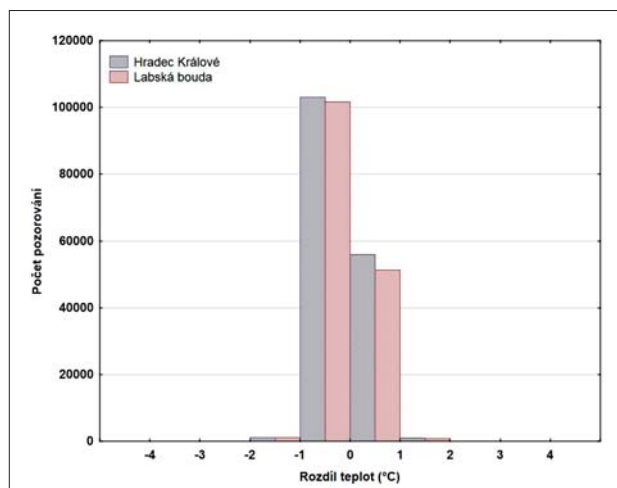
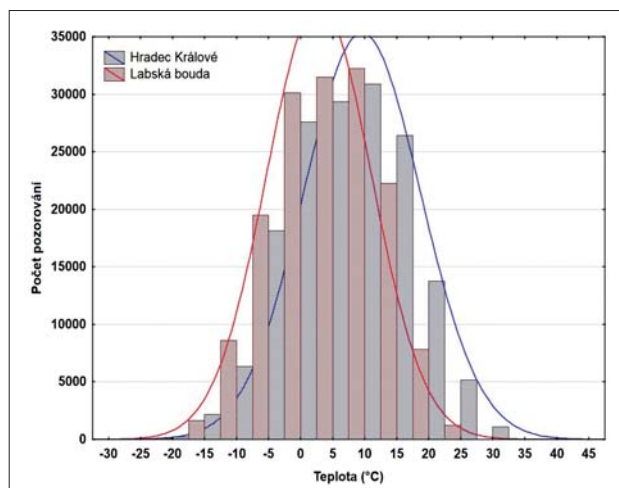
Obr. 2 Výpadky měření stanice a chyby a výpadky jednotlivých čidel na stanici Lysá hora (a) a na stanici Šerák (b).

Fig. 2. Failures of station measurement and errors and failures of particular sensors at the (a) Lysá hora and (b) Šerák stations.

rologická data s možností snadné a rychlé opravy. V základním nastavení byl záměr zobrazování automaticky detekovaných chyb, podezřelých nebo chybných hodnot měřených meteorologických prvků za 1–3 dny zpětně, aby se mohla kontrolovat data po víkendu, nebo po státních svátcích pracovníky OMK a také aby bylo možné zadat jakékoliv jiné období. Tím by mohl pracovník provádějící kontrolu téměř v on-line režimu podezřelé nebo chybné hodnoty označit příslušným příznakem tak, aby další aplikace měly možnost již před další opravou tato podezřelá data ignorovat nebo používat s tímto označením.

3.1 Analýza dat pro stanovení kontrolních limitů

V první fázi projektu byla podrobně analyzována pravidelná data vybraných prvků: teplota (T), maximální teplota (TMA), minimální teplota (TMI), minimální přizemní teplota vzduchu za interval 10 minut (TPM), relativní vlhkosť vzduchu (H), rychlost větru (F), maximální rychlost větru za interval 10 minut (Fmax), úhrn srážek (SRA), ze stanic Labská bouda



Obr. 3 Rozložení hodnot teploty vzduchu ve dvou metrech v 10minutovém intervalu pro stanice Hradec Králové a Labská bouda (a) a rozložení rozdílů hodnot teploty vzduchu ve 2 metrech mezi následujícími 10minutovými intervaly pro stanice Hradec Králové a Labská bouda (b).

Fig. 3. Distribution of air temperature values in 2 meters in 10-minute intervals for the (a) Hradec Králové and Labská bouda stations, and distribution of the differences of air temperature values in 2 meters between two consecutive 10-minute intervals for the (b) Hradec Králové and Labská bouda stations.

(1 315 m n. m.) a Hradec Králové, observatoř (278 m n. m.) od července 2010, kdy se přešlo i na stanici Labská bouda z 15minutového na 10minutový interval měření, do června 2013¹⁾. Tyto stanice byly vybrány záměrně pro jejich odlišnost v umístění, což se podle očekávání projevilo i na některých výsledcích. Byly spočteny rozdíly hodnot mezi sousedními termíny, jejich četnosti a vykresleny histogramy hodnot i jejich rozdílů. Na základě těchto výsledků byly stanoveny limity některých prvků a jejich mezitermínových rozdílů (konkrétněji v následující kapitole 3.2), které jsou systémem označovány jako podezřelé. Snaha při nastavování těchto limitů byla taková, aby systém detekoval podezřelé hodnoty v průměrném množství, tedy aby neodradil obsluhu velkým množstvím falešných detekcí. Jako ukázka daného zpracování jsou v článku uvedeny grafy rozdělení pravidelných hodnot teploty vzduchu ve dvou metrech (obr. 3a) a jejich mezitermínových rozdílů (obr. 3b).

Přes rozdíl v rozdělení naměřené teploty mezi oběma stanicemi je rozdělení mezitermínových rozdílů na obou stanicích velmi podobné; na základě výsledku Wilcoxonova dvouvýběrového testu lze přijmout hypotézu, že distribuční funkce rozdělení těchto rozdílů jsou totožné. Ojedinelé se objevily mezi sousedními termíny naměřené rozdíly 5 °C, jako limit pro podezřelý rozdíl byla navržena hodnota 10 °C.

Podobné výsledky, tedy vysoká shoda v rozdělení mezitermínových rozdílů, byly získány i pro hodnoty dalších analyzo-



Obr. 4 Ukázka detekce chyb ve skupině mezitermínových rozdílů.

Fig. 4. Example of error detection in a group of differences between two consecutive intervals.

vaných prvků, a nakonec tedy nebylo přistoupeno k rozdělení těchto mezitermínových limitů podle nadmořské výšky stanice u žádného z prvků. Nastavení limitů bude možné měnit a zpřesňovat na základě zkušeností uživatelů z pravidelné práce s aplikací.

3.2 Aplikace Pravidelná kontrola

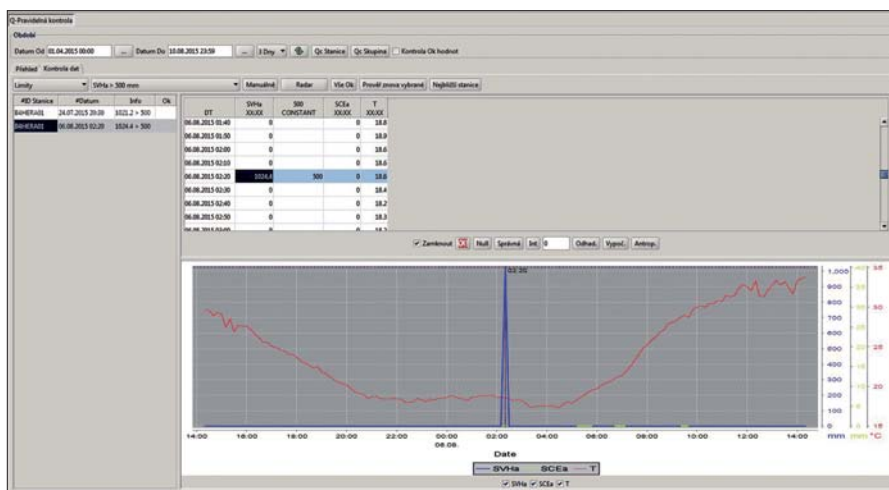
Tato aplikace je hlavním výstupem v rámci interního projektu. Provádí podle definovaných algoritmů pro zvolené skupiny stanic za definované období analýzu pravidelných dat v databázi CLIDATA a detekuje chybná, podezřelá, nebo chybějící data. Aplikace je navržena tak, aby se na stejném místě, kde je uvedena detekce podezřelých, chybných nebo chybějících dat, dala data opravovat nebo doplňovat (obr. 4). Pro kontrolu, opravu nebo doplnění dat aplikace obsahuje několik nástrojů, aby bylo možné provádět tyto opravy nebo doplnění v co možná nejvyšší kvalitě a za použití minima dalších nástrojů a aplikací. Každá opravená nebo doplněná hodnota

¹⁾ Zkratky meteorologických prvků použité v tomto článku jsou shodné s označením prvků definovaných v databázi CLIDATA. Důvodem takto použitých zkratk v článku je skutečnost, že jsou používány v popisovaných aplikacích, kontrolních rovnicích a při definování kontrolních limitů.

je označena standardním příznakem (flagem), ze kterého je zřejmé, jakým způsobem byla tato hodnota opravena (odhad, výpočet, interpolace).

V aplikaci Pravidelná kontrola se detekují podle definovaných algoritmů chybné, podezřelé nebo chybějící hodnoty pro meteorologické prvky: směr větru (D), směr maximální rychlosti větru za interval 10 minut (Dmax), průměrná hodnota směru větru za 10 minut (Dprum), rychlost větru (F), maximální rychlost větru za interval 10 minut (Fmax), průměrná hodnota rychlosti větru za 10 minut (Fprum), úhrn srážek za interval 10 minut (SRA10M), suma slunečního svitu za interval 10 minut (SSV10M), teplota vzduchu (T), maximální teplota vzduchu za interval 10 minut (TMA), minimální teplota vzduchu za interval 10 minut (TMI), minimální přízemní teplota vzduchu za interval 10 minut (TPM), relativní vlhkost vzduchu (H) a atmosférický tlak vzduchu (P). Pro automatické sněhoměrné stanice, tzv. sněhoměrné polštáře, se kontrolují prvky automaticky měřené výšky sněhové pokrývky (SCEa) a automaticky měřené vodní hodnoty celkové sněhové pokrývky (SVHa). Do roku 2010 rovněž v intervalu 15 minut jsou definovány a kontrolovány odpovídající prvky (SRA15M, SSV15M).

Součástí aplikace Pravidelná kontrola jsou moduly „Pravidelná kontrola Definice“ a „Pravidelná kontrola Úkoly“. V těchto modulech jsou všechny výše uvedené definice kont-



Obr. 5 Formulář detekovaných chyb definovaných limitů s nástroji na jejich opravu.

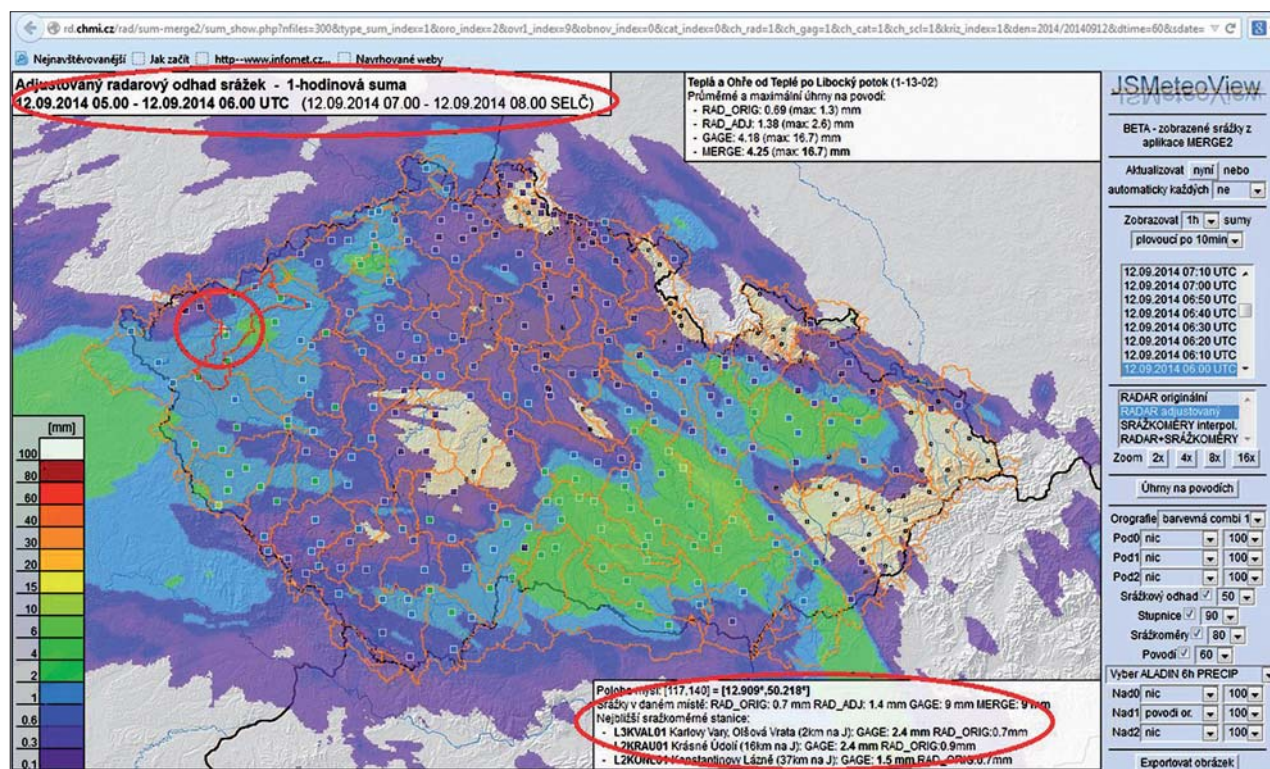
Fig. 5. Error detection form of defined limits with tools for their correction.

rol, limity kontrol, definované skupiny stanic ke kontrole, definované časy kontrol a kontrolovaná období, jakož i nástroje pro manuální definici libovolné definované kontroly dat. Tyto nástroje využíváme např. pro kontrolu starších dat, kdy např. definujeme kontrolu jednoho prvku za požadovaný rok, atd.

V aplikaci Pravidelná kontrola bylo definováno 6 základních typů kontrol dat:

3.2.1 Chybějící hodnoty

V této skupině je kontrolována úplnost naměřených dat. Při 10minutovém intervalu měření kompletní datová sada obsahuje 144 hodnot za den, při 15minutovém intervalu měření (v ČHMÚ do roku 2010) 96 hodnot. V seznamu detekcí je uve-



Obr. 6 Radarové odhady srážek (kombinace radar/srážkoměry) jako podpůrný nástroj pro kontrolu podezřelých srážkových dat.

Fig. 6. Radar estimations of precipitation (combination radar/rain gauges) as a supporting tool for suspicious data control.

dena stanice i jen s jednou chybějící hodnotou. V tabulce při kontrole je uvedeno kolik hodnot v řadě chybí (např. O1VITK01 25. 3. 2014 13:40 T chybí 45x). Čas indikuje první chybějící hodnotu. Kontrolují se prvky: D, Dmax, Dprum, F, Fmax, Fprum, H, P, SCEa, SRA10M, SRA15M, SSV10M, SSV15M, SVHa, T, TMA, TMI, TPM.

3.2.2 Limity

Ve skupině jsou kontrolovány uvedené meteorologické prvky podle definovaných limitních hodnot ($F_{max} > 25 \text{ m.s}^{-1}$, $SPAISM > 5 \text{ mm}$, $SCEa > 300 \text{ cm}$, $SRA10M > 5 \text{ mm}$ a opakuje se minimálně dvakrát stejná hodnota úhrnu srážek po sobě, $SRA1H > 30 \text{ mm}$, $SVHa > 500 \text{ mm}$ (obr. 5).

3.2.3 Mezitermínové rozdíly

Ve skupině jsou kontrolovány níže uvedené meteorologické prvky podle definovaných limitních hodnot porovnáním měření z po sobě následujících termínů (10minutový nebo dříve 15minutový) interval), nebo v případě prvku F a F_{max} jsou srovnávány mezi sebou ve stejném čase.

Limitní hodnoty pro jednotlivé prvky pro detekci podezřelých hodnot:

$F > 15 \text{ m.s}^{-1}$, F a $F_{max} > 15 \text{ m.s}^{-1}$, $F_{max} > 15 \text{ m.s}^{-1}$, $H > 30/25 \%$ (30 % v letním období, 25 % v zimním období), $P > 2 \text{ hPa}$, $T > 10 \text{ }^{\circ}\text{C}$, $T05 > 1 \text{ }^{\circ}\text{C}$, $T10 > 1 \text{ }^{\circ}\text{C}$, $T20 > 0,5 \text{ }^{\circ}\text{C}$, $T50 > 0,5 \text{ }^{\circ}\text{C}$, $T100 > 0,5 \text{ }^{\circ}\text{C}$, $TMA > 10 \text{ }^{\circ}\text{C}$, $TMI > 10 \text{ }^{\circ}\text{C}$, $TPM > 15 \text{ }^{\circ}\text{C}$, $SCEa > 5 \text{ cm}$, $SVHa > 10 \text{ mm}$, kde $T05$, $T10$, $T20$, $T50$, $T100$ jsou půdní teploty v hloubkách 5, 10, 20, 50 a 100 cm.

Pro kontrolu historických dat z vyčíslení hygrogramu (H_{Hg}), barogramu (P_{Bg}) a termogramu (T_{Tg}) v časovém kroku jedna hodina, jsou definovány limity $H_{Hg} > 40 \%$, $P_{Bg} > 3 \text{ hPa}$, $T_{Tg} > 8 \text{ }^{\circ}\text{C}$.

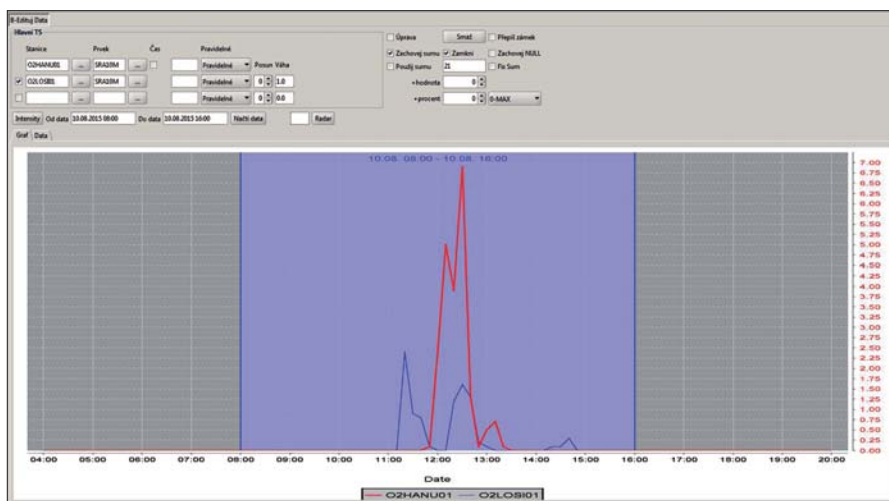
3.2.4 Opakující se hodnoty

Ve skupině kontrol Opakující se hodnoty jsou kontrolovány meteorologické prvky D, Dmax, F, Fmax, Fprum, T, TMA, TMI, TPM, P a jako podezřelé jsou detekovány případy, pokud se stejná hodnota meteorologického prvku vyskytuje 24 krát v řadě za sebou, tj. po dobu čtyř hodin. Při klidném počasí, zejména na stanicích umístěných v údolích, v uzavřených polohách, jsou tato upozornění na bezvětří velmi častá, ačkoliv jsou data správná.

3.2.5 QC Povodí

V skupině jsou kontrolovány 10minutové úhrny srážek a porovnávány s limitem 10 mm a hodinové úhrny srážek s limitem 30 mm. Při překročení těchto definovaných limitů jsou hodnoty detekovány jako podezřelé. Tyto hodnoty se vyhledávají na základě výběru ucelených povodí (odtud i název skupiny kontrol).

Při kontrole podezřelých srážkových úhrnů, nebo chybějících hodnot, aplikace nabízí tlačítko „Radar“. Zadáním data a času do vedlejšího pole a stisknutím tohoto tlačítka se otevře ve výchozím prohlížeči aplikace JSMeteoView, a to adjustovaný radarový odhad srážek – hodinová suma pro konkrétní čas detekce a navigační kříž označující polohu opravované



Obr. 7 Ukázka formuláře opravy dat v aplikaci Edituj data.

Fig. 7. Example of data correction form in the Edit Data application.

stanice (obr. 6). Po přiložení kurzoru myši na navigační kříž se v přiložené tabulce ukáží informace o srážkovém úhrnu na opravované a dvou nejbližších stanicích. Uživatel může dále využít všech možností, která tato aplikace nabízí, avšak pouze pro období od 25. 6. 2014, kdy byla aktualizována verze prohlížeče JSMeteoView.

3.2.6 Stav

Ve skupině se kontrolují chybějící hodnoty vodních stavů na hydrologických stanicích. Tyto kontroly používají pracovníci hydroprognózy.

3.3 Aplikace Edituj data

Aplikace je nástroj vhodný pro opravu chybných srážkových dat vzniklých ucpáním srážkoměrů, na opravu dat po vyčištění srážkoměru, pro opravu chybných pravidelných dat nebo k doplňování krátkodobých výpadků v měření některých meteorologických prvků. Aplikace umožňuje opravovat nebo doplňovat data podle jedné nebo dvou definovaných stanic, popř. prvků. Opravená nebo doplněná data získávají příznak o provedené úpravě dat (obr. 7). Součástí aplikace je i nastavení „Upravená data“, která umožňuje zrušit provedené úpravy a data vrátit do původního stavu.

3.4 Aplikace Kontrola intenzit

Aplikace pro definovanou stanicí, rok a měsíc porovnává minutové úhrny srážek (v tabulce označeno INTENSITY RAINFAL) s referenčním prvkem, nejčastěji s prvkem SRA10M. Pokud je nalezen rozdíl úhrnu minutových srážek s příslušnou hodnotou 10minutového úhrnu, tak se vytvoří záznam v přehledové tabulce. Dále se zobrazí přehled minutových srážek a k tomu příslušná hodnota referenčního prvku (SRA10M). Tyto záznamy je možné přímo editovat. Opravená či doplněná data získají standardní příznak, který nese informaci o změně hodnoty.

3.5 Aplikace „Kontrola svitu“

Data slunečního svitu jsou uložena v prvcích SSV (denní úhrn) a SSV10M, SSV15M a SSV1H (pravidelná data 10minutová, 15minutová a hodinová). Tato aplikace slouží ke kontrole hodinových dat slunečního svitu (SSV1H) a denního úhrnu slunečního svitu (SSV). Porovnává denní úhrn sluneč-

ního svitu vypočítaný z hodinových dat s denním úhrnem slunečního svitu v nepravidelných datech (prvek SSV). Veškeré rozdíly zobrazí výpisem celého dne pozorování. Chybový řádek také aplikace vytvoří, pokud chybí někde v hodinových datech nulové hodnoty slunečního svitu.

I když data prvků SSV1H a SSV vycházejí z měření stejného přístroje nebo snímače (mimo závady přístroje nebo čidla), tak se do databáze dostávají separátně a nezávisle na sobě. Aktuální data slunečního svitu se importují ve třech importních souborech. V souboru D11 jsou denní sumy slunečního svitu (SSV), v souboru D16 jsou hodinové úhrny slunečního svitu a v souborech D20 nebo D22 pak 10minutová data slunečního svitu v sekundách. Data obou prvků je také možné přímo pořídit v pořizovacích formulářích databáze CLIDATA.

Předpokladem kontroly dat slunečního svitu je správná definice prvků slunečního svitu v popisu pozorování každé stanice. Prvek SSV1H má být definován pro období 04:00 až 21:00 SEČ v hodinovém intervalu.

4. ZÁVĚR

Od počátku automatizace do současnosti došlo ve staniční síti ČHMÚ k více než desetinásobnému nárůstu počtu stanic s alespoň jedním automaticky měřeným prvkem a každoročně další stanice přibývají.

V rámci výše popsaného interního projektu byly navrženy a vytvořeny nástroje v databázové aplikaci CLIDATA, podle kterých by se mohla kontrolovat a opravovat jak současná, tak i historická pravidelná data. Podmínkou úspěšnosti těchto výstupů je jejich pravidelné a rutinní používání odpovědnými osobami.

Vytvořené aplikace jsou dostupné v prostředí databázové aplikace CLIDATA v ČHMÚ a na pobočkových pracovištích (oddělení meteorologie a klimatologie) jsou rutinně využívány. Každodenním používáním vytvořených nástrojů jsou odstraňovány jejich nedostatky, jsou zpřesňovány nebo upravovány jednotlivé definované limity tak, aby se počet detekovaných chyb, chybějících a podezřelých hodnot blížil realitě, tzn. aby se snižoval počet chybných detekcí a aby se postihlo maximum chyb, tj. aby některé chyby neunikly chybně nastavenými limity.

Většina navržených aplikací umožňuje provádět jednoduché, nebo i složitější úpravy a opravy dat, nebo upravovat i delší datové řady. Je vždy na příslušném pracovníkovi, který kontroly a opravy provádí, jakou úpravu dat provede, zda přijme navrženou hodnotu k opravě (interpolace), nebo provede jinou úpravu. Existuje řada případů, kdy je nejasné, jaký byl průběh počasí. Např. ucpaný a vyčištěný srážkoměr v době trvání přeháňky, chybné maximální rychlosti větru a řada dalších případů. Tyto epizody s evidentně chybnými hodnotami ve většině případů nelze objektivně posoudit a opravit, a je proto lepší řešení taková data smazat.

V rámci řešení interního projektu bohužel nebyly nalezeny žádné spolehlivé nástroje na automatické opravy chybných dat, které byly detekované definovanými algoritmy, z čehož vyplynul závěr, že každá oprava dat či doplnění chybějící hodnoty vyžaduje individuální posouzení odpovědného pracovníka.

Velké množství chybějících dat se ztrácí při jejich přenosu z měřicí stanice do databáze CLIDATA, z nichž velké procento se doplní po skončení měsíce reimportem pravidelných dat uceleného datového souboru za celý minulý kalendářní měsíc. To je také důvod, proč se chybějící data v prů-

běhu měsíce nedoplňují. Je předpoklad jejich doplnění skutečně naměřenými hodnotami. Po reimportu pravidelných dat minulého měsíce nastává další etapa kontrol a doplnění dat.

V rámci interního projektu také vznikly podrobné manuály na obsluhu a používání jednotlivých aplikací.

Autoři budou rádi za jakékoliv podněty ze strany uživatelů vedoucí k vylepšení současných nebo navržení nových nástrojů pro kontrolu pravidelných dat.

Každodenní nebo častá kontrola pravidelných dat podstatně zvýšila kvalitu pravidelných dat v databázi CLIDATA a bylo také doplněno velké množství nahodile chybějících dat u prvků, kde bylo možné takto jednotlivě chybějící data doplnit.

Po rutinním zvládnutí kontrol pravidelných dat v on-line režimu bylo započato také s kontrolami pravidelných dat minulých let. A to je běh na dlouhou trať, protože některé stanice mají již dvacetiletou historii pravidelných měření.

Literatura:

- ČHMÚ, 2010. Metodický pokyn NMK 221.1/2007. Tvorba dat na stanicích vybavených automatickým měřicím systémem – verze č. 4.
- ČHMÚ, 2014a. [on-line.] [cit. 11. 8. 2015]. Dostupné z WWW: <http://portal.chmi.cz/files/portal/docs/poboc/PR/grafy/os/grafy-ams-lnk.htm>.
- ČHMÚ, 2014b. [on-line.] [cit. 11. 8. 2015]. Dostupné z WWW: http://portal.chmi.cz/portal/dt?portal_lang=cs&menu=JSPTabContainer/P10_0_Aktualni_situace/P10_1_Pocasi/P10_1_1_Cesko/P10_1_1_7_Stanice/P10_1_1_7_2_Dobrovolne_stanice&last=false.
- ČHMÚ, 2014c. [on-line.] [cit. 11. 8. 2015]. Dostupné z WWW: http://hydro.chmi.cz/hpps/hpps_act_rain.php.
- HMÚ, 1969. Návod k revizi výsledků meteorologických pozorování. Sborník předpisů, svazek č. 6. Praha: Hydrometeorologický ústav.
- STRÍŽ, M., 2012. Clidata Gis Standard. ČHMÚ, interní dokument.
- ŠTĚPÁNEK, P., 2010a. AnClim – software for time series analysis. Department of Geography, Faculty of Natural Science, MU, Brno. [on-line.] [cit. 11. 8. 2015]. Dostupné na WWW: <http://www.climahom.eu/software-solution/anclim>.
- ŠTĚPÁNEK, P., 2010b. ProClim – software for processing climatological datasets. CHMI, regional office Brno. [on-line.] [cit. 11. 8. 2015]. Dostupné na WWW: <http://www.climahom.eu/software-solution/proclimdb>.
- ŠTĚPÁNEK, P., ZAHRAVNÍČEK, P., BRÁZDIL, R., TOLASZ, R., 2012. Metodologie kontroly a homogenizace časových řad v klimatologii. Praha: Český hydrometeorologický ústav, s. 11–37. ISBN 978-80-86690-97-1.
- TOLASZ, R., 2008. Databázové zpracování klimatologických dat. In: *Sborník prací ČHMÚ*, sv. 52, Praha: ČHMÚ. 1. vydání, 68 s. ISBN 978-80-86690-50-6, ISSN 0232-0401.
- TOLASZ, R., COUFAL, L., WALDER, J., 2008. CLIDATA – Climatological Database Application. System Administration's Manual. Praha: Český hydrometeorologický ústav, s. 116–146.
- WALDER, J., 2014a. [on-line.] [cit. 11. 8. 2015]. Dostupné z WWW: http://portal.chmi.cz/portal/dt?portal_lang=cs&menu=JSPTabContainer/P10_0_Aktualni_situace/P10_1_Pocasi/P10_1_1_Cesko/P10_1_1_7_Stanice/P10_1_1_7_4_Grafy_aut_stanic&last=false.
- WALDER, J., 2014b. [on-line.] [cit. 11. 8. 2015]. Dostupné z WWW: <http://portal.chmi.cz/files/portal/docs/poboc/OS/KW/Captor/pobocka.OS.1.html>.

Lektor (Reviewer): RNDr. Miloslava Starostová

INVENTARIZACE EMISÍ SKLENÍKOVÝCH PLYNŮ V ČESKÉ REPUBLICE

Eva Krtková, Česká zemědělská univerzita, Katedra vodního hospodářství a environmentálního modelování, Fakulta životního prostředí, Kamýcká 129, 165 21 Praha 6-Suchbát; Český hydrometeorologický ústav, Na Šabatce 17, 143 06 Praha 4-Komořany

National greenhouse gas inventory of the Czech Republic. As one of the Parties of the United Nations Framework Convention on Climate Change, the Czech Republic has an obligation to annually report levels on greenhouse gas emissions and removals. The Kyoto Protocol specifies concrete reduction targets for greenhouse gas emissions. Further requirements arise from being a member state of the European Union. This contribution introduces the pillars of greenhouse gas emissions and removals reporting and also discusses the specific situation for 2015.

KLÍČOVÁ SLOVA: emise – propady – plyn skleníkový – Rámcová Úmluva OSN o změně klimatu – IPCC

KEYWORDS: emissions – removals – greenhouse gas – United Nations Framework Convention on Climate Change – IPCC

1. ÚVOD

Obavy o osud klimatického systému země vyvrcholily v roce 1992 na Konferenci OSN o životním prostředí a rozvoji v Rio de Janeiru (Brazílie), kde byla přijata Rámcová úmluva OSN o změně klimatu. Úmluva vstoupila v platnost v roce 1994. Základním cílem Úmluvy bylo vytvořit předpoklady pro včasnou stabilizaci globálních koncentrací skleníkových plynů v atmosféře na takové úrovni, která by zabránila nebezpečné interferenci antropogenních vlivů s klimatickým systémem. Členské státy Úmluvy se každoročně scházejí na konferencích smluvních stran (Conference of Parties, COP) a kontrolují dosavadní postup, případně schvalují strategie k dosažení stanovených cílů. Úmluva ale nespécifikovala konkrétní redukční cíle, takže v roce 1995 byla zahájena jednání o posílení Úmluvy a v roce 1997 byl přijat na třetí konferenci smluvních stran Úmluvy v Kjótu tzv. Kjótský protokol (KP), který specifikuje konkrétní redukční cíle ekonomicky vyspělých států. Kjótský protokol zavedl také systém konferencí pro kontrolu plnění závazků (Conference of the Parties serving as the meeting of the Parties to the Kyoto Protocol, CMP). Konference smluvních stran Úmluvy a Kjótského protokolu probíhají zpravidla současně.

Přijetím KP bylo ekonomicky vyspělým státům uloženo, aby v průběhu prvního kontrolního období (Commitment Period 1), které probíhalo v letech 2008–2012, snížily jednotlivě nebo společně emise skleníkových plynů nejmeně o 5,2 % v porovnání se stavem v roce 1990. Redukce se týkala emisí a propadů oxidu uhličitého (CO_2), metanu (CH_4), oxidu dusného (N_2O), stále částečně (HFC) a zcela (PFC) fluorovaných uhlovodíků a fluoridu sírového (SF_6) vyjádřených ve formě agregovaných emisí CO_2 . V případě ČR se jednalo o závazek snížit celkové emise skleníkových plynů o 8 % vůči referenčnímu roku 1990; pro HFC, PFC a SF_6 je jako referenční stanoven rok 1995.

V prosinci 2012 byl na 18. konferenci smluvních stran (COP 18) v Doha (Katar) schválen dodatek, kterým bylo potvrzeno pokračování Kjótského protokolu a jeho druhé kontrolní období (Commitment Period 2), které bylo stanoveno na dobu 2013–2020. Dle Přílohy 1, odstavce C, Rozhodnutí 1/CMP.8 jsou státy Dodatku 1 Úmluvy zavázány přijmout nové redukční závazky, které by měly přispět ke snížení emisí skleníkových plynů o nejméně 18 % pod úroveň roku 1990. Pro ČR byl stanoven závazek snížení emisí o 20 %, Evropská unie bude svůj závazek vůči Úmluvě či KP plnit v rámci společenství.

Snížení o 20 % odpovídá cíli formulovanému v příslušných předpisech EU přijatých v rámci tzv. klimaticko-ener-

getického balíčku z roku 2009. EU dokonce nabídla navyšení závazku až na 30 %, pokud by i ostatní velké světové ekonomiky přijaly přísnější závazek. Klimaticko-energetický balíček mimo jiné obsahuje směrnici novelizující a rozšiřující Evropský systém emisního obchodování (EU ETS). V květnu 2013 byl také přijat text nového nařízení Evropského parlamentu a Rady EU č. 525/2013 o mechanismu monitorování a vykazování emisí skleníkových plynů a podávání dalších informací na úrovni členských států EU, jímž se řídí Národní inventarizační tým při přípravě inventarizace emisí a propadů skleníkových plynů.

V prosinci 2015 proběhla COP 21 v Paříži. Očekávalo se dosažení celosvětově jednotné dohody (tzv. Pařížská dohoda) vztahující se společně na všechny smluvní strany s cílem udržet globální oteplování pod hranicí 2 °C. Každá ze zemí OSN musela za tímto účelem předložit plán na snižování emisí do roku 2030. Česká republika, prostřednictvím svého členství v Evropské Unii již plán předložila, a to na snížení emisí o 40 % oproti roku 1990.

2. ZÁSADY INVENTARIZACE EMISÍ SKLENÍKOVÝCH PLYNŮ

Aby bylo možné plnění závazků kontrolovat, byl vytvořen mechanismus každoroční inventarizace emisí skleníkových plynů. Všechny smluvní strany Úmluvy vykazují k 15. dubnu každoročně svou inventarizaci emisí a propadů skleníkových plynů. Aby EU jako jedna ze stran Úmluvy mohla k 15. dubnu také odeslat svou inventarizaci, potřebuje získat inventarizace od svých členských států v dřívějším termínu. Nařízením EU č. 525/2013, a před ním již rozhodnutím č. 280/2004/ES, jsou tak členským státům předepsány další dva termíny, a to 15. leden a 15. březen. K 15. lednu má inventarizace předběžnou podobu, některá potřebná data pro výpočty emisí nejsou totiž před tímto termínem k dispozici. Národní inventarizační zpráva (National Inventory Report – NIR) má k tomuto termínu zkrácenou podobu. Data vykázaná k 15. březnu už jsou ale považována za výsledná, a jejich další změny nejsou žádoucí. K 15. březnu je také EU odeslána detailní Národní inventarizační zpráva, která obsahuje popis všech postupů použitých v jednotlivých sektorech, stejně jako popis trendů a nastavení základních pilířů národního inventarizačního systému v České republice.

Aby bylo možno všechny tyto povinnosti naplnit, bylo třeba nastavit tzv. národní inventarizační systémy. Podle článku 5 Kjótského protokolu měla každá smluvní strana nejpozději do konce roku 2006 povinnost vybudovat plně funkční národní inventarizační systém (National Inventory System, NIS), který

musí být v souladu s pravidly, která byla přijata na Sedmé konferenci smluvních stran Rámcové úmluvy (usnesení 20/CP.7). Členské země EU jsou navíc vázány rozhodnutím Evropského parlamentu a Rady č. 280/2004/ES vybudovat NIS o rok dříve, takže v ČR byla implementace provedena již koncem roku 2005. K hlavním funkcím NIS patří provoz institucionálního, legislativního a procedurálního uspořádání potřebného k plnění všech nezbytných činností spojených s inventarizací skleníkových plynů. Zodpovědnost za správné fungování NIS nese v ČR Ministerstvo životního prostředí (MŽP), které pověřilo Český hydrometeorologický ústav (ČHMÚ) jako organizaci zodpovědnou za koordinaci přípravy inventarizace a požadovaných datových i textových výstupů.

3. METODIKA INVENTARIZACE EMISÍ SKLENÍKOVÝCH PLYNŮ

Metodika používaná pro inventarizace emisí skleníkových plynů byla vytvořena pracovní skupinou pro Národní inventarizace emisí skleníkových plynů (Task Force on National Greenhouse Gas Inventories, TFI) v rámci Mezivládního panelu klimatické změny (Intergovernmental Panel on Climate Change). Původně používaná metodika byla vydána roku 1996, resp. 1997 (IPCC 1997). Tato metodika ale neobsahovala metodické postupy pro všechny zdroje emisí a propadů skleníkových plynů, a tak byl v roce 2000 vydán dokument Good Practice Guidance (IPCC 2000). Tento metodický manuál obsahoval doplnění a rozšíření metodických postupů odhadů emisí skleníkových plynů pro některé specifické subkategorie. Následně byla vypracována aktualizovaná metodika IPCC 2006 Guidelines (IPCC 2006). Tato poslední a aktuálně platná metodika obsahuje detailní postupy pro odhady emisí a propadů skleníkových plynů pro všechny sektory, stejně tak jako pro odhady klíčových kategorií, nejistot a dalších povinných částí inventarizace.

Emise a propady emisí skleníkových plynů se určují dle původu vzniku ze specifických sektorů – Energetika, Průmyslové procesy a použití produktů, Zemědělství, Využití krajiny a změny ve využití krajiny a lesnictví a Odpady. V původní metodice z roku 1996, resp. 1997 byl sektor Průmys-

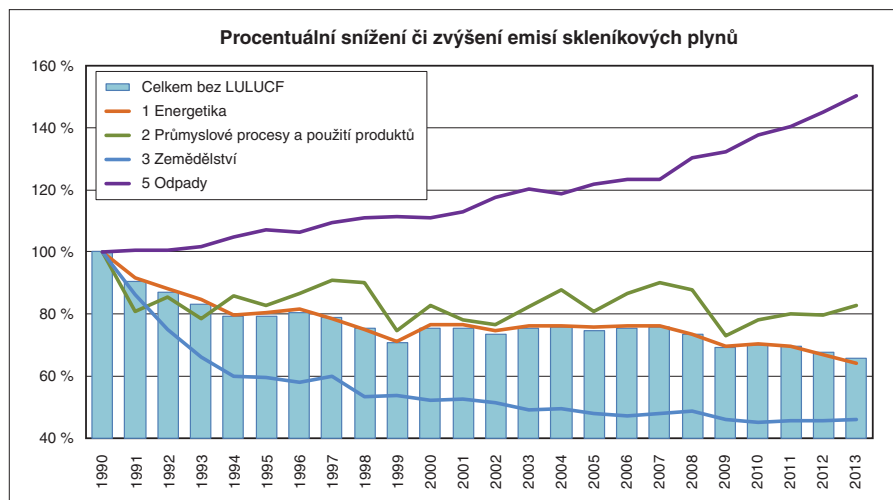
Tab. 1 Vývoj emisí a propadů skleníkových plynů v ČR, CO₂ eq. [kt].

Table 1. Trends of greenhouse gas emissions and sinks in the Czech Republic, CO₂ eq. [kt].

	CO ₂	CH ₄	N ₂ O	HFCs	PFCs	NF ₃	SF ₆	Celkové emise CO ₂ eq. [kt]		
								bez LULUCF	včetně LULUCF	
1990	161 700,15	21 181,49	10 600,22	NO				15,68	193 356,07	187 036,19
1991	146 084,41	19 519,16	9 162,02					15,60	174 671,89	165 639,37
1992	141 597,75	18 326,59	8 364,57					15,78	168 191,44	158 569,04
1993	135 616,44	17 470,23	7 444,25					15,95	160 419,50	151 274,45
1994	129 208,13	16 593,02	7 240,57					16,11	152 928,42	146 423,65
1995	129 784,76	16 304,41	7 422,64	0,23	0,01	NO	16,28	153 407,26	146 700,29	
1996	132 189,65	16 113,61	7 273,10	34,68	0,48	NO	25,19	155 483,37	148 365,22	
1997	128 537,94	15 728,14	7 951,03	99,06	1,58	NO	22,79	152 177,67	146 085,83	
1998	123 307,54	15 192,66	7 122,63	134,36	1,54	NO	21,37	145 634,04	139 266,93	
1999	114 947,67	14 575,85	6 978,86	148,10	0,83	NO	23,75	136 539,91	130 075,57	
2000	125 307,13	13 634,70	7 020,54	204,66	3,97	NO	37,93	146 084,02	138 968,89	
2001	124 967,12	13 325,83	7 092,23	309,36	7,79	NO	28,76	145 602,09	138 166,81	
2002	122 033,47	12 955,24	6 865,58	402,50	14,06	NO	49,88	142 182,99	134 850,49	
2003	125 590,29	12 950,73	6 593,61	511,65	6,99	NO	73,22	145 556,45	139 836,50	
2004	126 331,76	12 590,27	6 941,10	606,87	10,30	NO	50,53	146 374,47	140 258,24	
2005	124 040,97	12 989,43	6 773,64	706,22	11,83	NO	47,16	144 419,67	137 987,47	
2006	125 340,30	13 272,52	6 633,54	945,84	27,03	NO	30,83	146 066,99	142 124,52	
2007	126 337,27	12 862,67	6 622,75	1292,53	24,92	NO	24,37	146 929,37	145 724,80	
2008	121 212,68	12 965,64	6 648,23	1524,96	33,85	NO	25,06	142 222,65	137 456,38	
2009	113 369,49	12 557,92	6 196,98	1654,24	39,15	NO	28,97	133 686,63	127 650,88	
2010	115 033,97	12 761,89	5 986,84	1962,06	42,59	NO	15,00	135 633,72	130 330,63	
2011	113 284,33	13 055,92	6 090,35	2240,49	10,24	NO	21,11	134 622,33	127 625,63	
2012	109 011,19	13 180,88	6 028,60	2427,74	8,19	1,80	25,09	130 597,99	123 560,41	
2013	106 067,07	12 491,29	5 959,94	2666,73	5,88	3,82	28,98	127 143,93	120 402,15	
%	-34,41	-41,03	-43,78	100	100		84,91	-34,24	-35,63	

NO (not occurring), notační klíč používaný pro zdroje, které se v inventuře daného státu nevyskytují

slových procesů a použití produktů rozdělen na dva – Průmyslové procesy a Použití rozpuštědel a dalších produktů. Pro sektor Využití krajiny a změny ve využití krajiny a lesnictví byla ještě speciálně vyvinutá metodika Good Practice Guidance for Land Use, Land Use and Forestry v roce 2003 (IPCC 2003), a následně 2013 Supplement to the 2006 IPCC Guidelines for National Greenhouse Gas Inventories: Wetlands (IPCC 2013). Každý ze sektorů ještě obsahuje detailnější kate-



Obr. 1 Procentuální snížení či zvýšení emisí skleníkových plynů v sektorech.

Fig. 1. Percentage decrease or increase of greenhouse gas emissions by sector.

gorie, ze kterých vznikají emise skleníkových plynů. Je dobrou praxí vykazovat emise či propady na co nejnižší úrovni kategorií.

Metodický manuál z roku 2006 se pro inventarizaci emisí a propadů skleníkových plynů využívá od roku 2015, resp. pro inventarizaci, která vykazuje emise pro časovou řadu 1990–2013, tedy již zasahuje do druhého kontrolního období Kjótského protokolu.

Metodické manuály specifikují tři úrovně přesnosti výpočtů emisí, tzv. Tiers. Tier 1 využívá základní postup, a to pronásobení aktivitních dat, např. množství paliva nebo vyrobeného produktu a emisního faktoru, příp. dalších faktorů nutných pro výpočet v dané specifické kategorii. Emisní a další výpočtové faktory mohou být využívány buď standardně stanovené, dané metodikou, nebo přesnější, územně specifické. Tier 2 je již přesnější metoda, která využívá detailnějších dat, např. na úrovni specifického druhu výroby. Nejpřesnější úroveň výpočtu je Tier 3, kdy jsou dostupná data na úrovni jednotlivých zdrojů znečištění a emisní faktory specifické pro každý zdroj zvlášť. Zvýšení přesnosti nastává již s vývojem a používáním tzv. územně specifických emisních faktorů, což jsou emisní faktory, které odrážejí podmínky daného státu nebo území.

Inventarizaci emisí skleníkových plynů je třeba neustále zpřesňovat a vylepšovat. V tzv. plánu zlepšení se Národní inventarizační týmy zaměřují především na tzv. klíčové kategorie (key category). Jsou to takové kategorie, které mají významný podíl na celkových emisích státu v absolutních hodnotách, nebo v trendu emisí a propadů. Jejich podíl na celkových emisích státu je 95 %. Pro klíčové kategorie by měly být využívány vyšší úrovně přesnosti výpočtu, tedy Tier 2 nebo Tier 3.

Kvalita inventarizace je každoročně kontrolována jak ze strany EU, tak ze strany Sekretariátu Úmluvy. Během inspekce jsou kontrolovány výpočetní postupy ve všech kategoriích zvlášť, stejně tak jako celkové nastavení Národního inventarizačního systému, kontrolních mechanismů atd. V případě, že inspekční tým nalezne nesoulad s metodickými postupy, obdrží stát seznam tzv. potenciálních problémů, které specifikují daný nález. Konkrétní problémy je pak třeba vyřešit buď detailnějším vysvětlením, nebo přepočítáním emisí v dané kategorii. Na tuto opravu má tým inventarizace 6 týdnů. Oprava je pak posouzena inspekčním týmem a následně odsouhlasena, příp. dále diskutována. Po odsouhlasení změn, vytvoří inspekční tým

Tab. 2 Trend emisí skleníkových plynů v jednotlivých sektorech, CO₂ eq. [kt].

Table. 2. Trend of greenhouse gas emissions in sectors, CO₂ eq. [kt].

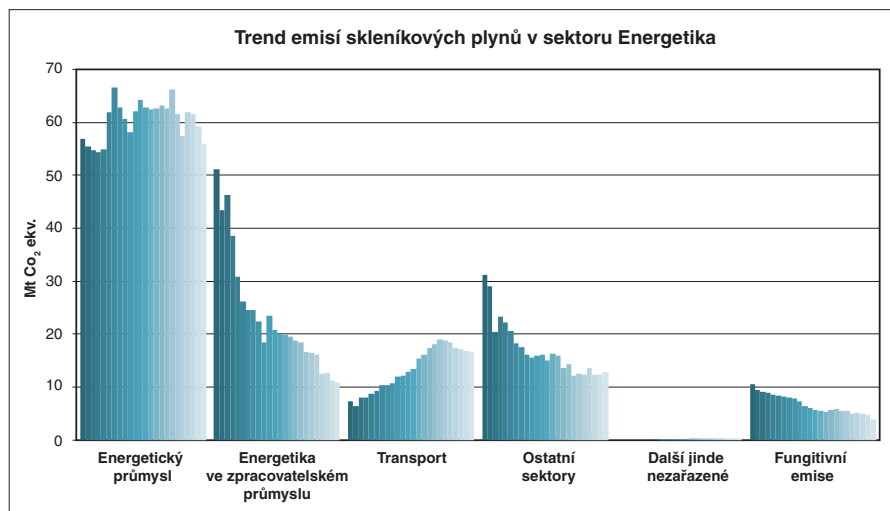
	1 Energetika	2 Průmyslové procesy a použití produktů	3 Zemědělství	4 LULUCF	5 Odpady
1990	157 253,80	17 062,33	15 820,23	-6 319,88	3 219,71
1991	143 943,16	13 803,05	13 676,07	-9 032,52	3 249,61
1992	138 488,70	14 566,60	11 887,20	-9 622,40	3 248,93
1993	133 253,99	13 410,41	10 476,81	-9 145,05	3 278,29
1994	125 394,25	14 648,84	9 490,24	-6 504,77	3 395,10
1995	126 404,83	14 137,56	9 403,36	-6 706,97	3 461,51
1996	128 143,87	14 744,45	9 158,28	-7 118,14	3 436,77
1997	123 670,88	15 471,44	9 503,11	-6 091,84	3 532,24
1998	118 215,63	15 380,73	8 444,79	-6 367,11	3 592,88
1999	111 752,79	12 691,88	8 494,12	-6 464,34	3 601,12
2000	120 169,81	14 079,47	8 248,24	-7 115,13	3 586,50
2001	120 354,31	13 280,52	8 312,59	-7 435,27	3 654,66
2002	117 199,66	13 022,75	8 159,39	-7 332,50	3 801,20
2003	119 863,72	14 031,87	7 769,86	-5 719,95	3 891,00
2004	119 716,75	14 961,43	7 857,43	-6 116,23	3 838,86
2005	119 132,44	13 769,33	7 573,95	-6 432,21	3 943,95
2006	119 818,79	14 763,45	7 496,10	-3 942,48	3 988,65
2007	119 972,53	15 353,71	7 604,54	-1 204,58	3 998,59
2008	115 308,90	14 975,06	7 712,44	-4 766,27	4 226,26
2009	109 681,39	12 430,82	7 293,19	-6 035,75	4 281,23
2010	110 727,68	13 305,09	7 137,90	-5 303,09	4 463,06
2011	109 201,85	13 650,36	7 218,74	-6 996,69	4 551,38
2012	105 069,02	13 579,87	7 237,88	-7 037,58	4 711,23
2013	100 876,57	14 122,69	7 263,34	-6 741,78	4 881,34
¹ %	-3,99 %	4,00 %	0,35 %	-4,20 %	3,61 %
² %	-35,85 %	-17,23 %	-54,09 %	6,68 %	51,61 %

¹ Porovnání vůči předchozímu roku (Difference relative to previous year)

² Porovnání vůči referenčnímu roku (Difference relative to base year)

report z inspekce (Report on the individual review of the annual submission). Zpráva obsahuje seznam nálezů a diskutovaných problémů během celé inspekce a následně obsahuje doporučení týkající se specifických problémů. Tato doporučení má inventarizační tým reflektovat ve svých dalších inventarizacích.

V rámci zpracování inventarizací emisí a propadů skleníkových plynů existuje několik typů inspekce. První z nich je kontrola tzv. ve státě (in-country review), kdy expertní tým inspektorů navštíví vybraný stát a během týdne dojde k detailní kontrole inventarizačních postupů, jak obecných ustanovení, tak ve specifických sektorech. Dalším typem inspekce je tzv. centralizovaná (centralised review), při které se expertní tým inspektorů schází v sídle sekretariátu Rámcové Úmluvy OSN o změně klimatu a během jednoho týdne provede kontrolu několika států, přičemž komunikace mezi kontrolovaným státem a týmem inspektorů probíhá korespondenčně použitím e-mailů. Posledním typem



Obr. 2 Trend emisí skleníkových plynů v sektoru Energetika, CO₂ eq. [kt].

Fig. 2. Trend of greenhouse gas emissions in the Energy sector, CO₂ eq. [kt].

je tzv. desk review, kdy inspektoři zůstávají na svých pracovištích a s expertním týmem jsou v kontaktu použitím e-mailu.

4. VÝSLEDKY INVENTARIZACE EMISÍ SKLENÍKOVÝCH PLYNŮ V ROCE 2015

V roce 2015 byla díky implementaci nové aktualizované metodiky přepočítána kompletní inventarizace ve všech sektorech. Rekalkulace byly provedeny pro celou časovou řadu, tedy pro období 1990–2013. Tab. 1 ukazuje vývoj emisí a propadů skleníkových plynů v celé časové řadě dle jednotlivých znečišťujících látek.

Z tab. 1 je vidět, že Česká republika své závazky stanovené Kjótským protokolem plní. Je patrné, že velký podíl na celkových emisích ČR má CO₂ následovaný CH₄. Emise skleníkových plynů jsou souhrnně posuzovány pomocí celkové, neboli agregované emise, která se vypočte jako součet emisí jednotlivých plynů vynásobených příslušnými konverzními koeficienty označovanými jako GWP (Global Warming Potential). Tyto koeficienty udávají, kolikrát je daný plyn z hlediska absorpce radiace účinnější, než oxid uhličitý. Svou úlohu však hraje také doba setrvávání daného plynu v atmosféře, která zvyšuje GWP tohoto plynu. Proto se rovněž udává časový horizont, ke kterému se hodnoty GWP jednotlivých plynů vztahují, standardně 100 let. Hodnoty GWP pro základní plyny a časový horizont 100 let jsou následující: pro CO₂ je hodnota GWP 1, pro CH₄ 25 a pro N₂O 298. Emise látek obsahujících fluór jsou v porovnání se základními plyny velmi malé, nicméně hodnoty jejich GWP jsou o 2–4 řády vyšší. Celková agregovaná emise, k níž se obvykle vztahují mezinárodní závazky, např. Kjótský protokol, se vyjadřuje ekvivalentním množstvím CO₂ (CO₂ eq.) stejného radiačně absorpčního účinku jako sumární množství všech emitovaných skleníkových plynů.

Největší podíl na emisích skleníkových plynů v ČR má sektor Energetiky, a to konkrétně kategorie Energetického průmyslu (Výroba elektřiny a tepla). Dominantnost této kategorie je názorně zobrazena na obr. 2. Tab. 2 zobrazuje trend emisí ve všech sektorech v CO₂ ekvivalentu v časové řadě 1990–2013. Je také vidět, že největší pokles nastal v sektoru Zemědělství. Naopak v sektoru Odpady došlo k výraznému nárůstu emisí.

Tab. 3 Dopady implementace metodiky IPCC 2006 Guidelines (IPCC 2006) na příkladu roku 2013.

Table 3. Implication of IPCC 2006 Guidelines (IPCC 2006) implementation, example for 2013.

Kategorie	CO ₂ eq. [kt]		Rozdíl CO ₂ eq.	
	2014	2015	[kt]	[%]
Celkové národní emise a propady	122 032,63	122 858,85	826,22	1%
1. Energetika	107 090,06	100 876,57	-6 213,50	-6%
A. Spalování paliv	103 013,82	96 887,22	-6 126,60	-6%
1. Energetické průmysly	57 413,37	55 919,61	-1 493,75	-3%
2. Zpracovatelský průmysl a stavebnictví	16 602,53	11 017,60	-5 584,94	-34%
3. Transport	16 908,61	16 649,55	-259,06	-2%
4. Ostatní sektory	10 970,03	12 991,03	2 021,00	18%
5. Ostatní	1 119,28	309,43	-809,85	-72%
B. Fugitivní emise z paliv	4 076,24	3 989,34	-86,90	-2%
1. Pevná paliva	3 525,72	3 354,91	-170,81	-5%
2. Ropa a zemní plyn	550,53	634,43	83,91	15%
C. CO ₂ , transport a uložení	nereportováno	NO	NA	NA
2. Průmyslové procesy a použití produktů	9 914,06	14 122,69	4 208,63	42%
A. Zpracování nerostných surovin	3 490,11	2 156,01	-1 334,10	-38%
B. Chemický průmysl	1 119,67	1 878,80	759,13	68%
C. Hutnický průmysl	5 304,28	7 058,16	1 753,88	33%
D. Neenergetické využití produktů z paliv a použití rozpouštědel	455,57	100,80	-354,77	-78%
G. Ostatní zpracování a využití produktů	NA	239,92	NA	NA
H. Ostatní	NA	NO	NA	NA
3. Zemědělství	8 058,37	7 263,34	-795,03	-10%
A. Enterická fermentace	2 026,88	2 412,48	385,60	19%
B. Hospodaření s hnojem	1 130,54	1 758,86	628,32	56%
C. Pěstování rýže	NO	NO	NA	NA
D. Hospodaření s půdou	4 900,95	2 955,69	-1 945,26	-40%
E. Řízené vypalování savan	NO	NO	NA	NA
F. Vypalování zemědělských zbytků	NO	NO	NA	NA
G. Vápnění	nereportováno	135,50	NA	NA
H. Aplikace močoviny	nereportováno	0,81	NA	NA
I. Ostatní aplikace uhlíkatých hnojiv	nereportováno	NO	NA	NA
J. Ostatní	NA	NO	NA	NA
4. Využívání území, změny ve využívání území a lesnictví	-7 251,97	-6 741,78	510,19	-7%
A. Lesní půda	-7 255,03	-7 403,47	-148,44	2%
B. Orná půda	180,92	74,50	-106,42	-59%
C. Trvalé travní porosty	-301,68	-322,01	-20,33	7%
D. Mokřady a vodní plochy	24,55	29,38	4,83	20%
E. Zastavěná území	99,26	83,16	-16,10	-16%
F. Ostatní území	NA,NO	NO	NA	NA
G. Produkty ze dřeva	nereportováno	791,82	NA	NA
H. Ostatní	0,01	nereportováno	NA	NA
5. Odpady	3 766,54	4 881,34	1 114,80	30%
A. Skládání odpadů	2 769,96	3 324,45	554,49	20%
B. Biologické zpracování odpadů	nereportováno	585,17	NA	NA
C. Spalování a otevřené hoření odpadů	210,77	178,86	-31,91	-15%
D. Čištění odpadních vod	785,81	792,86	7,05	1%
E. Ostatní	NA	NO	NA	NA

NO (not occurring), notační klíč používaný pro zdroje, které se v inventuře daného státu nevyskytují

NA (not applicable), notační klíč používaný pro označení emisí ze zdrojů, které se v inventuře daného státu nevyskytují

Graficky jsou poklesy a nárůst emisí v sektoru Odpady zobrazeny na obr. 1, který ukazuje index poklesu, resp. nárůstu emisí v CO₂ ekvivalentu v časové řadě.

5. PROBLÉMY S IMPLEMENTACÍ NOVÉ METODIKY

Metodika IPCC 2006 Guidelines přinesla mimo jiné i odlišnou kategorizaci v jednotlivých sektorech. Emisní a další výpoč-

tové faktory byly taktéž aktualizovány, stejně tak jako potenciály ohřevu, kde došlo ke změnám, které ovlivňují výslednou úroveň emisí vyjádřenou v CO₂ ekvivalentu. V nové metodice přibýlo několik nových kategorií, např. aplikace močoviny v Zemědělství. Došlo také k rozšíření kategorie chemického průmyslu (kategorie 2.B) a převedení sektoru 3 Použití rozpouštědel a produktů do kategorie 2.D Neenergetické využití paliv a použití rozpouštědel. Změnil se přístup ve vykazování neenergetického využívání paliv v Energetice, kdy se množství neenergeticky využitých paliv převádí kompletně do specifických sektorů v rámci aplikace v průmyslu. K rekalkulacím došlo ve všech sektorech, ať už z důvodů nových kategorií, realokací emisí do jiných kategorií, nebo aktualizace emisních a výpočtových faktorů. Tyto rozsáhlé rekalkulace vyžadovaly rozsáhlé kontrolní procedury, které zajistí, že inventarizace není ani podhodnocená, ani nadhodnocená. To se týká jak jednotlivých sektorů, tak výsledných souhrnných kontrolních procedur. Tab. 3 ukazuje rozdíl mezi inventarizací pro rok 2013 odeslanou v roce 2014 dle metodiky Revised 1997 Guidelines (IPCC 1997), a inventarizací odeslanou v roce 2015 dle metodiky IPCC 2006 Guidelines (IPCC 2006). Z tabulky jsou patrné jak kategorie, které nebyly v daném roce vykázány, tak rozdíl mezi vykázanými emisemi v CO₂ ekvivalentu a procentuální pokles či nárůst emisí v kategoriích.

Nové kategorizaci bylo také třeba přizpůsobit i software pro podávání zpráv, který je následně použit pro export oficiální inventarizace. V oficiální inventarizaci jsou všechna data z jednotlivých sektorů načtena do sumárních hodnot jednak dle kategorií, jednak kompletně jako suma emisí na celý stát. Sumy jsou vypočteny jak za jednotlivé plyny, tak v CO₂ ekvivalentu. Nový software musí kromě jiných vlastností tedy obsahovat i aktualizované GWP. Naneštěstí došlo ke zdržení vývoje tohoto softwaru, tudíž byl celý proces inventarizace v roce 2015 opožděn, a výsledná inventarizace v rámci Úmluvy byla odeslána k 15. listopadu 2015.

Členské státy EU mají ale i svůj specifický závazek vůči Evropské komisi, tudíž na úrovni EU bylo rozhodnuto, že členské státy pošlou své inventarizace ekvivalentní inventarizacím k 15. lednu v termínu 29. června. Ne všechny státy EU tak učinily, nicméně ČR tento požadavek splnila. ČR taktéž splnila požadavek na odeslání inventarizace ekvivalentní inventarizaci běžně odesílané v březnu, kdy v roce 2015 byla tato odeslána 30. října. Oficiální termín odeslání v rámci povinností vyplývajících z Úmluvy, 15. listopad, byl ze strany ČR taktéž dodržen.

6. ZÁVĚR

Jak je již uvedeno v úvodu, provádění inventarizace emisí a propadů skleníkových plynů je povinností států, které přistoupily k Rámcové Úmluvě OSN o změně klimatu. Státy, které následně ratifikovaly Kjótský protokol, pak mají povinnost snižovat své emise skleníkových plynů vůči referenčnímu roku. Jak se ale ukazuje, inventarizace je třeba provádět i ve státech rozvojových a méně ekonomicky vyspělých. V takových státech totiž mnohdy dochází k nezanedbatelné produkci emisí skleníkových plynů. Od konference smluvních stran Úmluvy, která se v roce 2015 konala v Paříži, se očekávalo uzavření komplexní dohody, která by ve svých požadavcích zahrnovala právě i rozvojové státy. Takové začlenění ekonomicky nevyspělých států do celosvětového procesu inventarizací je důležité pro další vývoj klimatu, jak z odborného, tak politického hlediska. Pařížská konference je považována za úspěšnou, jelikož 195 přítomných států světa odsouhlasilo uzavření nové celosvětové klimatické dohody.

Literatura:

- ČHMÚ, 2015. National Inventory Report [online]: Český hydro-meteorologický ústav [cit. 16. 11. 2015]. Dostupné z WWW: http://unfccc.int/national_reports/annex_i_ghg_inventories/national_inventories_submissions/items/8812.php
- EU, 2013. Regulation (EU) No 525/2013 of the European Parliament and of the Council of 21 May 2013 on a mechanism for monitoring and reporting greenhouse gas emissions and for reporting other information at national and Union level relevant to climate change and repealing Decision No 280/2004/EC. [online]. [cit. 11. 11. 2015]. Dostupné z WWW: <http://eur-lex.europa.eu/LexUriServ/LexUriServ.do?uri=OJ:L:2013:165:0013:0040:en:PDF>
- IPCC, 1997. Revised 1996 IPCC Guidelines for National Greenhouse Gas Inventories, Vol. 1–3. [online]. [cit. 7. 10. 2015]. Dostupné z WWW: <http://www.ipcc-nggip.iges.or.jp/public/gl/invv1.html>.
- IPCC, 2000. Good Practice Guidance and Uncertainty Management in National GHG Inventories [online]. [cit. 8. 11. 2015]. Dostupné z WWW: <http://www.ipcc-nggip.iges.or.jp/public/gp/english/index.html>.
- IPCC, 2003 Good Practice Guidance for Land Use, Land Use and Forestry [online]. [cit. 11. 11. 2015]. Dostupné z WWW: <http://www.ipcc-nggip.iges.or.jp/public/gpglulucf/gpglulucf.html>.
- IPCC, 2006. 2006 IPCC Guidelines for National Greenhouse Gas Inventories, Vol. 1–5 [online]. [cit. 10. 11. 2015]. Dostupné z WWW: <http://www.ipcc-nggip.iges.or.jp/public/2006gl/index.html>.
- IPCC, 2013. Supplement to the 2006 IPCC Guidelines for National Greenhouse Gas Inventories: Wetlands [online]. [cit. 11. 11. 2015]. Dostupné z WWW: <http://www.ipcc-nggip.iges.or.jp/public/wetlands/index.html>.
- UNFCCC, 2001. Decision 20/CP.7. Guidelines for national systems under Article 5, paragraph 1, of the Kyoto Protocol [online]. [cit. 11. 11. 2015]. Dostupné z WWW: <http://unfccc.int/resource/docs/cop7/13a03.pdf>.
- UNFCCC, 2005. Decision 14/CP.11. Tables of the common reporting format for land use, land-use change and forestry [online]. [cit. 10. 11. 2015]. Dostupné z WWW: <http://unfccc.int/resource/docs/2005/cop11/eng/05a02.pdf#page=2>.
- UNFCCC, 2005. Decision 13/CMP.1. Modalities for the accounting of assigned amounts under Article 7, paragraph 4, of the Kyoto Protocol [online]. [cit. 11. 11. 2015]. Dostupné z WWW: <http://unfccc.int/resource/docs/2005/cmp1/eng/08a02.pdf>.
- UNFCCC, 2005. Decision 15/CMP.1. Guidelines for the preparation of the information required under Article 7 of the Kyoto Protocol [online]. [cit. 11. 11. 2015]. Dostupné z WWW: <http://unfccc.int/resource/docs/2005/cmp1/eng/08a02.pdf>.
- UNFCCC, 2011. Decision 2/CMP.7. Land use, land-use change and forestry. [online]. [cit. 11. 11. 2015]. Dostupné z WWW: <http://unfccc.int/resource/docs/2011/cmp7/eng/10a01.pdf>.
- UNFCCC, 2013. Decision 4/CP.19. Revision of the UNFCCC reporting guidelines on annual inventories from Parties included in Annex I to the Convention [online]. [cit. 10. 11. 2015]. Dostupné z WWW: <http://unfccc.int/resource/docs/2013/cop19/eng/10a01.pdf>.
- UNFCCC, 2014. Decision 13/CP.20. Guidelines for the technical review of information reported under the Convention related to greenhouse gas inventories, biennial reports and national communications by Parties included in Annex I to the Convention [online]. [cit. 11. 11. 2015]. Dostupné z WWW: <http://unfccc.int/resource/docs/2014/cop20/eng/10a03.pdf>.

Lektoři (Reviewers): RNDr. Jan Pretel, CSc., Ing. Pavel Fott, CSc.

NÁSTROJE ČHMÚ PRO PŘEDPOVĚDI SILNÉ KONVEKCE A VYDÁVÁNÍ VÝSTRAH

František Šopko, Český hydrometeorologický ústav, Na Šabatce 2050/17, 143 00 Praha 4, sopko@chmi.cz

Tools used for severe convection forecasting and warning issuance at CHMI. The sophisticated software, Visual Weather, that is used in operations at the Central and six Regional Forecasting Offices of the Czech Hydrometeorological Institute since 2007 has provided a great number of outputs, especially from the numerical weather prediction models including the Aladin and ECMWF models. The article is aimed at tools used for severe convection forecasting and warning issuance. It describes important outputs, including thunderstorm parameters. Their computations and display in the Visual Weather software enable increased success rates for thunderstorm forecasts and warning issuance information. Further important tools for visualization radar and satellite images are JSMeteoView and JSMMSGView, also mentioned in this article.

KLÍČOVÁ SLOVA: Systém integrované výstražné služby – předpovědi bouřek – Visual Weather – model předpovědní numerický – JSMeteoView

KEYWORDS: Integrated Warning Service System – thunderstorm forecasting – Visual Weather – numerical weather prediction model – JSMeteoView

1. ÚVOD

Jedním ze základních úkolů ČHMÚ je vydávání meteorologických předpovědí a výstražných informací o nebezpečných meteorologických a povodňových jevech jak pro veřejnost, tak pro nejrůznější uživatele z oblasti státní správy, zimní údržby silnic a dálnic, energetiky, plynárenství, zemědělství, stavebnictví apod. Velký důraz je kladen nejen na zvyšování kvality samotných předpovědí počasí, ale zejména na zlepšování předpovědí nebezpečných jevů. Hlavním cílem článku je ukázat nejdůležitější nástroje, které předpovědní pracoviště ČHMÚ používají pro předpovědi silné konvekce a vydávání výstrah. A popsat jejich využití v procesu tvorby a vydávání výstrah.

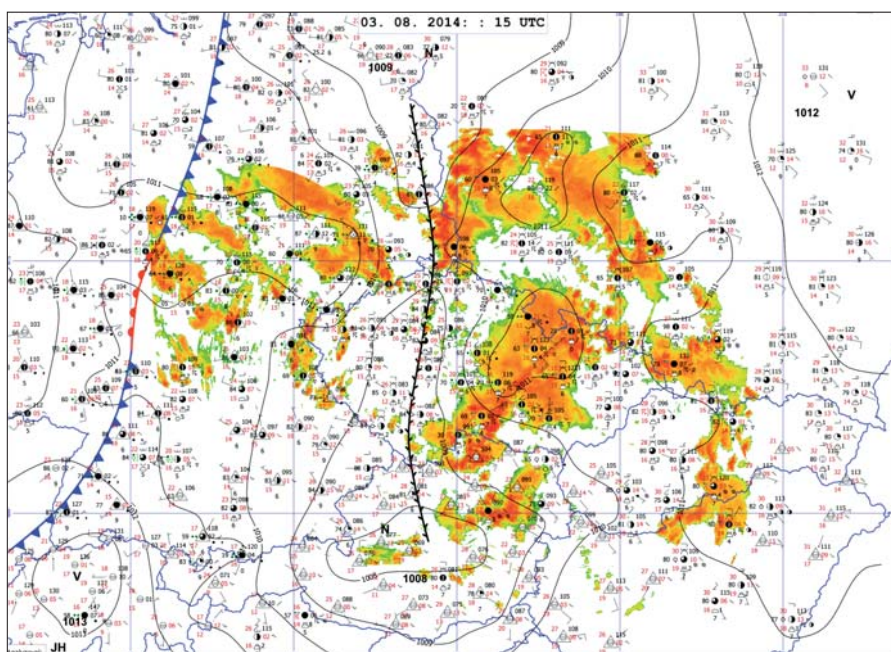
Meteorologické předpovědi jsou vydávány jak na centrálním předpovědním pracovišti v Praze, tak i na šesti regionálních předpovědních pracovištích. Dvakrát denně tato pracoviště prostřednictvím telefonické konference konzultují a koordinují vydávané předpovědi i výstražné informace. Je-li třeba, zejména v případě výskytu nebezpečných jevů, jsou prováděny i nepravidelné konzultace. Výstražné informace v rámci Systému integrované výstražné služby (SIVS) vydává jen centrální předpovědní pracoviště ČHMÚ, a to po konzultaci s regionálními předpovědními pracovišti ČHMÚ. Vzhledem k tomu, že výstražná služba ČHMÚ je společná pro ČHMÚ a armádu ČR, je vydání výstražné informace konzultováno i s meteorologickou službou armády ČR.

2. SYSTÉM INTEGROVANÉ VÝSTRAŽNÉ SLUŽBY ČHMÚ

V rámci Systému integrované výstražné služby jsou na centrálním předpovědním pracovišti ČHMÚ v Praze-Komořanech vydávány výstrahy na celkem 8 skupin nebezpečných jevů, z nich některé se mohou vyskytovat celoročně, jiné se vyskytují jen v zimní polovině roku (sněhové a ledové jevy), jiné převážně v letní polovině roku

(bouřkové jevy a nebezpečí vzniku požárů). Vzhledem k různorodosti jednotlivých jevů je pro jejich předpověď potřeba různých meteorologických podkladů v podobě tabulek, diagramů a zejména map. Tento článek popisuje, jaké nástroje a podklady používají meteorologové ČHMÚ pro předpovídání bouřek a jejich projevů, které patří k nejobtížněji předpovídaným jevům.

Výstražné informace jsou po jejich vydání distribuovány nejrůznějším uživatelům, ale jsou také automaticky zobrazovány na internetových stránkách ČHMÚ a na stránkách Meteolarmu (www.meteolarm.eu) společenství evropských meteorologických služeb EUMETNET, na kterých jsou jednotnou formou prezentovány výstrahy vydávané jednotlivými národními meteorologickými službami evropských zemí až do úrovně regionů. Jevy s nízkým stupněm nebezpečí jsou uvedeny žlutou barvou, s vysokým stupněm nebezpečí oranžovou barvou a extrémním stupněm nebezpečí červenou barvou. Zelená barva značí, že pro dané území a zvolený den příslušná národní meteorologická služba výstrahu nevydala (neočekává nebezpečí). Je



Obr. 1 Analýza přízemní synoptické situace ve střední Evropě.

Fig. 1. Analysis of the surface synoptic situation in Central Europe.

tedy před vydáním výstražné informace nutno předpovědět nejen území, na kterém se nebezpečné jevy budou vyskytovat a období jejich výskytu, ale i jejich vývoj a intenzitu. A ty mohou být různé v různých oblastech republiky.

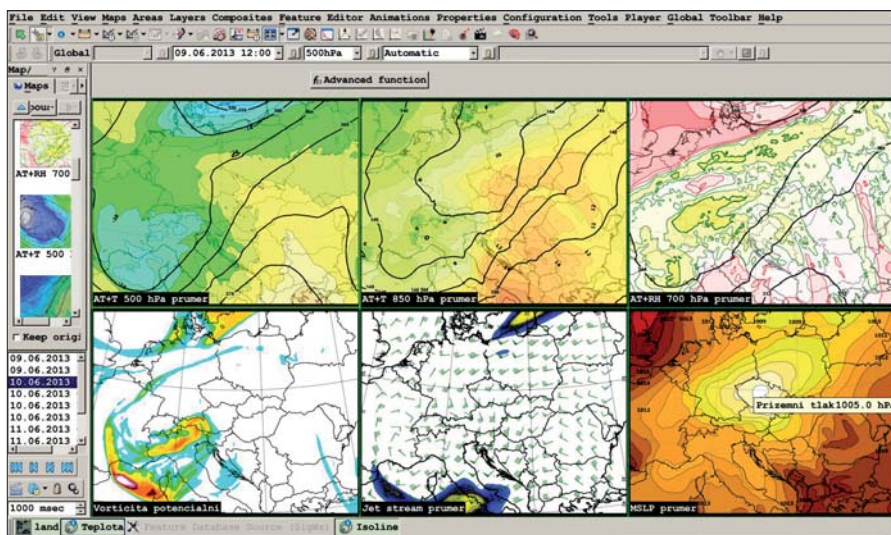
3. VISUAL WEATHER

Základním nástrojem pro centrální i regionální předpovědní pracoviště ČHMÚ se stalo sofistikované zobrazovací a editační prostředí Visual Weather firmy IBL Software Engineering, které je v rámci předpovědních pracovišť ČHMÚ používáno od roku 2007. Jedná se o moderní nástroj, jehož značný potenciál spočívá v možnosti kombinování nejrůznějších podkladů, což má význam mimo jiné i při náročné předpovědi silné konvekce a při rozhodování o vydání výstrah na nebezpečné jevy. V tomto prostředí jsou zobrazována měření z meteorologických stanic v ČR i v zahraničí, do přízemních map meteorolog zakresluje frontální analýzy a je zde zobrazováno značné množství výstupů ze šesti numerických předpovědních modelů, včetně modelu Aladin provozovaného v ČHMÚ, a modelu Evropského centra pro střednědobé předpovědi počasí (ECMWF). Dále jsou zde zobrazovány i aerologické výstupy, některá radarová a družicová měření, měření ze silničních meteorologických stanic a další data. Součástí nástroje Visual Weather je tzv. Message Editor, který zároveň slouží pro editaci a vydávání předpovědi počasí v různých podobách (slovní předpovědi, předpovědi formou ikon, speciální předpovědi) pro nejruznější uživatele. V současné době se v rámci softwaru Visual Weather dokončuje nová aplikace pro vydávání hydrometeorologických výstrah SIVS a informací Smogového varovného a regulačního systému (SVRS) a jejich zobrazování.

Prostředí Visual Weather umožnilo podstatně rozšířit množství výstupů, zejména z numerických předpovědních modelů, které jsou pro zkvalitnění předpovědi a výstražné služby stále ve větší míře používány. Kromě základních výstupů, jako jsou předpovědi tlakových a teplotních polí a polí vlhkosti v různých hladinách (obr. 1 a 2), umožňuje i tvorbu výstupů, které se neobejdou bez dalších výpočtů, jako např. výpočty sřihu větru, bouřkových indexů a dalších často poměrně složitých parametrů.

4. PARAMETRY PRO PŘEDPOVĚDI BOUŘEK

Nejvíce speciálních výstupů pro účely výstražné služby bylo vytvořeno pro předpovědi bouřek a jejich doprovodných jevů, tj. přívalových srážek, krupobití a nárazů větru, příp. i bleskové aktivity. Ne vždy se všechny tyto jevy v bouřkách



Obr. 2 Předpovědi základních meteorologických polí z modelu Aladin v prostředí Visual Weather.

Fig. 2. Basic meteorological field predictions from the Aladin model displayed on the Visual Weather station.

Seznam prvků a hodnot pro předpovědi bouřek a jejich doprovodných jevů pro Českou republiku (hodnoty od -do)																											
Datum: 03.08.2014																											
Předpověď na den/noč	12				15				18				21				0				3						
	ALAD	EMBE	ECMWF	GFS	ALAD	EMBE	ECMWF	GFS	ALAD	EMBE	ECMWF	GFS	ALAD	EMBE	ECMWF	GFS	ALAD	EMBE	ECMWF	GFS	ALAD	EMBE	ECMWF	GFS			
labilita	MLCAPE (J/kg)	65.24	99.12	78.3	19.02	28.154	2.560	105.11	145.181	70.710	250.489	341.7	706.175	150.140	20.167	0.185	82.812	0.144	46.214	67.183	36.327	0.181	26.725	14.369	0.241		
	MLCAPE (J/kg)	78.118	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---		
	LJ (K)	4.84	11	19.16	149.26	7.974	140.7	17.71	140.431	401.46	7.93	140.12	140.431	140.431	140.431	140.431	140.431	140.431	140.431	140.431	140.431	140.431	140.431	140.431	140.431		
	SI (K)	1.952	1.493	1.493	1.493	1.493	1.493	1.493	1.493	1.493	1.493	1.493	1.493	1.493	1.493	1.493	1.493	1.493	1.493	1.493	1.493	1.493	1.493	1.493	1.493	1.493	
	gratf 500-850 hPa (K km)	6.7	6.7	6.7	6.7	6.7	6.7	6.7	6.7	6.7	6.7	6.7	6.7	6.7	6.7	6.7	6.7	6.7	6.7	6.7	6.7	6.7	6.7	6.7	6.7	6.7	
stř. větry	CIN (J/kg)	0.125	1.81	5.138	0.6	0.257	7.81	6.129	0.7	0.301	5.83	2.96	3.45	0.269	0.127	0.89	22.120	0.249	0.170	0.129	51.226	0.204	0.172	0.104	17.213	---	
	Sřih 0-6 km (m/s)	0.13	0.10	1.10	1.9	0.16	1.10	2.10	1.9	0.18	2.4	1.9	2.4	1.19	1.8	1.7	0.9	0.13	1.13	2.10	0.8	1.11	1.14	2.9	1.9	---	
	Sřih 0-3 km (m/s)	0.15	0.9	0.9	0.8	0.19	0.7	0.8	0.12	0.21	0.8	1.10	0.11	0.17	0.8	0.12	0.11	0.11	0.8	0.10	0.10	0.10	0.7	2.9	0.8	---	
	Sřih 0-1 km (m/s)	0.9	0.3	0.8	0.4	0.11	0.4	0.8	0.6	0.11	0.6	0.9	0.7	0.81	0.8	0.12	1.7	0.8	0.6	0.9	0.7	0.7	0.6	0.8	0.6	---	
	SŘEH 0-3 km (m/s²)	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---
providita	SWIFAT	97.366	108.305	122.297	178.306	89.337	134.296	101.260	182.342	42.306	122.329	118.234	132.337	63.291	130.354	112.274	106.260	96.256	137.363	134.290	119.236	104.230	134.346	116.251	115.253	---	
	Nízkooblakovitost jen 850 hPa (m/s)	0.15	0.11	1.11	1.10	0.16	1.10	0.12	0.12	0.15	0.10	0.12	1.11	0.16	0.9	1.12	0.11	0.13	0.9	2.11	0.10	1.11	1.7	2.10	1.4	---	
	Jet stream 250 hPa (m/s)	1.12	2.82	3.47	3.11	3.16	3.11	3.14	3.11	3.21	3.13	2.13	3.11	3.20	3.13	3.14	3.12	3.22	3.14	3.18	4.13	4.16	3.16	3.17	4.16	---	
	Vektor polohy bouřek (m/s)	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---
	Vzrostláka konf. hl. - VKH (m)	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---
providita	Hloubka teplot (foc oblačn. km)	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	
	Sundhvací poměr (g/kg)	0.18	30.36	30.36	---	0.18	31.37	32.46	---	30.37	32.37	34.36	---	32.36	33.37	34.37	---	32.36	33.37	34.37	---	32.36	33.37	34.37	---	---	
	Relativní vlhkost 850 hPa (%)	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	
	Sřezková voda (mm)	32.48	30.44	30.44	27.35	32.51	33.43	35.46	28.36	30.36	37.46	36.46	27.35	30.46	36.46	36.44	27.35	32.42	33.43	37.43	28.35	32.42	33.43	39.43	28.35	---	
	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---

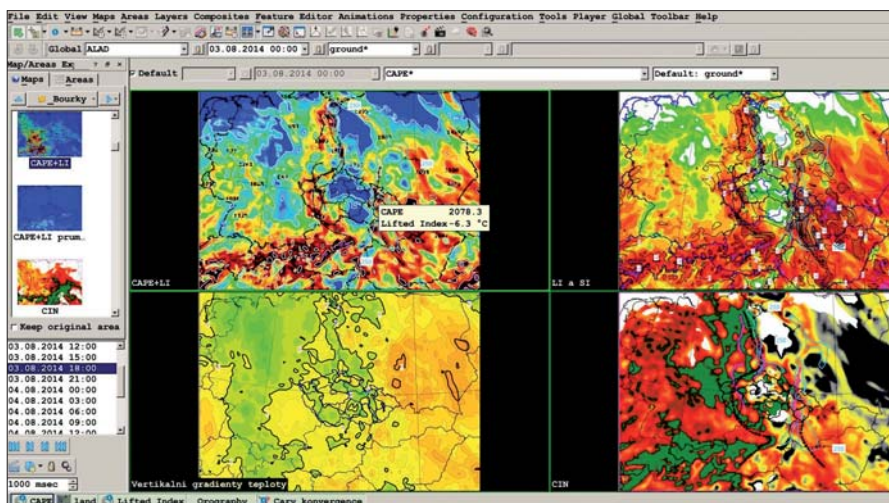
Obr. 3 Předpověď parametrů pro předpovědi bouřek a jejich doprovodných jevů pro ČR ze čtyř numerických modelů v tabulkové podobě ve tříhodinovém časovém kroku.

Fig. 3. Thunderstorm parameter predictions from four numerical models on a three-hour time increment, used for thunderstorm forecasting.

vyskytnou současně, někdy jsou dominantní přívalové srážky, jindy nárazy větru nebo i intenzivní krupobití. Jen v některých případech se vyskytnou ve velké intenzitě všechny tři jevy najednou. Předpověď důležitých parametrů v tabulkové formě pro předpovědi bouřek ve tříhodinovém časovém kroku, jak je mají meteorologové denně k dispozici pro aktuální a následující den, ukazuje obr. 3. Tyto tabulky slouží pro rychlý přehled a jsou k dispozici jak pro celou ČR, tak pro jednotlivé regiony. Zabarvení políček má vztah ke stupni nebezpečí projevu bouřek.

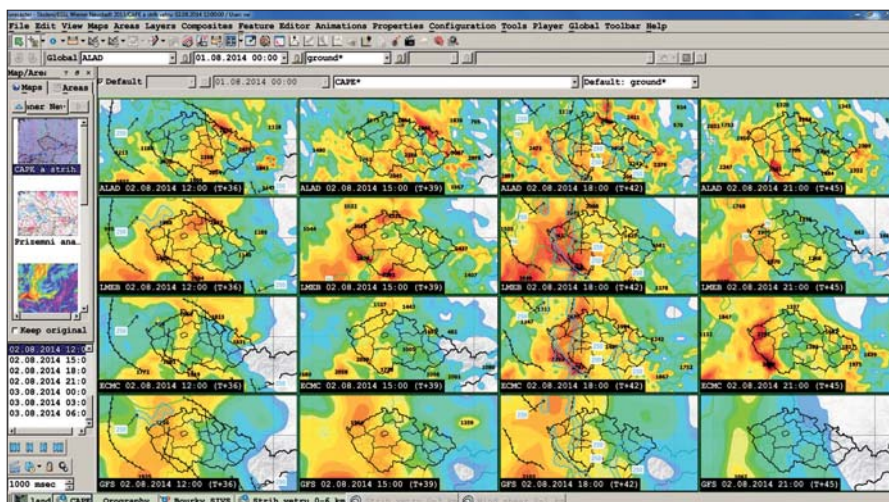
Pro detailní studium lability vzduchové vrstvy, sřihu větru a dalších parametrů prostředí, jak jsou v tabulce rozděleny, byly v prostředí Visual Weather vytvořeny speciální mapové výstupy.

Pro vznik mohutných bouřkových oblaků je nutné, aby výstupné a kompenzující sestupné proudy vzduchu v atmosféře zasáhly většinu nebo celou troposféru. To vyžaduje dostatečnou labilitu vzduchové hmoty, kterou lze posuzovat nejen na základě aktuálních aerologických výstupů, ale i na základě bouřkových indexů, jako jsou např. CAPE (Convective



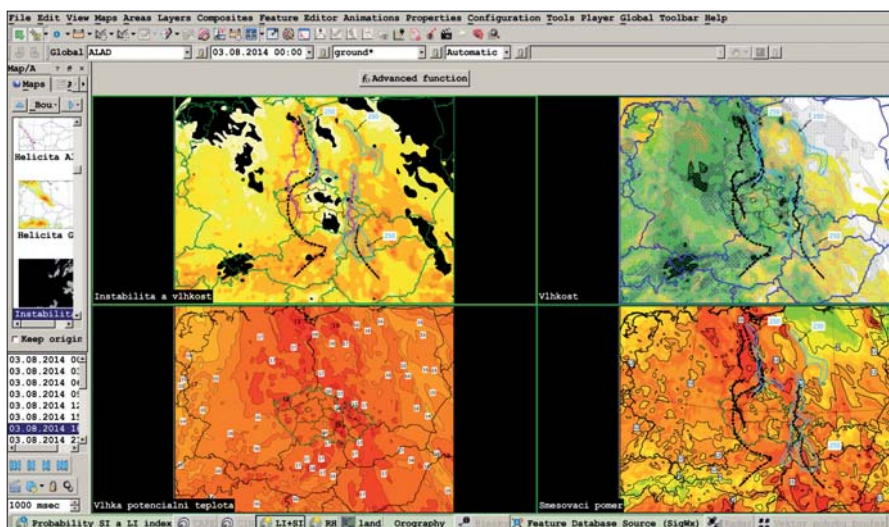
Obr. 4 Předpověď bouřkových indexů z modelu Aladin v prostředí Visual Weather.

Fig. 4. Thunderstorm indices prediction from the Aladin model displayed at the Visual Weather station.



Obr. 5 Předpověď CAPE a střihu větru ve výšce 0–6 km ze čtyř numerických modelů pro čtyři předpovědní termíny.

Fig. 5. CAPE and wind shear 0–6 km prediction from four numerical models for four times.



Obr. 6 Předpověď instability a vlhkosti z modelu Aladin v prostředí Visual Weather.

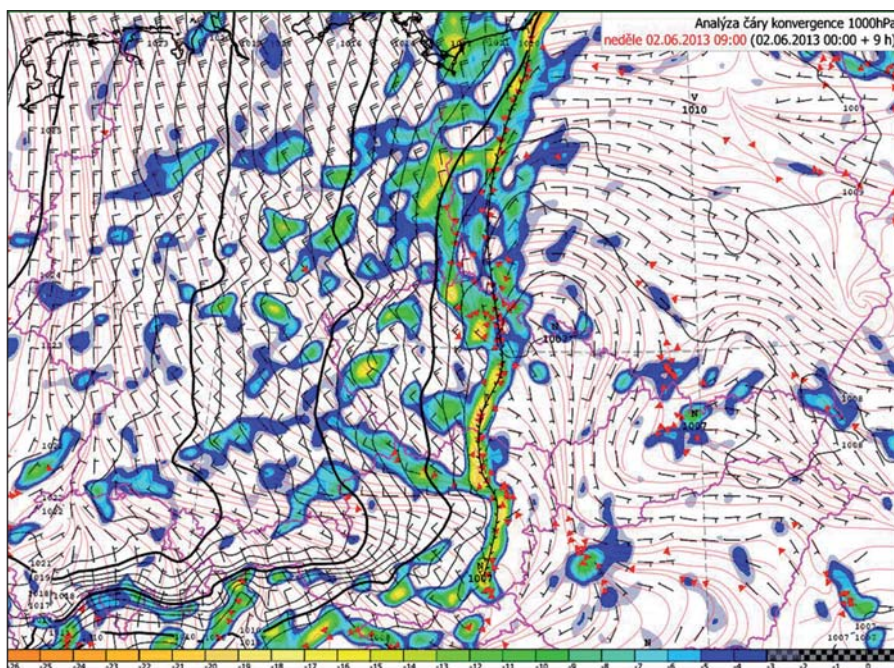
Fig. 6. Instability and humidity prediction from the Aladin model displayed at the Visual Weather station.

Available Potential Energy), Lifted Index (LI), Showalter Index (SI). Dosahují-li tyto indexy limitních hodnot, mohou vzniknout při současném splnění dalších podmínek, zejména dostatečné vlhkosti vzduchu, velmi intenzivní bouřky se silnými a nebezpečnými doprovodnými jevy. CIN (Convective Inhibition) naopak zohledňuje existenci zádržné vrstvy v atmosféře bránící rozvoji konvektivních pohybů. Obr. 4 ukazuje možný způsob zobrazení těchto indexů z modelu Aladin v prostředí Visual Weather tak, jak je má meteorolog k dispozici.

Dalším důležitým prvkem je střih větru v různých vrstvách atmosféry, zejména v rozsahu do 6 km. S rostoucím střihem větru ve vrstvě mezi zemí a 6 km výšky narůstá možnost vzniku organizované konvekce a mnohobuněčných a supercelárních bouřek. Vysoké hodnoty střihu větru jsou předpokladem vývoje bouřek provázených silnými nárazy větru, které mohou působit i značné škody. Předpověď kombinace CAPE a střihu větru ze čtyř numerických modelů ukazuje obr. 5.

Další parametry charakterizují samotné prostředí vzduchové hmoty. Sem můžeme zařadit zejména vlhkostní parametry a směšovací poměr (obr. 6), polohu tryskového proudění (jet streamu) a srážkovou vodu. Ta ukazuje kolik vlhkosti je ve sloupci atmosféry nad daným místem. Čím je hodnota srážkové vody vyšší, tím je pravděpodobnější vysoký úhrn srážek v bouřce. Nebezpečí vysokých srážkových úhrnů roste při pomalém pohybu bouřek, který je indikován nízkým vektorem jejich pohybu. Naopak, při rychle postupujících bouřkách (vysoká hodnota vektoru pohybu bouřek), nestačí na daném místě vypadnout velké množství srážek, ale tyto bouřky jsou častěji doprovázeny silnými nárazy větru.

Na základě těchto parametrů lze předpovědět, jak budou bouřky intenzivní, zda se v nich mohou vyskytnout přívalem deště s vysokými úhrny srážek vedoucím až k vyhlížení vody v potocích a řekách z koryt, zda hrozí silné nárazy větru nebo krupobití. Meteorolog má v prostředí Visual Weather mož-



Obr. 7 Zakreslení čáry konvergence v prostředí Visual Weather.

Fig. 7. Analysis of the convergence line at the Visual Weather station.

nost zapínat či vypínat jednotlivé vrstvy pro lepší studium možnosti vzniku a dalšího rozvoje silných konvektivních jevů.

Samotné výše zmíněné prvky však nestačí k tomu, aby došlo k rozvoji intenzivní konvekce. Musí existovat prvotní impuls, tzv. spouštěč, který vyvolá vznik výstupných a sestupných proudů. Obvykle je jím přechod fronty nebo linie konvergence v poli větru (Sandev, Dvořák 2013). Pokud tyto chybí, bývá v odpoledních hodinách, kdy dojde k prohřátí vzduchu, spouštěčem samotná orografie a vznikají tak bouřky z tepla. Jakmile však bouřka vznikne, začíná žít vlastním životem, a tak může postoupit i do oblastí, kde podmínky pro vznik bouřek nejsou příliš příznivé. Pro posouzení míst, kde bouřky budou nejpravděpodobněji vznikat, zakresluje meteorolog na centrálním předpovědním pracovišti do předpovědních map pole větru a vlhkosti na nejbližších 48 hodin vedle front také oblasti instability a čáry konvergence (obr. 7). Tyto i ostatní zmíněné výstupy jsou dostupné také pro meteorology na regionálních předpovědních pracovištích.

5. VÝSTUPY Z METEOROLOGICKÝCH RADARŮ A DALŠÍCH ZDROJŮ DAT

Již probíhající konvektivní činnost je sledována na základě meteorologických měření a pozorování, hlavně z meteorologických radarů, ale i meteorologických družic a sítě meteorologických stanic. K zobrazování radarových měření slouží zejména aplikace JSMeteorView, zobrazující maximální radarové odrazivosti spolu s vertikálními průměty do výšky 14 km na základě měření obou meteorologických radiolokátorů ČHMÚ a zároveň zobrazující data ze systému detekce blesků (CELDN). Tato aplikace umožňuje také sledování postupu konvektivních jader metodou CELLTRACK, vertikálně integrované vody (VIL) a pravděpodobnosti výskytu krup (Hail Prob). Pro sledování vývoje konvektivní činnosti v okolí České republiky slouží tzv. sloučená radarová informace složená z měření obou radiolokátorů ČHMÚ a radiolokátorů okolních zemí.

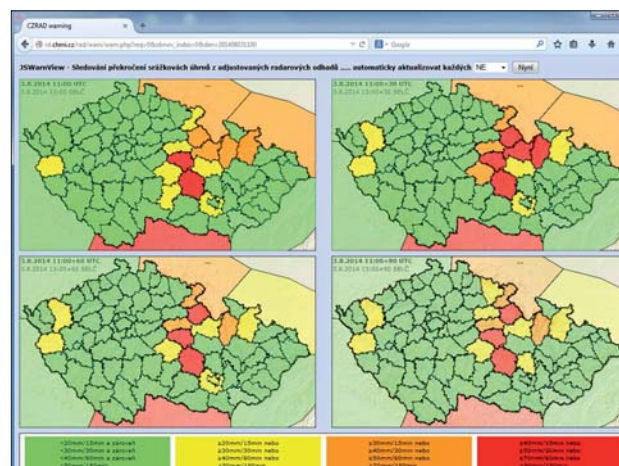
Dalšími důležitými aplikacemi jsou JSPrecipView, zobrazující kombinované odhady srážek na základě porovnání

radarových měření ve spodní vrstvě troposféry a měření pozemními srážkoměry, a dále aplikace JSWarnView, pro sledování překročení limitních srážkových úhrnů z adjustovaných radarových měření, viz obr. 8. JSWarnView automaticky zabarvuje jednotlivé okresy ČR podle překročení limitních úhrnů srážek dle kritérií SIVS z adjustovaných radarových měření za různá časová období.

Tyto výstupy vycházející z radarových měření umožňují sledovat aktuální vývoj již vzniklých bouřkových jader, včetně odhadů množství spadlých srážek, a předpovídat jejich postup a další možný vývoj až na 90 minut dopředu extrapolací posunu radarového echa, ovšem bez zohlednění měnící se intenzity konvekce. Využití radarových měření pro kvantitativní odhady a nowcasting srážek v ČHMÚ detailněji popisují Novák a Kyznarová (2013). Některé

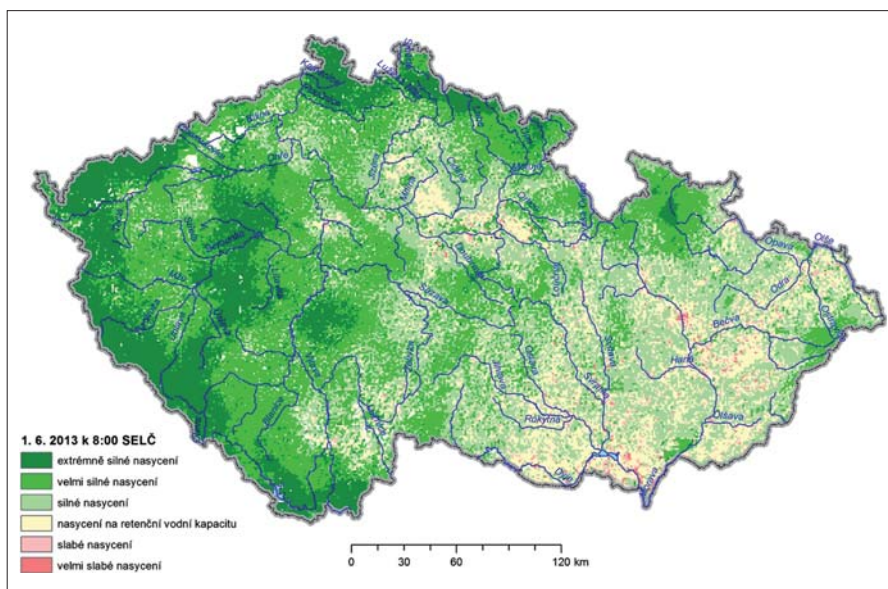
z těchto radarových výstupů byly implementovány i do softwaru Visual Weather.

Dalším důležitým podkladem je aplikace Indikátor přívalových povodní (Flash Flood Guidance), která je provozována v konvektivní sezoně (duben až říjen). Její výstupy ukazují odhad aktuální nasycenosti území vodou (obr. 9) a sumu potenciálně nebezpečného úhrnu srážek za různá časová období (1 h, 3 h a 6 h), odvozované pomocí jednoduchého modelu bilance srážek, odtoku a výparu. Tyto výstupy, které se v posledních několika letech staly jedním ze základních stavebních kamenů předpovědní služby při posuzování nebezpečnosti přívalových srážek a následně vznikajících přívalových povodní, jsou dostupné na stránkách hlásné a předpovědní povodňové služby (<http://hydro.chmi.cz/hpps/>).



Obr. 8 Program JSWarnView, který na základě adjustovaných radarových měření automaticky vyhodnocuje aktuální množství spadlých srážek a jejich postup na 90 minut dopředu a při překročení nastavených limitů srážek zabarvuje jednotlivé okresy.

Fig. 8. JSWarnView program assessing the amount of precipitation and its movement on the basis of adjusted radar measurement. Where precipitation exceeds limits, the relevant districts are coloured.



Obr. 9 Mapa aktuálního nasycení území ČR vodou z aplikace Indikátor přívalových povodní.

Fig. 9. Map of water saturation of Czech territory from the Flash Flood Guidance application.

Mimo těchto informací se při probíhající konvektivní činnosti používají i animace ze snímků meteorologické družice Meteosat druhé generace (MSG) v 15minutovém časovém kroku v různých spektrálních kanálech a výstupy z Rapid Scanu z téže družice v 5minutovém časovém kroku. Výstupy z Rapid Scanu umožňují sledování horních částí bouřkových oblaků, včetně přestřelujících vrcholů, ve velmi krátkém časovém kroku a pro lepší interpretaci se používají i tzv. sendvičové výstupy vytvořené překrytím snímků z různých spektrálních kanálů do dvou vrstev (obr. 10). Tyto výstupy z MSG jsou zobrazovány v aplikaci JSMSGView.

Pro sledování již vzniklých škod způsobených nebezpečnými hydrometeorologickými jevy slouží mapový výstup vytvářený na základě volání na tísňovou linku 112 (obr. 11) provozovanou generálním ředitelstvím Hasičského záchranného sboru ČR. Meteorolog má tak možnost na základě těchto volání v aktuálním čase sledovat postup škod způsobených meteorologickými jevy. Kromě toho meteorologové pro sledování následků nebezpečných jevů používají i informace z médií, které jsou dalším zdrojem dat o tom, co nebezpečné jevy způsobily. Sít meteorologických stanic totiž není tak hustá, aby dokázala dostatečně získat plošné údaje o škodách způsobených nebezpečnými jevy, což platí o to více pro jevy s velkými regionálními rozdíly, mezi které patří i bouřkové jevy. Navíc média informují o situaci často přímo z terénu na základě sdělení od místních obyvatel, záchranných složek apod., takže často popisují následky jevů poměrně podrobně.

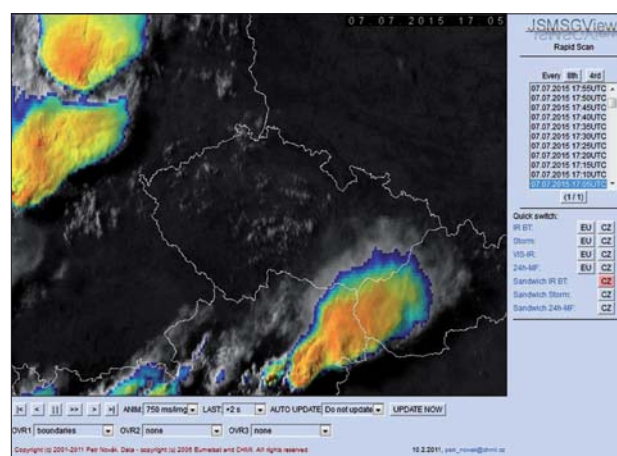
6. VYDÁVÁNÍ A UPŘESŇOVÁNÍ VÝSTRAŽNÝCH INFORMACÍ

Popsané podklady se staly nezbytnými pro předpovídání i sledování vývoje konvektivních jevů včetně jejich lokalizace a intenzity, a tedy i pro vydávání výstražných informací SIVS. I pro většinu ostatních nebezpečných jevů SIVS byly vytvořeny výstupy ke zkvalitnění výstražné služby, dostupné pro meteorology jak na centrálním, tak na regionálních předpovědních pracovištích. Bouřky však zaujímají zvláštní místo, protože vývoj bouřek je rychlý, a proto výskyt extrémních pro-

jevů obvykle velmi lokální, a tedy i složitý k předpovídání, především s ohledem na poměrně krátký časový prostor pro varování. To klade vysoké nároky na meteorologa a jeho rozhodování, kdy během velmi krátké doby musí vyhodnotit větší množství podkladů a prokonzultovat, sestavit a odeslat výstrahu obsahující jak předpokládané zasažené území, tak i intenzitu jednotlivých bouřkových projevů a jejich možné dopady. Jen tak může být výstraha odeslána co nejdříve k varování veřejnosti i příslušných složek Integrovaného záchranného systému ČR.

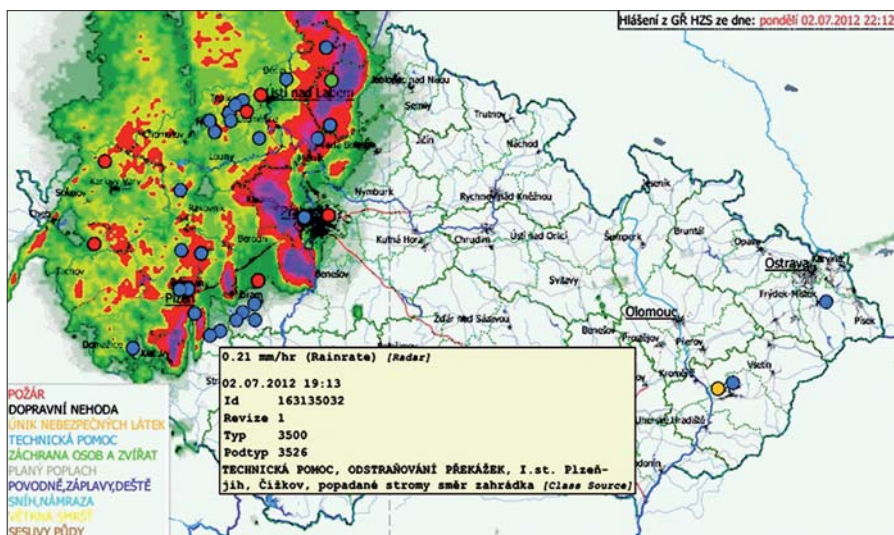
Na základě předpovědí numerických modelů, včetně výstupů zde popsaných bouřkových parametrů, je nejdříve především vydána tzv. předpovědní výstražná informace na předpovídané nebezpečné jevy, zpravidla s předstihem 6 až 36 hodin, která je v případě bouřek spíše pravděpodobnostní informací bez přesné lokalizace nejintenzivnějších projevů předpovídaných jevů. V době již probíhající konvektivní činnosti meteorolog její vývoj sleduje pomocí radarových měření, ale i dalších informací. Pokud některé bouřky dosáhnou limitních hodnot kritérií SIVS, nebo je bezprostřední nebezpečí jejich dosažení, meteorolog centrálního pracoviště po konzultaci s regionálními pracovišti vydává tzv. informaci o výskytu nebezpečných jevů (IVNJ), která též patří mezi výstrahy SIVS. Takováto výstraha upřesňuje aktuální pozice silných nebo extrémních bouřek s důrazem na možné projevy, přívalové srážky, nárazy větru, krupobití či bleskovou aktivitu, a jejich očekávaný vývoj na nejbližší jednu až tři hodiny. Jejím cílem je minimalizace možných škod a následků (např. lokální povodně, zatopené sklepy, poškozené střechy atd.).

Tímto se vydávání výstrah na bouřky odlišuje od vydávání výstrah na jiné jevy, které nemají tak rychlý vývoj, ale často zasahují celoplošně velké území, jako jsou např. vysoká teplota



Obr. 10 Tzv. sendvičový produkt z RapidScan vytvořený ze snímků meteorologické družice v blízké infračervené a ve viditelné oblasti spektra.

Fig. 10. Sandwich product from Rapid Scan created from meteorological satellite pictures at near infrared and visible channels.



Obr. 11 Výstup na základě volání na tísňovou linku 112 během bouřkové situace doplněný radarovým měřením.

Fig. 11. Output based on emergency 112 calls during a thunderstorm situation completed by radar measurement.

vzduchu, silný mráz, nebezpečí požárů, nová sněhová pokrývka nebo třeba předpověď celoplošně silného větru. Tyto jevy se předpovídají obvykle snadněji, ale hlavně meteorolog má na vydání výstrahy, včetně konzultace s regionálními pracovišti, více času. Na většinu těchto zmíněných jevů se IVNJ nevzdává, IVNJ je určeno pro informování o výskytu nebo bezprostředního výskytu nebezpečného jevu s vysokým nebo extrémním stupněm nebezpečí a rychlým vývojem. Typicky se jedná o bouřky, ale i povodňové jevy, v některých případech extrémní srážky nebo silné sněžení.

Je tedy zřejmé, že nezastupitelnou roli hraje osoba meteorologa-prognostika, jeho pohotovost, intuice a zkušenosti. Sice by bylo možné vydávat výstrahy v automatickém režimu, ale zkušenosti meteorologa, ale i znalosti charakteru terénu a dalších detailů regionu, jsou stále nezastupitelným faktorem v rozhodování při varování před nebezpečnými hydrometeorologickými jevy. Kromě toho se v posledních letech v meteorologických službách stále více klade důraz na následky nebezpečných jevů a nejen tomu je i u aktivit v rámci výstražné služby Meteocalarm, vyvinuté pro organizaci EUMETNET sdružující evropské meteorologické služby. I zde se ukazuje nezastupitelná role meteorologa, který může uvážit širší souvislosti nebezpečných jevů, včetně ročního období (stejně intenzivní sněžení bude mít větší dopady, vyskytne-li brzy na podzim, než v zimě), nebo např. podmačeného terénu při silném větru (vyvrácení stromů). Může tak posoudit vliv širších okolností na následky jevů a příslušným způsobem tak upřesnit doporučení k jejich zmenšení nebo eliminaci.

7. ZÁVĚR

Vydávání předpovědi počasí a výstrah na nebezpečné hydrometeorologické jevy vyžaduje používání odpovídajících výpočetních a zobrazovacích prostředků. Výstupy z meteorologických radarů a družic jsou zobrazovány především prostřednictvím aplikací JSMeteoView, JSWarnView, resp. JSMSGView. Odhad aktuální nasycenosti území vodou a sumu potenciálně nebezpečného úhrnu srážek za různá časová období ukazuje aplikace Indikátor přívalových povodní (Flash Flood Guidance).

Dalším velmi důležitým nástrojem je zobrazovací a editační prostředí Visual Weather firmy IBL Software Engineering. Jeho každodenní používání meteorology v provozu na centrálním i regionálních předpovědních pracovištích ČHMÚ umožnilo zobrazovat velké množství výstupů především z numerických předpovědních modelů, které předpovědní služba používá. Zároveň umožnilo vývoj, výpočet a zobrazování parametrů, které jsou nezbytné pro kvalitní předpovědi nebezpečných jevů a pro vydávání výstražných informací před jejich výskytem. To se nejvíce týká bouřkových jevů, jejichž předpovědi jsou jedny z nejsložitějších. Prostředí přitom umožňuje porovnávat mapové výstupy i předpovědi těchto parametrů z více numerických modelů mezi sebou, ale i překládat jednotlivé vrstvy zobrazující různé parametry přes sebe, a tím i přesněji předpovědět nejen samotný výskyt jednotlivých nebezpečných jevů, ale i jejich lokalizaci a intenzitu.

Kromě toho jsou v prostředí Visual Weather zobrazovány některé další výstupy, např. družicové snímky, radarová měření, zásahy hasičské záchranné služby a další, které významnou měrou meteorologům pomáhají v tvorbě a vydávání předpovědi a výstrah. Prostředí Visual Weather se tak stalo nejen základním pracovním nástrojem meteorologa, ale také umožnilo zkvalitnit jednotlivé předpovědi počasí i výstražnou službu ČHMÚ na nebezpečné meteorologické i povodňové jevy.

Literatura:

- KYZNAROVÁ, H., NOVÁK, P., 2008. Využití radarových měření pro identifikaci a předpověď pohybu konvekčních bouří. *Meteorologické zprávy*, roč. **61**, č. 1, s. 14–19. ISSN 0026-1173.
- NOVÁK, P., KYZNAROVÁ, H., 2013. Využití radarových měření pro kvantitativní odhady a nowcasting srážek v Českém hydrometeorologickém ústavu. *Meteorologické zprávy*, roč. **66**, č. 6, s. 175–181. ISSN 0026-1173.
- RADOVÁ, M., SETVÁK, M., ŠTÁSTKA, J., 2015. Přestřelující vrcholy pozorované na snímcích z družice MSG během experimentálního 2,5minutového snímání. *Meteorologické zprávy*, roč. **68**, č. 3, s. 75–83. ISSN 0026-1173.
- SANDEV, M., DVOŘÁK, M., 2013. Vyhodnocení cirkulačních podmínek v atmosféře v první polovině roku 2013. *Meteorologické zprávy*, roč. **66**, č. 6, s. 167–175. ISSN 0026-1173.
- ŠÁLEK, M., RADA, J., KRÁL D., 2006. Vliv automatizace a informačních technologií na meteorologickou předpovědní praxi. *Meteorologické zprávy*, roč. **59**, č. 6, s. 172–182. ISSN 0026-1173.
- VALACHOVÁ, M., 2013. Blesková aktivita konvekčních bouří. *Meteorologické zprávy*, roč. **66**, č. 3, s. 85–94. ISSN 0026-1173.

Lektoři (Reviewers): RNDr. Jan Sulan, RNDr. Roman Volný

PĚT LET MĚŘENÍ OZONU V ANTARKTIDĚ

Ladislav Metelka, Martin Staněk, Karel Vaníček, Český hydrometeorologický ústav, Solární a ozonové oddělení, Zámeček 456, 500 08 Hradec Králové 8, metelka@chmi.cz

Five years of ozone measurements in Antarctica. Despite the slow ozone layer recovery which has been detectable in the last 15 years, monitoring of the ozone layer remains an important issue for WMO, UNEP and other international and national institutions involved in the protection of the global environment. CHMI has been operating the Brewer spectrophotometer MkIII (B199) at the Argentine Marambio base station in Antarctica since 2010. The instrument has been in stable operation for the last 5 years, being serviced almost every year and calibrated *in situ* against the B017 travelling reference in 2012. The B199 uses all available options for measurement: total ozone, UV irradiance, and vertical ozone profiles using the Umkehr method. As the B199 is located in the marginal part of the Antarctic ozone hole, the minimum of mean total ozone values occurs at the end of September, but the maximal standard deviations of daily means were detected at the beginning of November, in the period of the ozone hole breakup. It is caused by the large interannual variability of the breakup process, which is demonstrated in several examples from the 2010–2014 period.

KLÍČOVÁ SLOVA: ozon – díra ozonová – spektrofotometr Brewerův – stanice Marambio – Antarktida

KEYWORDS: ozone – ozone hole – Brewer spectrophotometer – Marambio base station – Antarctica

1. ÚVOD

Odborné práce z posledních let, např. Scientific Assessment on Ozone Depletion (WMO, 2014) sice v roce 2014 konstatovaly začátek postupné obnovy ozonové vrstvy prakticky v globálním měřítku, ale antropogenní stopy v chování ozonové vrstvy i tak jsou a ještě dlouho budou zřetelné. Opatření, realizovaná v souladu s Vídeňskou konvencí o ochraně ozonové vrstvy z roku 1985 a Montrealským protokolem z roku 1987 a jeho dodatky, sice prokazatelně vedla ke snižování koncentrací ozon ničících látek ve stratosféře a následně i k počátku regenerace stratosférického ozonu, rozhodně ale dnes není možné považovat problém zeslabení ozonové vrstvy za vyřešený. Oboustranné fyzikální vazby mezi troposférou a stratosférou totiž spojují do jednoho širšího celku problematiku ozonové vrstvy s problematikou změn klimatu. Ani současné klimatické modely se již např. neobejdou bez realistické simulace procesů ve stratosféře a ozonospféře. Za této situace hraje soustavný monitoring ozonu stále významnou úlohu.

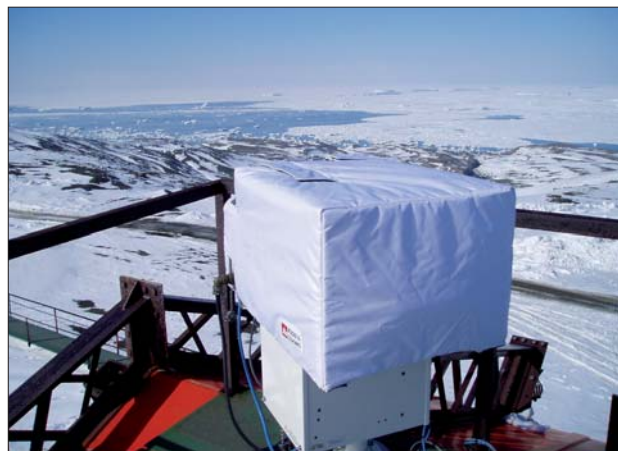
WMO věnuje monitoringu ozonu velkou pozornost především v rámci programů GAW (Global Atmosphere Watch) nebo NDACC (Network for the Detection of Atmospheric Composition Change) a souvislostem mezi ozonem a klimatem pak například v programu SPARC (Stratosphere-Troposphere Processes and their Role in Climate). ČHMÚ provozuje už více než 5 let Brewerův spektrofotometr Mk III číslo 199 (ozn. B199) na argentinské stanici Marambio na ostrově Seymour Island v oblasti Antarktického poloostrova (zeměpisná šířka 64,233 J, zeměpisná délka 56,623 Z, nadmořská výška 198 m). Ten, společně s Dobsonovým spektrofotometrem D099, provozovaným na Marambiu Argentinskou národní meteorologickou službou SMN (Servicio Meteorológico Nacional), a ozonosondážní stanicí, provozovanou ve spolupráci s finskou meteorologickou službou FMI (Finnish Meteorological Institute), tvoří ze stanice Marambio lokalitu s jedním z nejkompaktnějších měření ozonu a UV záření v rámci celé Antarktidy a jejího blízkého okolí.

2. HISTORIE MĚŘENÍ OZONU SPEKTROFOTOMETREM B199

Brewerův spektrofotometr Mk III (B199) byl zakoupen v roce 2009 v rámci řešení projektu SPIIA9/23/07 – *Příspěvek ČR k zajištění stavu ozonové vrstvy Země a slunečního UV záření v Antarktidě, paleoklimatická a paleogeografická rekonstrukce vybraného území Antarktidy a související*

geologické studium a mapování. Řešitelem projektu byla Česká geologická služba, ČHMÚ zde figuroval jako spoluřešitel. Po otestování na Solární a ozonové observatoři ČHMÚ (SOO) v Hradci Králové byl přístroj převezen na stanici Marambio a tam byl 14. 2. 2010 uveden do pravidelného provozu, který je financován v rámci projektu Státního fondu životního prostředí č. 03461022 *Monitorování stavu ozonové vrstvy Země a UV-záření v Antarktidě*. Tento projekt byl původně plánován na pětileté období (2010–2014). Úsporami a bez navýšení finančních prostředků se ale podařilo prodloužit jeho trvání do konce roku 2015. V roce 2015 bylo rozhodnuto o prodloužení projektu až do roku 2019.

Každoročně v lednu nebo v únoru je spektrofotometr kontrolován pracovníky ČHMÚ a IOS, Inc. (International Ozone Services, Kanada), kteří zajišťují jeho základní kontrolu a servis, preventivní výměny některých součástí (např. standardní halogenové a rtuťové lampy pro provozní automatické testy přístroje, výměna silikagelu), kontrolu satelitních přenosových tras pro data a spojení mezi SOO ČHMÚ a řídicím PC spektrofotometru. V roce 2012 proběhla přímo na stanici kalibrace přístroje pomocí mezinárodního cestovního standardu B017. Podle dostupných informací to byla vůbec první kalibrace Brewerova spektrofotometru přímo na území Antarktidy. Přístroje ostatních států byly ke kalibraci vždy převáženy do „domovské“ země a po zkalkulování se vracely zpět do Antarktidy. Na rok



Obr. 1 Brewerův spektrofotometr B199 na stanici Marambio v Antarktidě.

Fig. 1. The B199 Brewer spectrophotometer at the Marambio base station in Antarctica.

2016 je plánována další kalibrace spektrofotometru B199, opět přímo na stanici Marambio.

Přístroj B199 není nijak speciálně upraven pro měření v extrémních klimatických podmínkách. Má pouze zesílené vytápění a zvýšenou tepelnou izolaci pro zajištění požadované provozní teploty uvnitř přístroje i při venkovních teplotách pod $-30\text{ }^{\circ}\text{C}$.

B199 na stanici Marambio neměří jen celkové množství ozonu, ale jeho program je daleko širší. Pravidelně měří i spektrální složení a intenzitu záření v UV oblasti na vlnových délkách od 286,5 do 363 nm (většina UV-B a část UV-A oblasti) s rozlišením 0,5 nm a také provádí měření vertikálních profilů ozonu tzv. Umkehr metodou. Program pozorování tedy využívá prakticky všech možností tohoto přístroje. Naměřená data i výsledky automatických provozních testů jsou předávána na SOO vždy jednou denně, prostřednictvím satelitních komunikačních prostředků systému Inmarsat. Systém umožňuje oboustrannou komunikaci, tedy nejen průběžnou vzdálenou kontrolu funkce přístroje, ale také v případě potřeby zásahy do řídicího softwaru, změny konfigurace přístroje a programu měření.

Poloha stanice silně ovlivňuje možnosti měření ozonu během roku. Brewerovy spektrofotometry měří poměrně spolehlivě, pokud je výška Slunce nad obzorem alespoň 10 stupňů. To je na stanici Marambio splněno při kulminaci Slunce jen v období od cca 10. 8. do konce dubna. Mimo toto období Brewerův spektrofotometr neměří, protože výška Slunce nad obzorem ani v kulminaci nedosahuje požadované úrovně 10 stupňů.

3. NAMĚŘENÁ DATA

Brewerův spektrofotometr umožňuje měření celkového ozonu několika metodami:

- DS (Direct Sun – absorpce přímého UV záření) s přesností kolem 1 %,
- FS (Focused Sun – absorpce přímého spolu s měřením rozptýleného UV záření) s přesností kolem 2 %
- ZS (Zenith Sky – měření rozptýleného UV záření ze zenitu) s přesností kolem 2–3 %,
- GI (Global Irradiance – měření rozptýleného UV záření z celé oblohy) s přesností kolem 3–5 %,
- FM (Focused Moon – měření absorpce UV záření odraženého Měsícem; jeho přesnost ale není vysoká, použití je vázané na dobu kolem úplňku, a v praxi se příliš nevyužívá.

Z těchto hodnot jsou následně počítány denní hodnoty ozonu jako tzv. Best Representative Value. Definice této hodnoty není zcela jednoznačná, vzhledem k přesnosti jednotlivých typů měření jsou ale při výpočtu preferována měření v pořadí: DS, ZS, GI. Více např. v (Environment Canada, 2013). Měření typu FM se běžně nepoužívají, několik měření tohoto typu ale bylo přístrojem B199 provedeno, čistě z testovacích důvodů. Data jsou archivována jednak v řídicím PC přímo na Marambiu, po přenosu do ČR i v databázi CLIDATA

Tab. 1 Počet denních průměrů daného typu v měsíci a jejich podíl na celkovém počtu dní v daném měsíci, B199, Marambio, období 14. 2. 2010–31. 12. 2014.

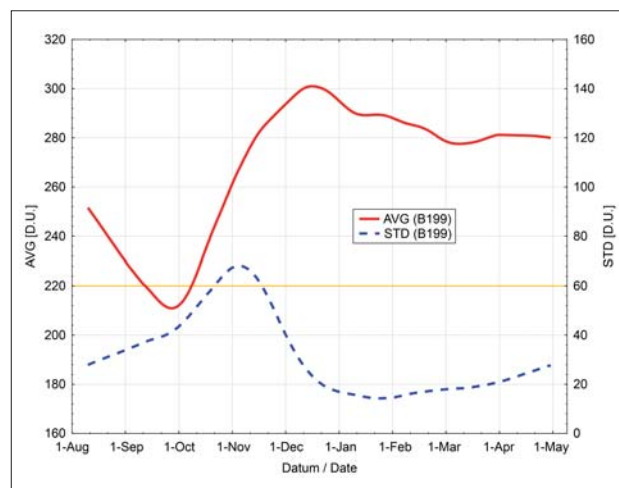
Table 1. Number of daily means of a given type in a month and their share in the total number of days in a given month from the B199 at the Marambio base station, 14 February 2010 – 31 December 2014.

DS = Direct Sun, ZS = Zenith Sky, GI = Global Irradiance, FM = Focused Moon

MĚSÍC / MONTH	DS		ZS		GI		FM		CELKEM / TOTAL	
	N	%	N	%	N	%	N	%	N	%
I.	90	73 %	31	25 %	1	1 %	0	0 %	122	98 %
II.	100	78 %	23	18 %	0	0 %	0	0 %	123	96 %
III.	107	69 %	48	31 %	0	0 %	0	0 %	155	100 %
IV.	88	59 %	62	41 %	0	0 %	0	0 %	150	100 %
V.	0	0 %	0	0 %	1	1 %	0	0 %	1	1 %
VI.	0	0 %	0	0 %	0	0 %	1	1 %	1	1 %
VII.	0	0 %	0	0 %	0	0 %	0	0 %	0	0 %
VIII.	67	43 %	41	26 %	1	1 %	0	0 %	109	70 %
IX.	99	66 %	23	15 %	24	16 %	0	0 %	146	97 %
X.	129	83 %	13	8 %	10	6 %	0	0 %	152	98 %
XI.	125	83 %	22	15 %	0	0 %	0	0 %	147	98 %
XII.	122	79 %	33	21 %	0	0 %	0	0 %	155	100 %
ROK / YEAR	927	52 %	296	17 %	37	2 %	1	0 %	1261	71 %

a na archivním serveru ČHMÚ. Denní hodnoty ozonu (Best Representative Value) jsou následně i s popisnými údaji ukládány do databáze WOUDC (World Ozone and Ultraviolet Data Center) v kanadském Torontu (<http://www.woudc.org>). V grafické podobě jsou denní průměry celkového ozonu z přístroje B199 k dispozici na webových stránkách Solární a ozonové observatoře ČHMÚ v Hradci Králové. Charakteristiky počtů měření jednotlivými metodami v jednotlivých měsících jsou uvedeny v tab. 1.

Z tabulky 1 je zřejmé, že většina denních průměrů celkového ozonu vychází z přesnějších měření typu DS. Denních průměrů, počítaných ze zenitových měření (ZS) je ve srovnání s průměry z DS jen necelá třetina. Relativně vysoký počet dnů s denním průměrem, počítaným z GI měření v září a říjnu je způsoben tím, že většina těchto dnů, 34 z celkových 37, spadá do poměrně krátkého období od 2. 9. 2010 do 10. 10. 2010. V tomto období byla totiž porucha na napájecím zdroji tracke-



Obr. 2 Průměrný roční chod celkového ozonu a směrodatné odchylky denních průměrů na stanici Marambio za období od 14. 2. 2010 do 31. 12. 2014, B199.

Fig. 2. Mean annual course of total ozone and standard deviations of daily means at the Marambio base station from the B199, 14 February 2010 – 31 December 2014.

ru, a přístroj proto nebylo možné orientovat přesně na Slunce. Spolehlivá byla tedy pouze měření typu GI. Mimo toto období byly denní průměry ozonu počítány z měření GI jen zcela sporadicky. Jediný denní průměr byl pokusně počítán i z měření typu FM, a to 25. 6. 2013.

Za období, kdy byl přístroj na stanici Marambio v provozu, jsou tedy k dispozici denní průměry ozonu ze 71 % dní. V tom je však obsaženo i období, kdy není měření možné pro nízkou výšku Slunce nad obzorem. Po odečtení tohoto období (cca od 1. 5. do 9. 8.) dostaneme podíl dnů s měřením více než 98 %, což je v podmínkách Antarktidy velmi vysoká spolehlivost měření.

I když pětiletá řada měření je poměrně krátká, byly z ní vypočítány průměry a směrodatné odchylky celkového ozonu pro každý kalendářní den v roce (průměrný roční chod průměrů a směrodatných odchylek). Vzhledem ke krátkosti období bylo ale třeba výsledné hodnoty výrazně shladit, k tomu byla použita metoda RLWR (robustní lineární vážená regrese). Výsledný graf průměrného ročního chodu celkového ozonu a směrodatné odchylky denních průměrů je uveden na obr. 2.

Ozonová díra je definována jako oblast s celkovým množstvím ozonu pod 220 D.U. Tato limitní hodnota je na obr. 2 zvýrazněna. Z grafu je zřejmé, že zejména ve druhé polovině září a na počátku října leží stanice Marambio zpravidla v oblasti ozonové díry. Zajímavý je ale vývoj směrodatných odchylek denních průměrů ozonu. Ty totiž dosahují maxima až na počátku listopadu, tedy ve fázi vyplňování nebo rozpadu antarktické ozonové díry. Je to způsobeno tím, že fáze prohlubování ozonové díry (období srpen až září) je silně ovlivňována především fotochemickými procesy. Po antarktické zimě totiž začne do oblasti dopadat sluneční záření a působením jeho ultrafialové složky dochází k uvolňování reaktivního chloru ze sloučenin, které mají potenciál poškozovat ozonovou vrstvu (např. CFC – chlorofluorokarby a HCFC – hydrochlorofluorokarby). Tento proces je ale načasován a jeho časový vývoj do značné míry řízen astronomickými faktory, které se v dané roční době velice přesně opakují, což vede k poměrně nízkým směrodatným odchylkám denních průměrů celkového ozonu.

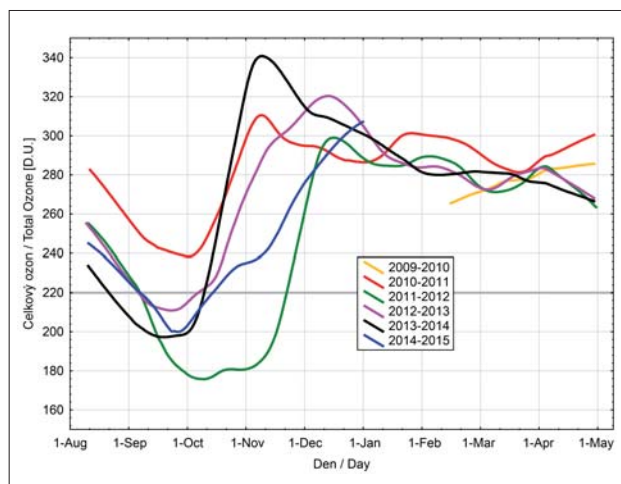
Oproti tomu vyplňování nebo rozpad antarktického cirkumpolárního víru, a tím i antarktické ozonové díry, většinou ve druhé polovině října až v listopadu, jsou ovlivňová-

ny hlavně dynamikou a termodynamikou, takže načasování i průběh se mohou v různých letech výrazně lišit. V období rozpadu cirkumpolární víru přestává být kompaktní a koncentrický, jeho centrum se může vychylovat z polární oblasti, případně se může dělit na několik menších jader. Výsledkem je, že v této fázi vyplňování a rozpadu antarktické ozonové díry se nad jednotlivými lokalitami, zejména na jejím okraji, rychle střídají jádra nízkých a vyšších hodnot celkového ozonu. Režim průměrných denních hodnot celkového ozonu je výrazně proměnlivější a to vede i ke zvýšení směrodatných odchylek denních průměrů. V prosinci už je zpravidla antarktický cirkumpolární vír rozpadlý a ozonová díra vyplněná, hodnoty celkového ozonu dosahují na antarktickém pobřeží poměrně vysokých hodnot a jejich variabilita je relativně malá. Rozdíly mezi jejich vývojem v jednotlivých letech ukazuje i obr. 3.

Meziroční rozdíly ve vývoji celkového ozonu, zejména ve fázi vyplňování a rozpadu antarktické ozonové díry, jsou jasně patrné. Např. na konci roku 2013 došlo k časnému a poměrně prudkému zvýšení denních průměrů ozonu, během cca 1,5 měsíce, zejména během října. V roce 2011 byl nárůst podobně rychlý, ale došlo k němu později, až během listopadu. Naopak v letech 2012, a zejména 2014 byl nárůst ozonu výrazně pomalejší a trval až kolem třech měsíců.

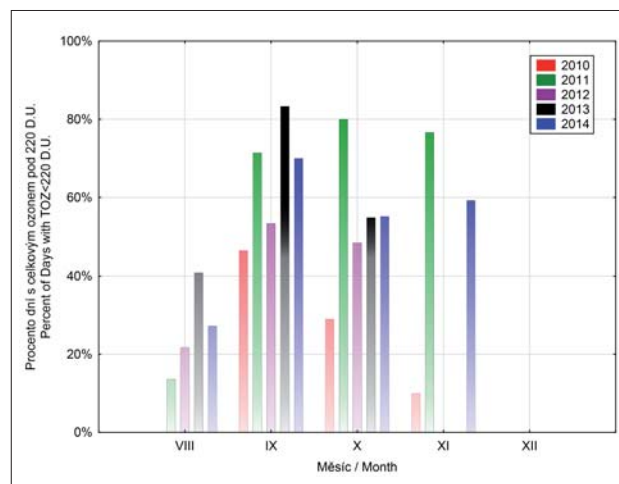
Velkou variabilitu vývoje celkového ozonu ve fázi vyplňování a rozpadu antarktické ozonové díry (z hlediska rychlosti procesu i načasování jeho začátku) potvrzuje i obr. 4. Na něm jsou znázorněny průběhy měsíčních četností dnů s celkovým množstvím ozonu pod 220 D. U. (limitní hodnota pro ozonovou díru) od srpna do prosince, za roky 2010–2014.

Stanice Marambio se nejčastěji nachází v oblasti ozonové díry během září (cca 40–80 % dní) a října (30–80 % dní). Zatímco v letech 2012 a 2013 nebyl v listopadu už zaznamenán žádný den s celkovým množstvím ozonu pod 220 D. U., v letech 2011 a 2014, kdy se ozonová díra vyplňovala později, jich stále ještě bylo kolem 60–80 %. Na obr. 5 je pro srovnání uvedeno rozložení měsíčních průměrů ozonu pro listopad v letech 2012 a 2013 (časné vyplnění antarktické ozonové díry) a v letech 2011 a 2014 (pomale vyplnění nebo jeho opožděný začátek) podle NASA (2015).



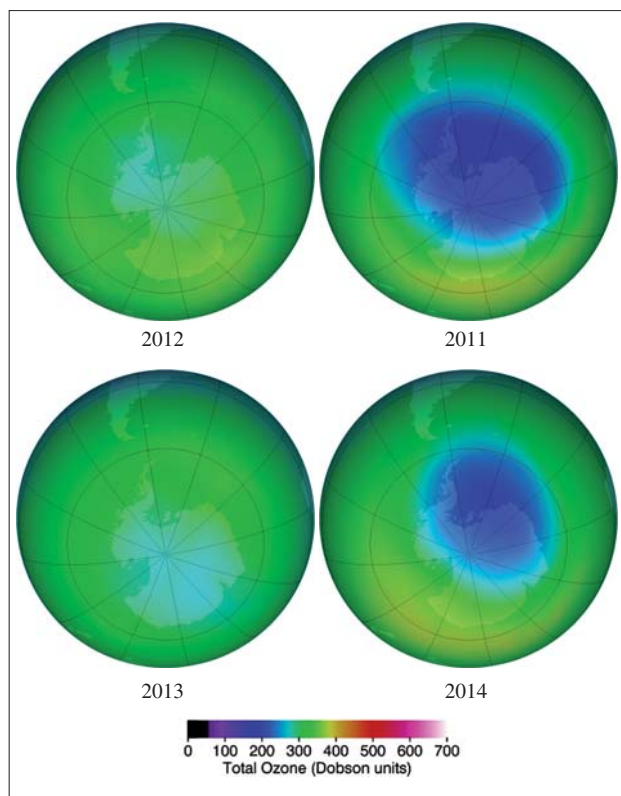
Obr. 3 Shlazený vývoj celkového ozonu po rocích, B199, Marambio.

Fig. 3. Smoothed course of total ozone by year from the B199 at the Marambio base station.



Obr. 4 Měsíční četnosti počtu dní s celkovým ozonem pod 220 D. U. v letech 2010–2014. B199, Marambio.

Fig. 4. Monthly frequency of days with total ozone below 220 D. U. from 2010–2014 from the B199 at the Marambio base station.



Obr. 5 Mapa měsíčních průměrů celkového ozonu nad Antarktidou v listopadu 2011, 2012, 2013 a 2014 podle NASA (2015).

Fig. 5. Map of monthly means of total ozone above Antarctica in November 2011, 2012, 2013 and 2014, according to NASA (2015).

4. ZÁVĚR

Z hlediska monitoringu ozonové vrstvy je stanice Marambio v současné době jednou z nejkompaktněji vybavených stanic v oblasti Antarktidy. Svůj podíl na tom má i ČHMÚ, který s finanční podporou SFŽP od roku 2010 na stanici provozuje Brewerův spektrofotometr B199. Ten zde doplnil stávající měření celkového ozonu Dobsonovým spektrofotometrem D099 o měření pomoci druhého nezávislého přístroje, nově umožnil měření dávek a intenzity UV záření ve vel-

ké části UVA a UVB oblasti a doplnil stávající ozonosondážní měření vertikálních profilů ozonu o měření Umkehr metodou.

V letech 2010–2014 pracoval přístroj i v obtížných podmínkách Antarktidy velice stabilně, pokrytí období, kdy bylo možné měřit, se pohybovalo kolem 98 %, výpadky měření byly naprosto minimální. Přístroj je pod vzdálenou kontrolou ze strany pracovníků SOO Hradec Králové, téměř každoročně je fyzicky zkontrolován na místě a v roce 2012 byl přímo na místě kalibrován proti světovému cestovnímu standardu B017.

Výsledky měření za roky 2010–2014 ukazují, že i když je přístroj umístěn spíše v oblasti okraje Antarktické ozonové díry, jeho údaje jsou zajímavé hlavně v období jejího vyplňování a rozpadu (říjen – listopad), kdy je v dané oblasti registrována nejvyšší variabilita denních průměrů ozonu.

Poděkování:

Provoz Brewerova spektrofotometru B199 na stanici Marambio je financován v rámci projektu Státního fondu životního prostředí č. 03461022 Monitorování stavu ozonové vrstvy Země a UV-záření v Antarktidě.



STÁTNÍ FOND
ŽIVOTNÍHO PROSTŘEDÍ
ČESKÉ REPUBLIKY

Literatura:

- Environment Canada, 2013. User Guide to the WMO/GAW World Ozone Data Centre, Version 3.1. Environment Canada [online]. [cit. 18. 10. 2015]. Dostupné z WWW: http://www.woudc.org/archive/Documentation/GuideBooks/O3_guide.pdf
- NASA, 2015. Ozone Hole Watch [online]. National Aeronautics and Space Administration, Goddard Space Flight Center [cit. 18. 10. 2015]. Dostupné z WWW: <http://ozonewatch.gsfc.nasa.gov/SH.html>
- WMO, 2014. Scientific Assessment of Ozone Depletion: 2014, Global Ozone Research and Monitoring Project – Report No. 55, Geneva: WMO, 416 s. Dostupné také z WWW: <http://www.esrl.noaa.gov/csd/assessments/ozone/2014/chapter-s/2014OzoneAssessment.pdf>

Lektor (Reviewer): prof. RNDr. Pavel Prošek, CSc.

INFORMACE – RECENZE

REDAKČNÍ SDĚLENÍ

Vážení čtenáři Meteorologických zpráv, po řadě let se naší redakci podařilo s Ústavem pro jazyk český vyřešit jazykový problém týkající se používání adjektiva konvektivní v meteorologii. Dosud platilo, že slovo konvektivní je vyhrazeno pouze astronomii, pro stejný jev lze v meteorologii používat jen výraz konvekční, jak to bylo dosud uvedeno ve všech tištěných jazykových příručkách, jako Nový akademický slovník cizích slov, různé encyklopedie apod. (na opravy vedené tímto směrem si jistě dobře pamatují autoři knihy Fyzika oblaků a srážek vydané v nakladatelství Academia).

Redakci nakladatelství ČHMÚ se ale podařilo zjistit, že na webových stránkách Ústavu pro jazyk český, v tzv. jazykové poradně, jsou uvedena rozporná použití přídavných jmen k jevu konvekce. Na základě toho, po naší písem-

né a telefonické žádosti a konzultaci, ÚJČ rozpor projednal a poskytl nám vyjádření: „...přídavná jména konvektivní a konvektivní jsou synonymní; z čistě jazykového hlediska lze tedy použít ve spojení s podstatným jménem bouře jak konvektivní, tak konvekční. V Českém národním korpusu je poměr výskytů konvektivní bouře – konvekční bouře 69:1. Zdá se tedy, že v současné době spojení konvektivní bouře, možná i vlivem angličtiny, převládá. Obě hesla v Internetové jazykové příručce upravíme...“.

Z tohoto důvodu budeme od tohoto čísla MZ používat u jevu konvekce adjektivum konvektivní a budeme doufat, že se změna projeví i v nových tištěných publikacích zabývajících se jazykovědou.

Redakce

PRESENTACE ČHMÚ – DOLNÍ OBLAST VÍTKOVICE, VELKÝ SVĚT TECHNIKY

Pobočce ČHMÚ se podařilo navázat velmi slibně se rozvíjející spoluprací s Dolní oblastí Vítkovice (DOV), <http://www.dolnivitkovice.cz/>. Tento světově unikátní průmyslový areál v centru Ostravy, kde se mezi roky 1828 až 1998 těžilo uhlí a vyrábělo surové železo, se v současnosti mění na jedinečné vzdělávací, společenské a kulturní centrum. V areálu se kromě jiného nachází moderní Svět techniky. Tvoří jej dvě části umístěné v samostatných objektech, Malý svět techniky, který je zaměřen na historii tradičních technických oborů a Velký svět techniky, který cílí na současnost a budoucnost vědních oborů. Na ploše čtrnácti tisíc metrů čtverečních se nachází čtyři stálé expozice (Svět vědy a objevů, Svět civilizace, Svět přírody a Dětský svět).



Objekt Velkého světa techniky a v něm umístěná ukázka současné automatické meteorologické stanice, funkčního modelu hydrologické stanice a posterová prezentace spojená s doprovodným výkladem. Foto D. Židek

Základní myšlenkou projektu je zvýšení prestiže vědy a výzkumu, změna přístupu k technickým oborům, jejich popularizace a zpřístupnění široké veřejnosti. Projekt cílí na představení vědy, výzkumu a technických oborů žákům, studentům i veřejnosti; návštěvníci si mohou hrát, dívat se, učit se a tvořit. Přibližuje slavnou minulost technických oborů v regionu, jejich současnost a budoucnost, ale vytváří i předpoklady pro získávání talentů pro vědu a výzkum, pro technické i přírodovědné obory a tvoří platformu pro spolupráci představitelů firem, institucí a škol. Otázkám vědy a obje-

vů, civilizace a přírody se věnují v jednotlivých částech nejen podrobně, ale i zábavně.

S tímto konceptem se podařilo vcelku úspěšně skloubit prezentací činnosti ústavu. Prvním krokem vzájemné spolupráce byla již počátkem března, v rámci tematického pořadu Hromobití v Divadle vědy (při příležitosti narození Prokopa Divíše), přednáška „Bouřka, nebo bouře?“, která účastníkům přiblížila problematiku bouřek a s nimi spojených průvodních jevů.

Další, již rozsáhlejší akcí a prezentací ČHMÚ v rámci stálé expozice ve Velkém světě techniky (<http://www.stcostrava.cz/web/guest/hlavni-stranka> se stala v období od 1. do 19. dubna 2016), se stala instalovaná ukázka současného způsobu meteorologických a hydrologických měření. Hlavní součástí byla funkční automatická meteorologická stanice spojená s přímou prezentací výsledků a naměřených hodnot, dále si návštěvníci mohli prohlédnout a interaktivně vyzkoušet model hydrologické stanice. Doplnkem byly postery přibližující návštěvníkům popisy a podrobnosti používaných metod a postupů meteorologických a hydrologických měření. Expozici ČHMÚ v sobotu 9. 4. 2016 provázela i série krátkých přednášek na téma „Historie a současnost meteorologických měření“.

Cílem spolupráce je propagace činnosti ČHMÚ pro odborné a vzdělávací instituce v regionu a především pro širokou veřejnost. V jejím rámci se připravuje další série přednášek, dále pak organizace a pořádání společných akcí při vhodných příležitostech, např. Den Země, účast ústavu na tematických akcích DOV, participace na stálých expozicích nebo na edukačních aktivitách DOV pro ostravská školská zařízení.

Dušan Židek

OPUSTIL NÁS JAROSLAV KRATOCHVÍL

Po krátké nemoci zemřel 6. ledna 2016 dlouholetý pracovník ČHMÚ, náš bývalý kolega, pan Jaroslav Kratochvíl. Narodil se 3. 11. 1935 v Roudnici nad Labem. Studium gymnázia dokončil v srpnu 1953 v Praze na Smíchově. V prosinci téhož roku nastoupil k HMÚ, kde pracoval jako asistent v předpovědní službě. Později přešel do odboru klimatologie a potom na pobočku Praha, kde se věnoval posudkové činnosti. V práci byl vždy pečlivý a na výsledky jeho práce bylo možné se spolehnout. Jeho celoživotní vášní ale zůstala předpověď počasí, které se nadále věnoval jako svému koníčku. Když se pobočka přestěhovala do Komořan, účastnil se pravidelně konzultací v předpovědním centru, aby byl neustále v obraze. Známi a spolupracovníci ho velmi často žádali o jeho názor, kam se počasí bude ubírat. Mnoho let také působil jako pozorovatel srážkoměrné stanice Praha, Smíchov a průběh počasí sledoval a zaznamenával neustále. Žádná „kapka“ na okně mu neunikla, dlouholetá řada jeho pozorování srážek je mimořádně spolehlivá. Kráta, jak jsme mu všichni říkali, byl pro svou nekonfliktní povahu oblíbený mezi kolegy a byl vždy vítán na všech společenských, sportovních a turistických akcích. Spolu s manželkou Dášou, rovněž dlouholetou pracovnící ČHMÚ, vychoval dva syny. Jarda byl příkladně slušný člověk, příjemný spolupracovník a milý kamarád, dobrý manžel a otec. Čest jeho památce.

Luboš Němec



NABÍDKA PUBLIKACE ČHMÚ

Tomáš Řehánek

HYDROLOGICKÁ CHARAKTERISTIKA JESENICKÉ OBLASTI

Edice Sborník prací Českého hydrometeorologického ústavu, sv. 62
Praha: ČHMÚ 2016, 52 stran, Cena 124 Kč
ISBN 978-80-87577-56-1, ISSN 0232-0401

Pohoří Jeseníků a jeho přilehlé okolí je významnou pramennou oblastí mnoha řek a potoků, jejichž vody odtékají do tří moří. Horské říčky zaříznuté do skalnatého podloží vytvářející mnohde peřeje a vodopády dávají Hrubému Jeseníku jeho přirozený krajinný ráz. Oblast je zásobárnou kvalitní podzemní vody, která na několika místech vystupuje na povrch ve formě léčebných pramenů. Je nepochybné, že vodní složka v nemalé míře v dávných dobách Jeseníky formovala a dodnes představuje jeden z dominantních prvků krajinné sféry této oblasti.

Prvotní myšlenka sepsání hydrologických charakteristik pohoří Jeseníků byla motivována snahou o bližší poznání a porozumění přírodním zákonitostem těchto krásných a drsných hor. Některá česká pohoří se již dočkala komplexního přírodovědného hodnocení v rámci rozsáhlých encyklopedických publikací. Pro Jeseníky však obdobná studie nebyla doposud předložena. V minulosti sice byla učiněna ojedinělá zpracování naměřených hydrologických dat, vždy však pouze pro vybrané vodní toky, či spíše pro jejich úseky.

Předložená práce shrnuje současné informace o vodstvu ve vymezené oblasti Jesenicka a v jeho přilehlém okolí. Předkládá aktuální údaje o všech vodních tocích odtékajících z Jesenicka a zároveň nově a uceleně zpracovává odtokové poměry vycházející z dlouhodobých měření a pozorování hydrologických prvků i jevů. Porovnává současné výsledky s dříve publikovanými údaji. Uvádí soupis stěžejních hydrologických prací dotýkajících se zájmové oblasti. Práce je pro dokreslení popisných informací doplněna řadou grafických a tabelárních výstupů a rovněž několika fotografiemi přibližujícími jedinečné přírodovědné hodnoty Jeseníků.

Je zjevné, že si tato práce nemůže činit nároky na komplexní a vyčerpávající znázornění všech hydrologických aspektů oblasti. Jejím přínosem je zejména určitý výchozí soubor aktuálních poznatků, na kterém již lze stavět podrobnější analýzy. Lze předpokládat, že může najít uplatnění v široké škále odvětví, především v oblasti životního prostředí, zemědělství a lesnictví.

Publikaci lze objednat na adrese:

**Český hydrometeorologický ústav, SIS,
Iva Sieglerová, Na Šabatce 17, 143 06 Praha 4-Komořany
Tel.: 244 032 721, e-mail: iva.sieglerova@chmi.cz**

Na objednávce uvádějte svoje IČ.

FUTURE FORCES FORUM

International Platform for Trends & Technologies in Defence & Security



- 12th International Exhibition
- 200+ Exhibitors
- International Organisations, Government, Military, Law Enforcement, EMS, Industry and Business Leaders
- Live demonstration areas (indoor and outdoor)



- Future Soldier/Dismounted Soldier Systems Projects & Lessons Learned
- Weapon systems, Optics, Sensors, Camouflage
- Survivability: Soldier Readiness, Protection, Endurance
- Mobility, C4I, Power and Connectors



- Designated Geospatial Information for State Security Forces and Organizations
- Modern Trends in the Hydrological and Meteorological Support of Armed Forces and Government
- Global Navigation Satellite Systems (GNSS) Future Challenges and Opportunities



- Strategic and Comprehensive CBRN Defence – CBRN Protection, WMD/CBRN Threats
- WMD Disablement, BMD (Ballistic Missiles Defence), Cyber Defence
- Civil-Military Cooperation on CBRN Defence
- R&D, CBRN Medical Countermeasures, Force Health Protection (FHP)



- Civil-Military Cooperation in Context of WMD/CBRN Defence Protection
- WMD/CBRN Threats – Terrorism, Cyber Defence in Context of Critical Infrastructure Protection, TIC/TIM, CBRN Reach Back
- Use of Robotics, Drones, New R&D Projects



- CBRN Medical Countermeasures – Innovative Approach, Pharmaceutical Aspects, Toxicology, Radiobiology
- Field Medicine – Advanced First Aid, Resuscitation Techniques, Materiel and Pharmacy Support, Robotics
- R&D in a Force Health Support



- Future Threats, Challenges and Opportunities of Advanced Robotic Systems
- Autonomous Systems and Robotic Swarms – R&D and Future Application
- Modelling and Simulation of Intelligent Systems – AI



- National and International Views on Future Development of Logistics and Related Technologies
- Capable Logistician Series



- Cyber Threats and Trends
- Crisis Management
- Critical Information Infrastructure Protection
- Hybrid Warfare



We are honored that the CZECH HYDROMETEOROLOGICAL INSTITUTE cooperate on Future Forces Forum



www.future-forces-forum.org

