



ČESKÝ HYDROMETEOROLOGICKÝ ÚSTAV
CZECH HYDROMETEOROLOGICAL INSTITUTE

METEOROLOGICKÉ ZPRÁVY

METEOROLOGICAL BULLETIN

<i>Kateřina Skripniková – Daniela Řezáčová – Petr Novák – Hana Kyznarová:</i> Krupobití v Česku podle radarových informací.	33
<i>Jan Mejsnar – Zbyněk Sokol:</i> Limity nowcastingu srážek extrapolací radarových odhadů srážek.	39
<i>Miloslav Hradil:</i> Ověření přesnosti modelu WAsP na projektu větrné elektrárny v Drahanech 2007–2015.	46
<i>Pavel Jůza:</i> Porovnání počtu tropických nocí a počtu dnů s minimální teplotou aspoň 20 °C a vyšší v ČR.	51

<i>Kateřina Skripnikov – Daniela Řezcov – Petr Novák – Hana Kyznarov: Hail in the Czech Republic as analysed on the basis of radar information</i>	33
<i>Jan Mejsnar – Zbyněk Sokol: Limits of precipitation nowcasting by the extrapolation of radar-derived rain rates</i>	39
<i>Miloslav Hradil: Verifying the accuracy of the WAsP model for the wind power plant project in Drahan in 2007–2015.</i>	46
<i>Pavel Jza: Comparison of the number of tropical nights with the number of days with a minimum temperature of no less than 20 C in the Czech Republic</i>	51

Abstracting and Indexing:

- Meteorological and Geostrophysical Abstracts

Meteorologick Zprávy, odborn recenzovan asopis se zamřenm na meteorologii, klimatologii, istotu ovzduř a hydrologii. Dvourmsnk

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

Vedou redaktor – Chief Editor

R. Tolasz, esk hydrometeorologick stav, Ostrava, esk republika

Redaktoři – Assistant Editors

O. řuvarinov, esk hydrometeorologický stav, Praha, esk republika

H. Stehlkov, esk hydrometeorologický stav, Praha, esk republika

Redakn rada – Editorial Board

J. Bednář, Univerzita Karlova, Praha, esk republika

J. Brechler, Univerzita Karlova, Praha, esk republika

R. Brořkov, esk hydrometeorologický stav, Praha, esk republika

R. Čekal, esk hydrometeorologický stav, Praha, esk republika

Z. Hork, Praha, esk republika

F. Hudec, Univerzita obrany, Brno, esk republika

I. Hnov, esk hydrometeorologický stav, Praha, esk republika

M. Kuerov, stav fyziky atmosféry AV R, Praha, esk republika

K. Krřka, Brno, esk republika

M. Lapin, Univerzita Komenského, Bratislava, Slovensk republika

F. Neuwirth, Zentralanstalt fr Meteorologie und Geodynamik, Wien, Austria

L. Němec, esk hydrometeorologický stav, Praha, esk republika

V. Pastřk, Slovensk hydrometeorologický stav, Bratislava, Slovensk republika

D. Řezcov, stav fyziky atmosféry AV R, Praha, esk republika

M. Setvák, esk hydrometeorologický stav, Praha, esk republika

J. Strachota, Praha, esk republika

J. Sulan, esk hydrometeorologický stav, Plzeň, esk republika

F. řopko, esk hydrometeorologický stav, Praha, esk republika

A. Vizina, Vzkumn stav vodohospodřsk T. G. Masaryka, v. v. i., Praha, esk republika

H. Vondrřkov, esk hydrometeorologický stav, Praha, esk republika

V. Vořenlek, Univerzita Palackého v Olomouci, Olomouc, esk republika

Vydavatel (redakce) – Publishers

- esk hydrometeorologický stav, Na řabatce 2050/17, 143 06 Praha 4-Komořany, telefon 244 032 722, 244 032 725, e-mail: hanka.stehlikova@chmi.cz. Sazba a tisk: Ing. Jiří řilar DTP. Rozřřuje a informace o pedplatnm podv a objednavky přijímá esk hydrometeorologický stav, SIS, Na řabatce 2050/17, 143 06 Praha 4-Komořany, iva.sieglerova@chmi.cz. Cena jednotlivého isla 35,- K, ron pedplatn 300,- Kč, včetně pořtovnho. Registrační islo MK R E 5107.

 Meteorologick Zprávy, esk hydrometeorologický stav

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

- ISSN 0026-1173

KRUPOBITÍ V ČESKU PODLE RADAROVÝCH INFORMACÍ

Kateřina Skripniková, Daniela Řezáčová, Ústav fyziky atmosféry AV ČR, v. v. i., Boční II 1401, 141 31 Praha 4-Spořilov, skripka@ufa.cas.cz, rez@ufa.cas.cz

Petr Novák, Hana Kyznarová, Český hydrometeorologický ústav, oddělení radarové, Generála Šišky 942, 143 00 Praha 4, petr.novak@chmi.cz, kyznarova@chmi.cz

Hail in the Czech Republic as analysed on the basis of radar information. Hailfall characteristics over the Czech Republic based on radar data from 2007–2014 are described in this paper. Selected radar-based criteria for hail detection with adjusted threshold values were examined for 38 severe hail events and 38 heavy rain events. A hail risk map based on the COMBI criterion was created. Hailstone size was discussed using the MEHS product. Finally, characteristic vertical reflectivity profiles and their temporal course were compared for hail events and heavy rain events.

KLÍČOVÁ SLOVA: kroupy – radar meteorologický – detekce krup radarová – Česká republika
KEYWORDS: hail – weather radar – radar-based hail detection – the Czech Republic

1. ÚVOD

Krupobití je časově i prostorově omezenou meteorologickou událostí. Postihnout klimatografii krupobití přes velké souvislé území je obtížné, protože pozemní síť meteorologických stanic není dostatečně hustá. V menší oblasti je možné použít hustou síť zachycovačů krup, tzv. „hailpadů“, tedy zařízení pro přímou detekci krup (viz např. Berthet et al. 2011). V Česku se však tato metoda nepoužívá vzhledem k malé četnosti krupobití nad danou fixní lokalitou a ekonomické i logistické náročnosti této metody. Možným řešením problému detekce krup je použití informací z meteorologických radarů, které poskytují data s dobrým časovým a prostorovým rozlišením. Pokud je k dispozici dostatečně dlouhá časová řada radarových měření, lze za pomoci vhodných metod studovat charakteristiky krupobití. Byly popsány různé algoritmy pro převod radarové odrazivosti na veličiny vhodné k rozpoznávání krup (viz např. Kunz, Kugel 2015) a několik těchto detekčních postupů bylo testováno i pro území Česka (Skripniková 2013; Skripniková, Řezáčová 2010, 2013, 2014).

V předcházejících člancích (Skripniková, Řezáčová 2010, 2013) byly prezentovány výsledky testování několika algoritmů pro detekci krup z radarových dat. Ve studiích Skripnikové a Řezáčové (2013, 2014) bylo popsáno kritérium COMBI vytvořené na základě testovaných algoritmů jako kombinace následujících tří kritérií pro detekci krup s upravenými prahovými hodnotami:

1. Waldvogelovo kritérium (Waldvogel et al. 1979) detekuje kroupy, pokud je splněna podmínka určitého výškového rozdílu mezi nulovou izotermou a nejvyšší izolinií 45 dBZ. Byly adjustovány prahové hodnoty jak pro výškový rozdíl, tak pro hodnotu prahové odrazivosti.

2. Severe Hail Index (SHI) je součástí algoritmu pro detekci krup HDA (Hail Detection Algorithm, Witt et al. 1998) a počítá se z toku kinetické energie krup získaného z vertikálního profilu radarové odrazivosti.
3. Pravděpodobnost nebezpečných krup (Probability of Severe Hail, POSH) vychází z SHI a používá empiricky zjištěné prahové hodnoty (warning threshold, WT) závislé na výšce nulové izotermu. Podrobněji je výpočet POSH pomocí WT vysvětlen v práci Witt et al. (1998).

Kritérium COMBI je v určitém pixelu splněno, pokud je splněno alespoň jedno z uvedených tří dílčích kritérií, přičemž prahové hodnoty dílčích kritérií byly pro použití v COMBI optimalizovány. Na základě COMBI kritéria byl ilustrován denní a roční chod výskytu a plošný rozsah krupobití v Česku v letních sezonách 2007–2012 (Skripniková 2013). Nyní se pracuje s rozšířenými daty z let 2007 až 2014 a v článku jsou shrnuty nové výsledky získané na tomto rozšířeném souboru vstupních dat.

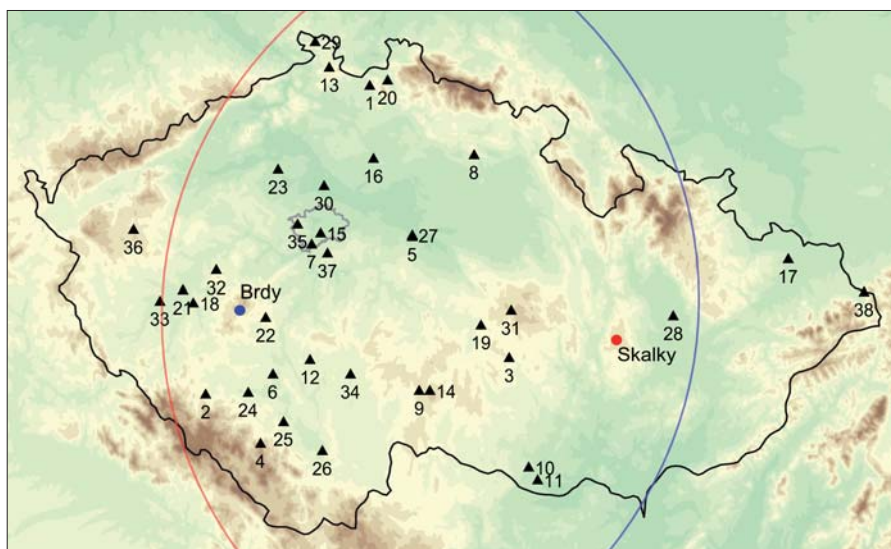
Text článku je rozdělen do 7 částí. Následující druhá část popisuje rozšířený soubor vstupních událostí s krupobitím a srovnávací soubor událostí s přivalovými srážkami bez krup. Ve třetí části je ověřena úspěšnost detekce krupobití dříve adjustovanými algoritmy (Skripniková 2013) na rozšířeném souboru událostí s krupobitím. Čtvrtá část článku se zabývá analýzou plošného geografického rozložení krupobití detekovaného na území Česka za období 2007 až 2014 a diskutuje další charakteristiky krupobití, jak je odvozuje z radarových dat. V páté části se řeší detekce velikosti krup. V šesté části článku se autoři věnují vertikálnímu profilu radarové odrazivosti, jak se liší pro kroupové události a události s přivalovým deštěm. Získané výsledky jsou shrnuty v závěrečné sedmé části.

2. DATA

K detekci krupobití byla použita v této studii sloučená informace ze dvou radarů sítě CZRAD provozované ČHMÚ. Radarová data pro měsíce květen až srpen z let 2007–2014 mají prostorové rozlišení 1×1 km a časové 5 minut. Do výpočtů vstupuje 3D radarová informace obsahující 39 hladin pseudoCAPPI, s vertikálním krokem 0,5 km. Ve výpočtech kritérií byly použity také informace o teplotním zvrstvení atmosféry, konkrétně výška nulové izotermy a výška izotermy $-20\text{ }^{\circ}\text{C}$. Tato data byla získána z aerologických sondáží, vždy pro každý den z poledního výstupu v Praze-Libuši.

Pro rozšířené testování detekce krup byl sestaven soubor informací o výskytu krupobití na území Česka, který obsahuje 38 dobře dokumentovaných událostí z let 2007 až 2014. Informace o výskytu krup pocházejí z různých zdrojů. Byly využity zprávy od přímých pozorovatelů, články na zpravodajských webech, Evropská databáze nebezpečných meteorologických jevů ESWD (Dotzek et al. 2009), informace o velikosti krup zaznamenaných na stanicích z hlášení SYNOP a přístupných na stránkách ogimet.com (OGIMET 2016) a informace o význačném počasí podle ČHMÚ (2012). Událost je vždy určena datem a časem výskytu a dále názvem obce či města výskytu. Čas výskytu je v databázi ESWD obvykle určen intervalem různého trvání. Kombinací s informacemi z dalších zdrojů byl každé události přiřazen čas, který je ale stále spíše středovou hodnotou časového intervalu než přesnou minutou výskytu krupobití. Doplnující informace zahrnují údaje o velikosti krup, způsobených škodách na majetku a vegetaci, mohutnost napadané vrstvy krup aj. Zaznamenány jsou tedy události s významnými škodami, které způsobují velké kroupy. V této studii jsou chápány velké kroupy v souladu s definicí ESWD (ESWD 2017) jako kroupy s největším průměrem alespoň 2 cm.

Pro porovnání charakteristik kroupových a nekroupových srážkových událostí byly shromážděny také informace o 38 událostech přívalového deště za stejné období let 2007 až 2014. Data byla vybrána z databáze ESWD tak, aby ve stejném dnu nebyl hlášen výskyt krup. Čas události s přívalovým deštěm je také spíše středem časového intervalu, ve kterém se přívalový dešť vyskytl.



Obr. 1 Poloha 38 událostí s krupobitím. Označení událostí odpovídá údajům v tab. 1. Červený a modrý bod označují polohu radarů a odpovídající čára vyznačuje maximální dosah měření radaru.

Fig. 1. The locations of the 38 hail events. The event labels correspond to the event numbers in Table 1. The red and blue circles indicate the position of radars and the red and blue lines indicate their corresponding radar ranges.

Přehled všech událostí zahrnutých do studie je uveden v tab. 1 a poloha výskytu kroupových událostí je vyznačena v obr. 1. Soubor 38 událostí s krupobitím zahrnuje i 13 událostí použitých dříve k adjustaci prahových hodnot pro kritéria detekce krupobití (Skripniková 2013). K této adjustaci bylo použito také 12 událostí z let 2002 až 2006, které však nebyly do této studie zahrnuty, protože se opíraly o radarová data jiné struktury. Testování kritérií v části 3 je tak prováděno pouze na 25 nových událostech s krupobitím, které nebyly použity k adjustaci prahových hodnot. Těchto 25 nových událostí je v tab. 1 označeno číslem v závorce.

3. ÚSPĚŠNOST ALGORITMŮ PRO DETEKCI KRUP NA ROZŠÍŘENÉM SOUBORU DAT

Na rozšířeném souboru dat o výskytu krupobití byly testovány metody pro detekci krup pomocí dat z radarových měření. Pozornost byla věnována zejména metodám, které nejlépe detekovaly krupobití v předchozím testování (Skripniková, Řezáčová 2014), tzn. Waldvogelovu kritériu, Indexu nebezpečných krup (SHI), Pravděpodobnosti nebezpečných krup (POSH), Vertikálně integrovanému vodnímu obsahu (VIL) a také kritériu COMBI. Metody byly testovány v různých časoprostorových oknech kolem výskytu události doložené z nezávislých informací. Z prostorového hlediska byly použity kruhové oblasti o průměru 5, 11, 15 a 35 km a časové hledisko zahrnovalo intervaly 30 minut, 1 hodina, 2 hodiny a 4 hodiny kolem výskytu události. Časoprostorová okna vyjadřují nejistotu v přesném určení času a polohy výskytu krupobití. Studovány jsou podmínky v určitém časovém intervalu a oblasti, které doprovázejí výskyt krup.

V těchto časoprostorových oknech byl určen počet správně detekovaných událostí pro prahové hodnoty kritérií adjustované v předchozí práci (Skripniková 2013), viz tab. 2. Z 38 událostí uvedených v tab. 1 bylo do testování zahrnuto 25 událostí, které nebyly použity při adjustaci prahových hodnot kritérií Skripnikovou (2013). Výsledky testů pro různá časoprostorová okna jsou na obr. 2. Jako nejvhodnější bylo vyhodnoceno časoprostorové okno s průměrem 11 km a období jedné hodiny kolem události. Při zvětšování okna až na oblast o průměru 35 km a období 4 hodin se počet detekovaných událostí téměř nemění. Při zmenšení okna dochází naopak k poklesu kvality detekce. Vliv změny velikosti časového okna a změny velikosti prostorového okna na počet detekovaných událostí je srovnatelný. Testovaná kritéria detekují 21 až 23 z 25 událostí s krupobitím (obr. 3). Žádné kritérium nedetekovalo událost číslo 35 (podle tab. 1) z 2. 5. 2014 v Praze-Ruzyni. K tomuto krupobití došlo na začátku května, kdy výška nulové izotermy dosahovala 2 364 m a výška izotermy $-20\text{ }^{\circ}\text{C}$ byla 5 419 m. To jsou nejnižší hodnoty ze všech sledovaných událostí s krupobitím. Dále událost číslo 38 z 3. 8. 2014 v Nýdku u Jablunkova byla detekována pouze kritériem VIL a ostatní kritéria ji nezaznamenala. Tato událost se odehrála daleko za dosahem radaru Brdy.

Testování detekčních kritérií na rozšířeném souboru událostí s krupobitím tedy potvrdilo schopnost těchto kritérií detekovat kroupy. Kritérium COMBI (Skripniková, Řezáčová 2014) detekuje v časoprostorovém okně jedné hodiny a průměru 11 km celkem 23 událostí z 25 testovaných.

Pro porovnání chování radarových informací při událostech s krupobitím a bez krupobití byla testována kritéria detekce krup také na událostech přivalového deště vybraných z databáze ESWD. Zjišťovalo se, kolik událostí přivalového deště kritéria detekují jako kroupová. Události přivalového deště byly vybírány tak, aby současně nebyly pozorovány kroupy. Výskyt krupobití však nelze zcela vyloučit. Výsledky jsou shrnuty v obr. 3. Z obrázku vyplývá, že při použití prahových hodnot získaných jako nejhodnější pro detekci krup jsou z celkem 38 zaznamenaných událostí s přivalovým deštěm detekovány kroupy během 4 až 6 událostí. Všechna kritéria shodně detekují kroupy při třech událostech z července a srpna 2012 (číslo 16, 17 a 20 v tab. 1). Přesto je rozdíl mezi detekcí krup u událostí s krupobitím a událostí s přivalovým deštěm zcela zřetelný.

Úspěšnost testovaných kritérií na souboru událostí s krupobitím je srovnatelná. Při stanovení počtu událostí přivalového deště detekovaných jako kroupové se jeví jako nejhodnější kritérium VIL (obr. 3). Přesto je v následujících kapitolách k detekci krup použito kritérium COMBI i vzhledem k výsledkům v předcházející práci (Skripniková 2013).

Tab. 2 Optimální prahové hodnoty získané při testování na událostech z let 2002–2011 (Skripniková 2013) pro jednotlivé detekční metody.

Table 2. Optimum threshold values, obtained by using data from 2002–2011 (Skripniková 2013), for single detection methods.

METODA	POUŽÍVANÉ PRAHOVÉ HODNOTY
VIL	34 kg.m ⁻²
SHI	45–55 dBZ; 50 J.m ⁻¹ .s ⁻¹
POSH	45–55 dBZ; 30 %
Waldvogel	54 dBZ; 3 000 m
COMBI	Platí alespoň jedno z kritérií: SHI (40–50 dBZ) 60 J.m ⁻¹ .s ⁻¹ ; POSH (45–55 dBZ) 30 %; Waldvogelovo (52 dBZ) 5 500 m

Tab. 1 Přehled základních údajů pro 38 událostí s krupobitím a 38 událostí s přivalovým deštěm, které jsou zahrnuty do sledovaného souboru informací. Čas události je orientační středovou hodnotou získanou z různých zdrojů.

Table 1. The list of 38 hail events and 38 heavy rain events included in the data set of events. The time occurrence represents the characteristic mean value based on various sources of information.

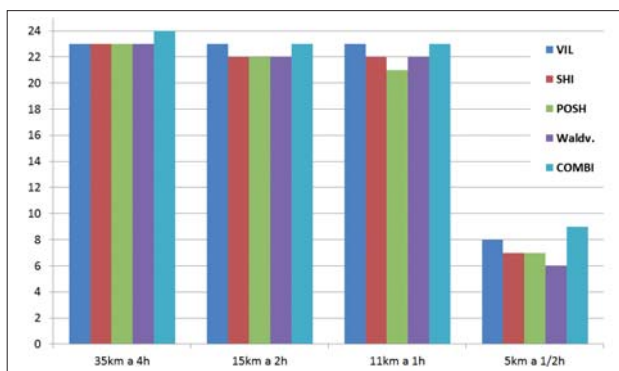
Č.	KRUPOBITÍ				PŘIVALOVÝ DEŠŤ		
	DATUM	ČAS (UTC)	MÍSTO		DATUM	ČAS (UTC)	MÍSTO
1	14. 5. 2007	16:30	Zdílava u Jablonného		8. 8. 2007	17:00	Kadaň
2	25. 5. 2007	12:30	Chmelná u Sušice		10. 8. 2007	11:00	Dolní Štěpanice
3	26. 5. 2007	14:00	Netín u Velkého Meziříčí	(1)	19. 8. 2007	20:00	Praha-Libuš
4	15. 6. 2007	12:30	Prachovice	(2)	18. 5. 2008	18:00	Holešov
5	21. 6. 2007	13:00	Kolín	(3)	4. 6. 2008	12:00	Lysá Hora
6	23. 8. 2007	16:50	Zlívce u Písku		13. 7. 2008	16:26	Velké Svatoňovice
7	1. 6. 2008	15:30	Praha-Komořany		11. 5. 2009	16:00	Rýmařov
8	25. 6. 2008	16:20	Zdobín u Dvora Král. n. L.	(4)	29. 6. 2009	16:00	Slavonice
9	3. 7. 2008	19:30	Počátky		2. 7. 2009	10:15	Tanvald
10	6. 6. 2009	16:00	Znojmo-Kuchařovice	(5)	15. 7. 2009	15:10	Český Krumlov
11	9. 6. 2009	22:00	Derflice		18. 7. 2010	6:00	Hamry
12	2. 8. 2009	13:35	Líšnice u Milevska		22. 6. 2011	16:58	Vědlice
13	24. 5. 2010	15:00	Jedlová u Varnsdorfu	(6)	30. 6. 2011	12:00	Jablonné nad Orlicí
14	12. 6. 2010	16:45	Horní Dubenky-Vysočina		14. 8. 2011	18:33	Litvínov
15	15. 8. 2010	19:15	Praha-Spořilov		3. 7. 2012	17:30	Švihov
16	22. 6. 2011	17:00	Mladá Boleslav		10. 7. 2012	10:45	České Budějovice
17	7. 7. 2011	13:45	Ostrava-Poruba		28. 7. 2012	17:00	Bahno
18	19. 8. 2011	13:30	Starý Plzeňec-Plzeň		28. 7. 2012	19:00	Desná
19	24. 8. 2011	16:30	Přibyslav-Vysočina		6. 8. 2012	20:30	Paseka
20	16. 6. 2012	16:50	Stráž nad Nisou-Liberecko	(7)	21. 8. 2012	13:30	Horní Maršov
21	18. 6. 2012	15:00	Plzeň-Bolevec	(8)	29. 7. 2013	20:30	Velké Svatoňovice
22	2. 7. 2012	19:30	Milín u Příbrami	(9)	4. 8. 2013	2:00	Voznice
23	5. 7. 2012	16:20	Martiněves u Roudn. n. L.	(10)	4. 8. 2013	16:00	Bezvěrov
24	8. 7. 2012	13:20	Strakonicko	(11)	6. 8. 2013	19:00	Karlovy Vary
25	4. 8. 2012	14:30	Chelčice	(12)	9. 8. 2013	14:00	Vlkonice
26	4. 8. 2012	16:00	České Budějovice	(13)	27. 7. 2014	21:00	Česká Lípa
27	22. 8. 2012	13:45	Kolín	(14)	27. 7. 2014	17:50	Olomouc-Holice
28	22. 8. 2012	15:10	Olomouc	(15)	28. 7. 2014	15:10	Doksy
29	9. 6. 2013	11:05	Šluknov	(16)	28. 7. 2014	14:00	Huslenky
30	9. 6. 2013	14:15	Libiř	(17)	30. 7. 2014	17:10	Hejnice
31	18. 6. 2013	15:55	Cíkháj	(18)	30. 7. 2014	14:00	Kounov
32	20. 6. 2013	14:30	Vejvanov u Rokycan	(19)	31. 7. 2014	15:00	Janov
33	20. 6. 2013	20:30	Nýřany u Plzně	(20)	31. 7. 2014	12:00	Brno-Žebovřesky
34	29. 7. 2013	16:10	Planá nad Lužnicí	(21)	31. 7. 2014	4:00	Štoky
35	2. 5. 2014	13:50	Praha-Ruzyně	(22)	9. 8. 2014	15:30	Šternberk
36	11. 6. 2014	13:30	Toužim	(23)	10. 8. 2014	15:50	Lomnice nad Popelkou
37	11. 6. 2014	16:00	Dolní Jirčany	(24)	11. 8. 2014	12:40	Valašská Bystřice
38	3. 8. 2014	14:20	Nýdek	(25)	23. 8. 2014	17:20	Prušánky

4. VÍCELETÉ CHARAKTERISTIKY DETEKOVANÉHO KRUPOBITÍ V ČESKU

Na základě kritéria COMBI byla vytvořena mapa plošného rozložení průměrného počtu dní s krupobitím, jak bylo kritériem detekováno pro měsíce květen až srpen 2007–2014.

V každém termínu radarového měření a v každém radarovém pixelu na území Česka bylo vyhodnoceno kritérium COMBI. Den je v konkrétním pixelu udáván jako kroupový, pokud jsou alespoň v jednom termínu detekovány kroupy. Při zobrazování a dalším hodnocení kritéria COMBI je vynechána oblast do 15 km od stanovišť radarů. Projevují se zde vlastnosti produktu pseudoCAPPI, který byl použit pro výpočty.

Výsledná mapa je na obr. 4 a vyjadřuje plošné rozložení výskytu krupobití v Česku za sledované osmileté období. Vzhledem k událostem, pro které bylo kritérium testováno,



Obr. 2 Počet událostí detekovaných jako kroupové pro kritéria uvedená v legendě a pro různá časoprostorová okna vyznačená na vodorovné ose jako průměr oblasti a časový úsek kolem události.

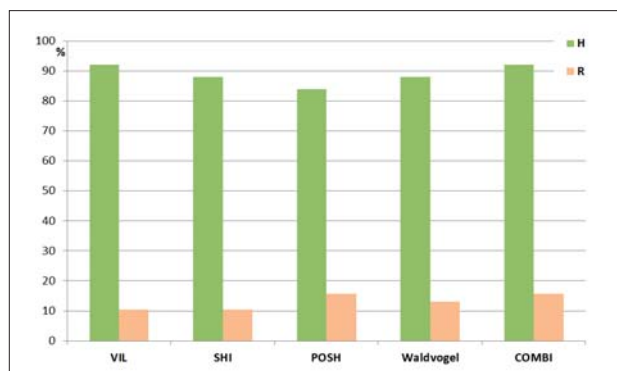
Fig. 2. Number of hail events detected by the hail detection criteria (see the legend) and for several time and space intervals. The x-axis gives the interval parameters, i.e. the area diameter and the time interval around the event.

jsou detekována silná krupobití s velkými kroupami (viz kap. 2). Nejčastěji byla silná krupobití detekována v Pošumaví, ve Šluknovském výběžku, na Třeboňsku a západně od Brna. Je zřejmé, že plošná informace je limitována rozsahem použitých dat z osmi letních období let 2007 až 2014. Znárodnuje však možnost využití detekčního algoritmu při vyjádření rizika výskytu krup v Česku.

Denní a sezonní chod výskytu detekovaného krupobití v Česku byl popsán již v předešlém článku (Skripniková, Řezáčová 2013). V denním chodu připadá maximum pixelů, kdy je kritériem COMBI detekován výskyt krup, na období mezi 14. a 18. hodinou. V sezonním chodu je nevýrazné maximum počtu detekovaných kroupových dní v červenci při použití definice dne s krupobitím, která vyžaduje detekci jednoho pixelu v jednom termínu za den jako kroupového. Při použití tvrdších definic dne s krupobitím, které požadují až devět detekovaných pixelů ve třech termínech, se sezonní chod shlazuje, a maximum se posouvá do června či května.

5. DETEKCE VELIKOSTI KRUP

Kritérium COMBI bylo testováno a adjustováno na souboru událostí s výskytem krup, které měly značný ničivý účinek. Škody na budovách a automobilech jsou způsobovány kroupami přibližně od 2 cm v průměru (např. Hohl et al. 2002; Kunz a Kugel 2015). Lze tedy očekávat, že kritérium COMBI detekuje především silná krupobití s velkými kroupami. Abychom porovnali krupobití detekovaná pomocí COMBI kritéria s velikostí krup určenou jiným způsobem, byl použit vztah odvozený (Witt et al. 1998) pro výpočet maximální velikosti krup (MEHS). Výpočet MEHS vychází z kritéria SHI a používá vztah: $MEHS = 2,54 (SHI)^{0,5}$. Stanovena tedy byla hodnota MEHS

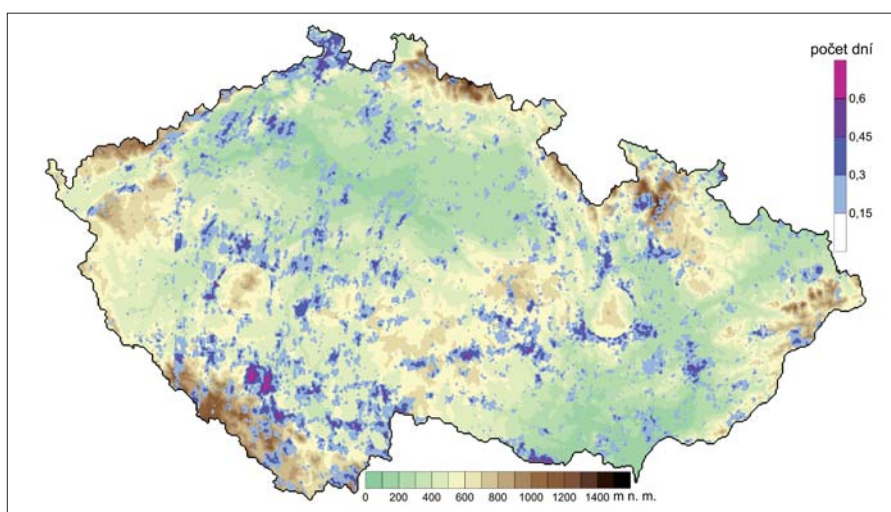


Obr. 3 Relativní počet detekovaných událostí s krupobitím (H) a relativní počet událostí přívalového deště (R) detekovaných jako kroupové pro VIL, SHI, POSH, Waldvogelovo kritérium a kritérium COMBI. Byla sledována oblast o průměru 11 km a období jedné hodiny kolem události.

Fig. 3. The relative number of detected hail events (H) and relative number of heavy rain events (R) detected as hail fall for VIL, SHI, POSH, and Waldvogel criteria and the COMBI criterion. The areas within a 5.5 km radius during the time interval of 1 hour around the events were taken into account.

k určení počtu pixelů s malými kroupami a s velkými ničivými kroupami za celé období letních měsíců 2007 až 2014 a porovnány hodnoty pro velké kroupy s počty pixelů, ve kterých je krupobití detekováno pomocí kritéria COMBI. Za studované období čtyř měsíců let 2007–2014 je kritériem COMBI detekováno 57 088 kroupových pixelů v 292 dnech. Pomocí MEHS je ve stejném období nalezeno 50 169 pixelů v 258 dnech s kroupami o maximálním průměru nad 2 cm. Srovnatelné počty detekovaných pixelů a termínů potvrzují, že kritérium COMBI detekuje spíše velké kroupy s průměrem od 2 cm.

V grafu na obr. 5 jsou pro sledované měsíce znázorněny celkové počty pixelů, kde kritérium COMBI detekuje kroupy a MEHS detekuje velké kroupy. Kromě pixelů s výskytem velkých krup indikovala hodnota MEHS v řadě dalších pixelů i výskyt krup malých o průměru 0,5 až 2 cm. Malých krup s maximálním průměrem do 2 cm detekuje MEHS výrazně více než velkých. Lze tedy předpokládat, že krupobití detekovaná kritériem COMBI mohou být doprovázena i malými kroupami, které kritérium COMBI nedetekuje.



Obr. 4 Průměrný roční počet dní s krupobitím na území Česka za květen až srpen 2007–2014 při použití COMBI kritéria s rozšířením platnosti „kroupových“ pixelů na 3×3 km.

Fig. 4. Mean annual number of hail days over the Czech Republic from May to August 2007–2014 according to the COMBI criterion with expanded "hail" pixels to 3×3 km.

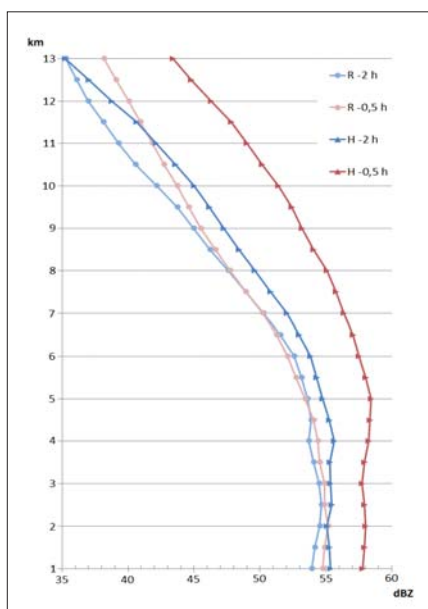
6. VERTIKÁLNÍ PROFIL RADAROVÉ ODRAZIVOSTI

Metody detekce krup z radarových informací vycházejí především z vlastností vertikálního profilu radarové odrazivosti. Obecně se předpokládá, že vysoké hodnoty odrazivosti od určité výšky nad nulovou izotermou ukazují na výskyt krup. Vysoká odrazivost značí výskyt velkých cílů, typicky krup, a dostatečná výška radarových cílů nad nulovou izotermou indikuje silný vzestupný proud, který tyto srážkové částice udrží ve výšce. Porovnávají jsou proto vertikální profily odrazivosti pro 38 událostí s krupobitím a pro 38 případů přivalového deště bez hlášených krup.

Na obr. 6 jsou zobrazeny střední vertikální profily maximální odrazivosti dvě hodiny a půl hodiny před událostí s krupobitím či přivalovým deštěm. Vertikální profily jsou konstruovány jako průměr přes 38 událostí s krupobitím, resp. přivalovým deštěm, přičemž pro každou událost bylo hledáno maximum v jejím okolí o průměru 35 km. Křivky pro události s krupobitím a s přivalovým deštěm v čase dvě hodiny před událostí jsou si blízko, maximální odrazivost se tedy v okolí budoucí události příliš neliší. V čase půl hodiny před událostí však již střední hodnoty maximální odrazivosti pro události s přivalovým deštěm dosahují hodnot o 3 až 8 dBZ nižších než pro události s krupobitím. Výchozí podmínky jsou tedy srovnatelné pro oblasti, kde se vyskytne krupobití a přivalový déšť, pokud průměrujeme přes velkou oblast s průměrem 35 km a v čase přibližně dvě hodiny před událostí. V menších oblastech nebo blíže ke srážkové události se střední vertikální profily maximální odrazivosti pro události s krupobitím a s přivalovým deštěm zřetelně liší.

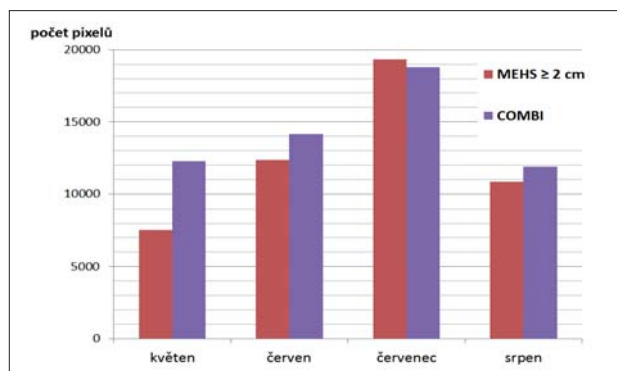
Na obr. 7 je ukázán vertikální profil počtu pixelů nad uvedenými prahovými hodnotami radarové odrazivosti v okolí události. Graf jasně indikuje výrazně vyšší počet pixelů přesahujících hodnotu 45 dBZ pro události s krupobitím.

Dále se autoři zabývali časovým vývojem maximální výšky určitých zvolených hodnot odrazivosti (obr. 8). Pokud je porovnávána maximální výška výskytu odrazivosti 30 a 50 dBZ, je patrné, že hodinu před hlášenou událostí je výškový rozdíl maximálních hladin těchto odrazivosti větší pro události bez krup (9,2 km) než pro události s krupobitím (2,2 km). Rigo a Llasat (2016) se zabývali časovým vývojem konvekčních buněk produkujících kroupy a buněk bez krupobití a zjistili, že malý výškový rozdíl mezi maximálními hladinami 30 a 50 dBZ v buňce zvyšuje pravděpodobnost krupobití. Toto zjištění odpovídá výsledkům této studie, i když autoři nepracovali s detekovanými konvekčními buňkami, ale s pevným okolím události. Výsledek ale souvisí s celkovým počtem pixelů nad prahovými hodnotami 30 a 50 dBZ, které se vyskytují v okolí kroupových a nekroupových událostí v průběhu 4 hodin. Hodinu před termínem kroupové události je v okolí výraz-



Obr. 6 Střední vertikální profil maximální odrazivosti v okolí události o průměru 35 km v čase 2 hodiny a půl hodiny před událostí s krupobitím (H) a s přivalovým deštěm (R).

Fig. 6. Mean vertical profile of maximum reflectivity within a 17.5 km radius around the hail (H) or heavy rain (R) event. The profiles correspond to 2 hours and 0.5 hour before the event.



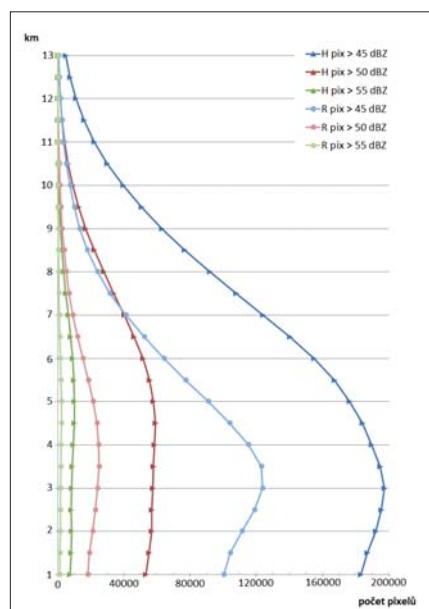
Obr. 5 Celkové počty pixelů s MEHS detekujícím malé (0,5–2 cm) a velké kroupy (≥2 cm) v jednotlivých měsících 2007–2014.

Fig. 5. Total number of hail pixels with MEHS detecting small (0.5–2 cm) and large (≥2 cm) hail in the months from May to August 2007–2014.

ně nižší počet pixelů přesahujících 30 dBZ než v případě události přivalového deště.

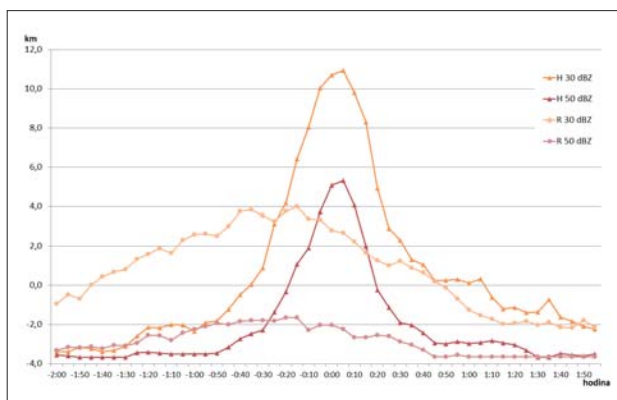
7. ZÁVĚR

Článek prezentuje charakteristiky krupobití v Česku odvozené z měření meteorologických radarů během let 2007 až 2014. Dříve odvozená kritéria detekce krup založená na metodách popsaných v literatuře, ale s adjustovanými prahovými hodnotami, byla otestována na souboru 25 nezávislých událostí se silným krupobitím. Výsledky prokázaly schopnost kritérií, zejména kritéria COMBI, detekovat kroupy na území Česka v oblasti dobře pokryté radarovou informací. Bylo detekováno celkem 23 událostí z 25 zaznamenaných. Pro ilustraci míry falešné detekce krup bylo kritérium COMBI testováno také na souboru 38 událostí přivalového deště převzatých z databáze ESWD. Z těchto událostí bylo při



Obr. 7 Vertikální profil počtu pixelů, v nichž odrazivost překračuje prahové hodnoty 45, 50 a 55 dBZ v okolí události o průměru 11 km pro události s krupobitím (H) a s přivalovým deštěm (R).

Fig. 7. The vertical profiles of the number of pixels where reflectivity exceeds the thresholds of 45, 50, and 55 dBZ within a 5.5 km radius around the hail (H) and heavy rain (R) events.



Obr. 8 Časový vývoj průměrné (přes události s krupobitím a přes události s přivalovým deštěm) maximální (přes oblast) výšky odrazivosti 30 a 50 dBZ vzhledem k výšce nulové izotermy během 4 hodin v oblasti o průměru 11 km kolem události s krupobitím (H) a s přivalovým deštěm (R).

Fig. 8. Temporal course (during hail events and heavy rain events) of the mean maximum (over the area) height of reflectivity of 30 and 50 dBZ relative to the zero isotherm height within 4 hours and within a 5.5 km radius around the hail (H) and heavy rain (R) events.

6 z nich kritériem COMBI detekováno krupobití. Za použití kritéria COMBI bylo zjištěno prostorové rozložení četnosti krupobití za květen až srpen osmiletého období 2007 až 2014. Největší roční četnost detekovaného krupobití dosahuje hodnoty nižší než jeden den za rok.

Vzhledem k povaze dat, na kterých bylo kritérium COMBI odvozeno a testováno, detekuje toto kritérium především silná krupobití s kroupami o průměru 2 cm a více. Počet pixelů s detekovaným krupobitím pomocí COMBI byl proto porovnán s počtem pixelů, ve kterých byla maximální velikost krup odhadnuta pomocí maximální očekávané velikosti krup (MEHS). Srovnání ukázalo, že počet pixelů detekovaných kritériem COMBI je srovnatelný s počtem pixelů, v nichž se na základě MEHS vyskytují kroupy s maximální velikostí o průměru větším než 2 cm. Kromě krupobití detekovaných pomocí kritéria COMBI se tedy mohou vyskytovat krupobití s menšími kroupami, které kritérium COMBI nedetekuje.

Dále jsou v článku uvedeny poznatky o odlišném chování vertikálního profilu radarové odrazivosti průměrované přes 38 události s krupobitím a 38 události přivalového deště. Průměrný vertikální profil maximální odrazivosti byl studován v pevně definovaném okolí události a ukazuje nárůst odlišnosti profilů spojených s výskytem krup a s přivalovým deštěm v době od půl hodiny před událostí. Oblasti s výskytem krupobití vykazují větší počty pixelů se silnou odrazivostí a větší výšku vysokých hodnot odrazivosti než události s přivalovým deštěm. Pro vývoj krupobití je charakteristický prudký nárůst výšky silné radarové odrazivosti (30 a 50 dBZ) následovaný o něco mírnějším poklesem. U události přivalového deště je výskyt těchto silných odrazivostí roztažen do delšího období, s maximem půl hodiny před hlášenou událostí na zemi. Výška silné odrazivosti u krup podstatně převyšuje stejné hodnoty odrazivosti u přivalových srážek.

Práce věnující se krupobití detekovanému pomocí radarových dat bude pokračovat dalším rozšiřováním databáze události s krupobitím, přičemž zejména v letní sezoně 2016 se vyskytlo několik význačných událostí. Přestože nová generace radarů sítě CZRAD instalovaných během roku 2015 již umožňuje provádět polarimetrická měření (Novák, Kyznarová 2016), pro studie víceletých charakteristik je stále potřeba odvozovat

výskyt krup z radarových informací měřených s jednoduchou polarizací. Polarimetrické radary poskytují nové typy dat, která bude možné použít pro zlepšené rozlišení typu radarových cílů. S rostoucí dostupností polarimetrických dat a délkou doby polarimetrických měření v obnovené síti CZRAD tedy budou studovány možnosti zlepšení detekce krup pomocí polarimetrických veličin.

Poděkování:

Autoři děkují oběma odborným recenzentům za konstruktivní připomínky, které přispěly ke kvalitě a srozumitelnosti textu.

Literatura:

- BERTHET, C., DESSENS, J., SANCHEZ, J. L., 2011. Regional and yearly variations of hail frequency and intensity in France. *Atmospheric Research*, Vol. **100**, s. 391–400. ISSN 0169-8095.
- ČHMÚ, 2012. Význačné počasí [online]. [cit. 17. 10. 2012] Dostupné z WWW: <http://old.chmi.cz/meteo/om/prubeh/vyzpoc>.
- DOTZEK, N., GROENEMEIJER, P., FEUERSTEIN, B., HOLZER, A. M., 2009. Overview of ESSL's severe convective storms research using the European Severe Weather Database ESWD. *Atmospheric Research*, Vol. **93**, s. 575–586. ISSN 0169-8095.
- ESWD, 2017. Definice jevů (česky) [online]. [cit. 14. 3. 2017] Dostupné z WWW: http://www.eswd.eu/cgi-bin/eswd.cgi?action=submit1&lang=cz_60&lastquery=12125288006.
- HOHL, R., SCHIESSER, H. H., ALLER, D., 2002. Hailfall: the relationship between radar-derived hail kinetic energy and hail damage to buildings. *Atmospheric Research*, Vol. **63**, s. 177–207. ISSN 0169-8095.
- KUNZ, M., KUGEL, P. I. S., 2015. Detection of hail signatures from single-polarization C-band radar reflectivity. *Atmospheric Research*, Vol. **153**, s. 565–577. ISSN 0169-8095.
- NOVÁK, P., KYZNAROVÁ, H., 2016. Obnova meteorologické radarové sítě CZRAD v roce 2015. *Meteorologické zprávy*, roč. **69**, č. 1, s. 17–24. ISSN 0026-1173.
- OGIMET, 2016. Synop reports [online]. [cit. 12. 12. 2016]. Dostupné z WWW: <http://www.ogimet.com/home.phtml.en>.
- RIGO, T., LLASAT, M. C., 2016. Forecasting hailfall using parameters for convective cells identified by radar. *Atmospheric Research*, Vol. **169**, s. 366–376. ISSN 0169-8095.
- SKRIPNIKOVÁ, K., 2013. Detekce krup pomocí dat z meteorologických radarů. Disertační práce, Přírodovědecká fakulta Univerzity Karlovy v Praze.
- SKRIPNIKOVÁ, K., ŘEZÁČOVÁ, D., 2014. Radar-based hail detection. *Atmospheric Research*, Vol. **144**, s. 175–185. ISSN 0169-8095.
- SKRIPNIKOVÁ, K., ŘEZÁČOVÁ, D., 2013. Hodnocení kritérií pro detekci výskytu krup využívajících radarová měření. *Meteorologické zprávy*, roč. **66**, č. 4, s. 97–103. ISSN 0026-1173.
- SKRIPNIKOVÁ, K., ŘEZÁČOVÁ, D., 2010. Detekce výskytu krup pomocí radarových dat. *Meteorologické zprávy*, roč. **63**, č. 3, s. 76–82. ISSN 0026-1173.
- WALDVOGEL, A., FEDERER, B., GRIMM, P., 1979. Criteria for detection of hail cells. *Journal of Applied Meteorology*, Vol. **18**, s. 1521–1525. ISSN 1558-8424.
- WITT, A., EILTS, M. D., STUMPF, G. J., JOHNSON, J. T., MITCHEL, E. D., THOMAS, K. W., 1998. An enhanced hail detection algorithm for the WSR-88D. *Weather and Forecasting*, Vol. **13**, s. 286–303. ISSN 0882-8156.

Lektoři (Reviewers): RNDr. Jan Kráčmar, Mgr. Marián Jurašek

LIMITY NOWCASTINGU SRÁŽEK EXTRAPOLACÍ RADAROVÝCH ODHADŮ SRÁŽEK

Jan Mejstnar, Ústav fyziky atmosféry AV ČR, v. v. i., oddělení meteorologie, Boční II 1401, 141 31 Praha 4-Spořilov; Univerzita Karlova v Praze, Matematicko-fyzikální fakulta, katedra fyziky atmosféry, V Holešovičkách 2, 180 00 Praha 8, mejstnar@ufa.cas.cz

Zbyněk Sokol, Ústav fyziky atmosféry AV ČR, v. v. i., oddělení meteorologie, Boční II 1401, 141 31 Praha 4-Spořilov, sokol@ufa.cas.cz

Limits of precipitation nowcasting by the extrapolation of radar-derived rain rates. Contemporary precipitation nowcasting and very short-range forecasting systems primarily use the extrapolation of current radar reflectivity. In this study, we computed the extrapolated radar reflectivity fields for 20 summer months in the Czech Republic. All 88,128 ten-minute time slots were characterized by parameters like daytime, average velocity, average precipitation, weather type, number of convective cores, intensity of rain in the cores, share of core precipitation to total precipitation, trends over the last 30 minutes, and other characteristics. There were 37,526 observations with a given area-averaged precipitation threshold which were verified. Firstly, we focused on the limits of predictions and the uncertainty of these predictions. These limits in general differ for different precipitation types, daytime, etc. Predictions with persistence predictions were then compared. Finally, we analysed statistics on the precipitation prediction limits for selected precipitation events with a flash flood threat. Special attention was paid to two case studies: the June-July 2009 flash flooding situation and the 15 August 2010 Prague supercell event with a hailstorm.

KLÍČOVÁ SLOVA: předpověď srážek velmi krátkodobá – nowcasting srážek – extrapolace radarové odrazivosti – korelace – srážky konvektivní

KEYWORDS: Precipitation nowcasting – radar derived rain rates extrapolation – decorrelation time – convective precipitation

1. ÚVOD

Pro velmi krátkodobou předpověď srážek s délkou předpovědi do několika hodin se zpravidla využívají metody založené na extrapolaci aktuálního pole radarové odrazivosti (např. Germann a Zawadzki 2002; Novák a kol. 2009; Berenguer a Sempere-Torres 2014; Foresti a Seed 2014), případně jejich kombinace (blending) s numerickými modely pro předpověď počasí (NWP – Numerical weather prediction) (např. Haiden a kol. 2011). Extrapolační metody zpravidla nemodelují vývoj srážek a omezují se na prosté přesunutí naměřených dat podél Lagrangeových trajektorií, které jsou vypočteny z časové posloupnosti polí radarové odrazivosti. Délka předpovědi, pro kterou jsou extrapolační metody lepší než NWP, se v jednotlivých studiích liší a obvykle se pohybuje od 2 do 6 hodin (Berenguer a Sempere-Torres 2014; Novák a kol. 2009).

V teplé polovině roku jsou převažujícím typem srážek ve střední Evropě konvektivní srážky. Ty jsou velmi variabilní v prostoru i čase. Vývoj konvektivních oblaků a případných s nimi spojených srážek probíhá velmi rychle. Délka trvání izolovaných konvektivních bouří se pohybuje v řádu několika desítek minut, v případě organizované konvekce pak v délce několika hodin. Proto je kvantitativní předpověď konvektivních srážek velmi obtížná. Součástí výzkumu předpovědních metod je i studium předpověditelnosti silných konvektivních srážek a s tím související nejistoty předpovědních metod.

V souvislosti s vývojem extrapolační metody MAPLE se nejistotou předpovědi srážek zabývali Germann a Zawadzki (2002), kteří korelovali skutečné pole radarových odhadů srážek s předpověděným polem srážek a sledovali změnu korelace s délkou předpovědi. V průměru tato korelace klesá, a lze tedy najít předpovědní čas, kdy korelace dosahuje hodnoty $1/e$ (tj. přibližně 0,368), kde e je Eulerova konstanta. Tento čas nazvali dekorelační čas (dále DCT), neboli lifetime. DCT je považováno za délku předpověditelnosti.

Předpověditelnost byla zkoumána i jinými způsoby, zpravidla v souvislosti s praktickým použitím předpovědních metod. Například předpověditelnost srážek pro jednotlivé měsíce roku a jednotlivá povodí v ČR zkoumal Novák a kol. (2009).

Berenguer a Sempere-Torres (2014) zkoumali limity nowcastingu pro Evropu pomocí sloučených radarových informací programu OPERA. Úspěšnost předpovědi srážek v závislosti na orografii a převládajícím směru proudění řešili pro jižní Austrálii Foresti a Seed (2014).

Cílem tohoto článku je výpočet limitů předpověditelnosti srážek extrapolací radarové odrazivosti, a to v závislosti na různých podmínkách stavu atmosféry pro Českou republiku. Limity budou stanoveny pomocí metody zavedené Germannem a Zawadskim, tj. pomocí DCT. Motivací pro tuto práci je právě zmiňovaná práce Germanna a Zawadského, kteří aplikovali svůj postup na vybrané srážkové systémy v oblasti severní Ameriky, a vyšlo jim, že extrapolační techniku lze úspěšně využívat pro předpovědi na 8 i více hodin. Podobných výsledků dosáhli i Berenguer a Sempere-Torres (2014) pro oblast Evropy pomocí sloučené radarové informace programu OPERA (Operational programme for the exchange of weather radar information). Takové délky předpověditelnosti konvektivních srážek ve střední Evropě jsou nereálné z fyzikálního hlediska a neodpovídají zkušenosti. Ve střední Evropě je charakter letních srážek naprosto odlišný a to se musí projevit i v limitech předpověditelnosti, což je cílem této práce.

V Českém hydrometeorologickém ústavu (ČHMÚ) se dlouhodobě využívají radarová data pro předpověď srážek a v souvislosti s tím i pro predikci přívalových povodní a pro předpověď silné konvekce. Informace o radarové síti a používaných metodách lze nalézt v pracích Nováka a Kyznarové (2013, 2016), Březkové a kol. (2015) a Šopka (2016). Poznatky získané z této studie jsou příspěvkem k těmto pracím a mají i praktický význam především v tom, že poskytují pohled na důvěryhodnost předpovědi srážek.

Kapitola 2 popisuje použitá data a metodu extrapolace a kapitola 3 charakteristiky aktuální situace. Kapitola 4 prezentuje použité verifikační statistiky, včetně dekorelačního času. Kapitola 5 ukazuje meze předpověditelnosti extrapolací pro jednotlivé typy situací, včetně dvou vybraných silných konvektivních událostí. Kapitola 6 shrnuje nejdůležitější výsledky a naznačuje možnosti budoucího výzkumu.

2. DATA A VÝPOČET PŘEDPOVĚDÍ

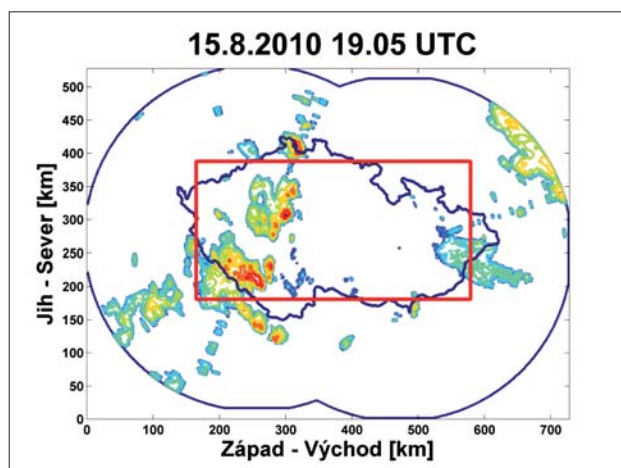
V této práci byla použita radarová data z měsíců květen až září, z let 2009 až 2012, z 0., 10. až 50. minuty z každé hodiny s horizontálním rozlišením 1×1 km (celkem 88 128 termínů). Byla použita sloučená radarová informace z meteorologických radarů Brdy a Skalky, provozovaných ČHMÚ. V celém článku se používá čas UTC, který je o dvě hodiny posunutý oproti letnímu středoevropskému času. Data byla kontrolována standardním způsobem prováděným v ČHMÚ. Pro všechny termíny bylo metodou COTREC (Novák, Kyznarová 2013) spočteno pohybové pole. Pro výpočet pohybových polí se použilo porovnání polí maximálních odrazivostí z času T a $T-10$ min. Testovací výpočty ukázaly, že právě rozdíl 10 min dává pro zvolenou metodu lepší výsledky než pohybové pole určené na základě polí odrazivostí z časů T a $T-5$ min. Proto nebyla v práci použita měření po pěti minutách, které radar poskytuje.

Výše popsané pohybové pole bylo využito k předpovědi radarového echa v CAPPI (Constant Altitude Plan Position Indicator) 2 km pomocí Lagrangeových trajektorií pro délky předpovědi 10, 20 až 120 minut. Lagrangeovy trajektorie byly počítány zpětně. Pro výpočet předpovědi v čase T pro bod A_k v předpovědní oblasti bylo použito pohybové pole (u, v) určené metodou COTREC z termínů T a $T-10$ min, které je považováno za konstantní v čase. Z bodu A_k se vypočetla trajektorie do bodu A_{k-1} vztahem

$$A_{k-1} = A_k - \Delta t(u_k, v_k) \quad (1)$$

kde $\Delta t = 10$ min, (u_k, v_k) jsou složky pohybového pole v bodě A_k . Bod A_{k-1} je bod, ve kterém se trajektorie nachází v čase $T-10$ min. Opakováním postupu se z bodu A_k dostaneme až do bodu A , který odpovídá bodu trajektorie v čase T . Hodnotu pole v bodě A přiřadíme do bodu A_k .

Předpověď byla spočtena pro obdélníkovou oblast (červená hranice) zobrazenou na obr. 1. Oblast je velká přibližně jako ČR a její velikost a poloha byla volena s cílem, aby jen minimum předpovědi nebylo možné spočítat extrapolací, protože



Obr. 1 Oblast pokrytá radarovými daty. Kruhy znázorňují dosah radarů. V oblasti ohraničené červeně jsou počítány charakteristiky atmosféry a validovány předpovědi. Na obrázku je zobrazeno pole radarových odrazivostí CAPPI 2 km z 15. 8. 2010 19:05 UTC. V tomto termínu dosahovalo krupobití v jihovýchodní části Prahy svého maxima.

Fig. 1. Area covered by radar. Circles indicate the radar range. Characteristics of the atmosphere are computed, and forecasts are validated in the red rectangular area. The figure shows the CAPPI 2 km radar reflectivity field on 15 August 2010 19:05 UTC. At this time, the hailstorm in southeast Prague reached its maximum intensity.

Tab. 1 Přehled použitých charakteristik atmosféry a jejich rozsahů hodnot (minimum-maximum) nebo typických rozsahů hodnot (5., 50., 95. percentil pro 37 526 situací).

Table 1. Overview of atmospheric characteristics used in this study, their complete ranges (minimum-maximum), and their typical ranges (5., 50., 95. percentile for 37,526 observations).

Charakteristika	Popis (vše v oblasti na obr. 1 a v čase T)	Rozsah/Typický rozsah
Všebecné charakteristiky		
Intenzita srážek [mm.h ⁻¹]	Průměrná intenzita srážek v oblasti	0,01–0,08–0,49
Prům. rychlost [m.s ⁻¹]	Průměrná rychlost pohybového pole v oblasti	2,6–8,8–16,5
Podíl > 0,5 mm.h ⁻¹ [%]	Podíl oblasti s danými nadprahovými srážkami	0,5–3,7–22,7
Podíl > 2 mm.h ⁻¹ / Podíl > 0 mm.h ⁻¹ [%]	Podíl dvou podílů s danými nadprahovými srážkami	0,3–8,1–27,6
Synoptický typ		
Přechod fronty	Typ fronty, její intenzita a směr jejího postupu	
Směr pohybového pole	Průměrný úhel pohybového pole	0–360
Hodina [UTC]		0–24
Měsíc		5–9
Charakteristiky konvekce		
Počet jader	Počet konvektivních jader (bez jader 1 km ² a 2 km ²)	2–15–51
Plocha jader [%]	Podíl oblasti s konvektivními jádry	0,01–0,26–1,79
Intenzita jader [mm.h ⁻¹]	Průměrná intenzita srážek v bodech všech jader	2,1–5,1–14,3
Podíl srážek v jádrech [%]	Podíl srážek v jádrech na celkových srážkách	1–21–73
Podíl > 20 mm.h ⁻¹ [%]	Podíl oblasti s danými nadprahovými srážkami	0–0–0,25
Podíl > 10 mm.h ⁻¹ / Podíl > 2 mm.h ⁻¹ [%]	Podíl dvou podílů s danými nadprahovými srážkami	0–2–28
Trendy		
Trend intenzity srážek	Trend průměrné intenzity srážek z posledních tří polí	1–5
Trend rychlosti	Trend rychlosti z posledních tří pohybových polí	1–5
Trend předpovědi	Trend posledních tří hodnot korelací předpovědi	1–5
Trend počtu jader	Trend počtu jader v posledních tří polích odrazivostí	1–5
Verifikační charakteristiky		
DCT [min]	Dekorelační čas, korelace klesne pod 1/e (více v textu)	15–38–104
DCT PER [min]	To samé, jen předpovědi jsou založeny na persistenci	11–24–85
+DCT [min]	Zlepšení (zhoršení) proti persistenci (DCT – DCT PER)	(–11)–11–47
+DCT/DCT × 100 [%]	Míra zlepšení (zhoršení)	(–35)–31–69
CSI 1 mm (30 min)	Critical success index, práh 1 mm, předpověď na 30 min	0,01–0,22–0,49
Sqrt (30 min)	Střední kvadratická chyba, předpověď na 30. min	0,1–0,5–2,8

počáteční bod trajektorie leží mimo oblast s radarovými daty, tj. vně dosahu radarů.

Pro přepočtení radarové odrazivosti na intenzitu srážek je používán Marshallův-Palmerův vztah $Z = 200R^{1,6}$, kde Z je hodnota odrazivosti v mm⁶.mm⁻³ a R jsou srážky v mm.h⁻¹. Pro verifikaci byly vyřazeny termíny, kdy průměrné odhady intenzity srážek na oblasti odvozené z radarové odrazivosti v nadmořské výšce 2 km (produkt CAPPI 2 km) byly nižší než 0,01 mm.h⁻¹. Tato podmínka odfiltrovala situace bez významné srážkové

oblačnosti nebo pouze s nemeteorologickými cíli a slabými meteorologickými cíli. Průměrná intenzita srážek na oblasti pro 37 526 takto vybraných termínů byla $0,14 \text{ mm.h}^{-1}$. Přepočteno na jedno letní období květen–září se jedná o průměrné srážky 230 mm, což je hodnota pod klimatickým normálem na oblasti. To, že radar srážky podceňuje, nemá zásadní vliv na výsledky výpočtů předpověditelnosti. Záměrně nebyla použita srážkoměrná data k adjustaci radarových dat, a to z následujících důvodů. Srážkoměrná měření jsou nehomogenně rozložena na zájmové oblasti, a jejich využití by vnašelo do verifikace nové druhy chyb. V neposlední řadě i výše uvedené studie použily pouze radarová data.

Kromě celého souboru 37 526 termínů jsou zvláště zkoumány dva případy silných konvektivních srážek. Na vybraných situacích lze znázornit vývoj délky předpověditelnosti v závislosti na meteorologickém vývoji situace. První vybrané období je 22. 6.–5. 7. 2009. Druhým případem je 15. 8. 2010, kdy se vyskytlo několik supercel, včetně silného krupobíjí v Praze.

3. CHARAKTERISTIKY ATMOSFÉRY

Předpověditelnost radarových odhadů srážek ve formě DCT byla vyšetřována v závislosti na různých charakteristikách atmosféry s cílem zjistit, jaké podmínky prodlužují předpověditelnost a za kterých je naopak předpověď extrapolační metodou velmi nejistá.

Aktuální povětrnostní i srážková situace může být popsána různými parametry. Všechny zkoumané charakteristiky jsou uvedeny v tab. 1. Jako obecné charakteristiky jsou brány aktuální průměrná intenzita srážek v oblasti, průměrná rychlost pohybového pole, podíl plochy se srážkami překračující definovanou prahovou intenzitu vůči celé ploše oblasti, synoptický typ, část dne, měsíc, směr pohybového pole a informace o přechodu atmosférické fronty.

Pro účely rozdělení srážek na konvektivní a vrstevnaté je použito klasické Steinerovo schéma (Steiner et al. 1995), které využívá radarová data. Toto schéma identifikuje konvektivní jádra jako oblasti s odrazivostí nad 40 dBZ, případně i s nižší odrazivostí, pokud odrazivost významně převyšuje svoje okolí. Jádra s 1 nebo 2 pixely ($1\text{--}2 \text{ km}^2$) nejsou brány v popisovacím algoritmu v úvahu. Testy ukázaly, že se většinou jedná o nemeteorologické cíle. To je v souladu s tím, že algoritmus byl původně vyvinut pro nižší rozlišení radaru $4 \times 4 \text{ km}$. Například na obr. 1 je v oblasti identifikováno 13 jader. Pro charakterizování konvekce je brán v úvahu počet jader, rozloha jader, průměrná intenzita srážek v jádrech, podíl srážek v jádrech na celkových srážkách v oblasti a opět podíly ploch se zadanými nadprahovými intenzitami srážek vzhledem k celkové ploše.

Je zřejmé, že použité schéma dělení srážkové oblačnosti obdobně jako i jiná schémata nereflektuje přesně rozdíl mezi srážkami z konvektivní a z vrstevnaté oblačnosti. Jeho základní výhodou je, že využívá radarová data a že s jeho pomocí lze rozlišit situace s izolovanými konvektivními jádry, kde vývoj jader hraje dominantní roli, a proto tyto situace jsou těžko predikovatelné, a situace s velkoplošnými srážkami, kdy by předpověď měla být výrazně úspěšnější.

Dalšími charakteristikami uvedenými v tab. 1 jsou trendy spočítané z posloupnosti posledních třech dostupných radarových polí, pohybových polí a hodnot korelací posledních třech známých desetiminutových předpovědí se skutečností. Tři hodnoty (a, b, c) mohou v čase reprezentovat šest možností vývoje ($a>b>c$, $a>c>b$, $b>a>c$, $b>c>a$, $c>a>b$, $c>b>a$). Pokud je poslední dostupná hodnota mezi předchozími dvěma, jedná se o stabilní trend 3. Trendy 1 a 2 znamenají pokles, trendy 4 a 5 vzrůst.

V případě rychlosti nás zajímá, zda se jedno z polí významně neliší od zbylých dvou.

Pro orientaci v tabulce 1 jsou uvedeny hodnoty 5., 50. a 95. percentilu vypočtené ze všech 37 526 situací. Z podrobnější analýzy dat vyplývají následující poznatky. Plocha jader téměř nikdy nepřesahuje 3 % celkové plochy oblasti, na druhé straně plocha s intenzitou srážek nad $0,5 \text{ mm.h}^{-1}$ často převyšuje 20 %. Menší intenzita srážek v jádrech je typická pro přehánky a pro vnořenou konvekci. Déletrvajících, více organizovaných konvektivních systémů jsou reprezentovány větší intenzitou srážek v jádrech. Podíl srážek v jádrech ve vrstevnaté oblačnosti je jen kolem 10 %. V převážně konvektivních situacích tvoří tento podíl přes 50 %. Hodnot 15–50 % nabývá ve smíšených situacích.

Informace o přechodu front jsou vyhodnocovány v ČHMÚ a jsou k dispozici pouze pro Prahu. Tyto informace jsou porovnávány s předpovědí srážek pouze jednu hodinu před a jednu hodinu po zaznamenaném přechodu fronty a je třeba poznamenat, že Praha neleží přímo ve středu zkoumané oblasti. Informace o přechodu front lze jen obtížně využít při konkrétní předpovědi, ale dávají určitou představu o limitech předpovědi za různých atmosférických podmínek.

4. METODIKA VÝPOČTU DCT

Pro všechny termíny, jejichž výběr je popsán v kapitole 2, bylo provedeno porovnání mezi předpověděným a naměřeným polem radarových odhadů srážek, a to pro délky předpovědi 10, 20 až 120 min. To znamená, že pro každý termín bylo dostupných 13 polí s radarovými odhady srážek a 12 extrapolovaných polí. Kvalita předpovědi byla vyhodnocena pomocí střední kvadratické chyby (SQRT), critical success indexu (CSI) s prahy 0 mm.h^{-1} , 1 mm.h^{-1} a 5 mm.h^{-1} , Pearsonova korelačního koeficientu, Spearmanova korelačního koeficientu a skalárního korelačního koeficientu, který použil Germann a Zawadzki (2002). Výše uvedené charakteristiky jsou všeobecně známé, a proto zde neuvádíme jejich definice (např. Wilks 2011). Za zmínku stojí pouze upozornění na to, že Spearmanův pořadový korelační koeficient měří nelineární vazbu mezi proměnnými a jeho hodnota nezávisí na konkrétních hodnotách veličin, ale na jejich pořadí. Tzv. skalární korelační koeficient je ve skutečnosti normovaný skalární součin mezi korelovanými veličinami.

Hlavní statistika, která je v práci vyšetřována, je DCT, který je vypočten na základě hodnot korelačních koeficientů v diskretních časových hodnotách. Protože je však potřeba vypočítat hodnotu času, kdy je korelace rovna $1/e$ byla závislost korelace na délce předpovědi aproximována exponenciální funkcí. Výpočet DCT byl proveden tak, že nezávisle na sobě pro každou z 12 hodnot (počet předpovědí) Pearsonových korelací byla modelována závislost ve tvaru

$$Kor(t) = \exp(\alpha t), \quad (2)$$

kde t je délka předpovědi, Kor je korelace a α je parametr určený na základě vypočtené hodnoty korelace. Pro 12 předpovědních časů bylo tímto způsobem získáno 12 různých hodnot α a výsledné α bylo položeno jejich mediánu. Exponenciální tvar funkce byl zvolen subjektivně na základě získaných korelačních hodnot s využitím skutečnosti, že korelace pro čas 0 je rovna 1. I když vypočtené korelace zpravidla nejsou zcela totožné s exponenciální závislostí, obecně lze říci, že exponenciální závislost je dobrou aproximací závislosti korelace na předpovědním čase.

Pro porovnání všechny statistiky byly spočteny i pro perzistentní předpovědi. Ty předpokládají, že aktuální pole rada-

rové odrazivosti zůstává neměnné pro následující dvě hodiny. Perzistentní předpověď lze brát jako referenční předpověď, vůči které jsou poměřovány ostatní předpovědi.

5. ANALÝZA DCT V ZÁVISLOSTI NA CHARAKTERISTIKÁCH ATMOSFÉRY

5.1 Obecná závislost

V tab. 2 jsou uvedeny výsledky pro celý datový soubor pro 18 charakteristik, kdy k výpočtu DCT byl použit Pearsonův korelační koeficient. Hodnoty charakteristik jsou podle svých hodnot rozděleny do tří skupin, vždy na základě příslušných mezí R1, R2 a R3 uvedených v tabulce. Sloupeček DCT označuje dekorelační čas pro předpověď, sloupeček +DCT představuje rozdíl DCT oproti dekorelačnímu času perzistentní předpovědi DCT PER a červené barvy značí podíl takového zlepšení +DCT/DCT. Modré a zelené barvy v sloupcích DCT značí hodnoty DCT. Průměrná hodnota DCT je 45,4 minut a průměrné zlepšení pomocí extrapolace oproti perzistenci +DCT je 13,4 minut. Tyto hodnoty se zásadně liší od hodnot, které dostali Berenguer a Sempere-Torres (2014) a Germann a Zawadzki (2002). Pro Evropu i pro USA jim vychází průměrný DCT kolem 5 hodin. Pro ČR dostávají hodnoty kolem 3 až 5 hodin, pro východní Francii a jihovýchodní Anglii dokonce přes 15 hodin, a to i v letním období. Rozdíly jsou způsobeny především jinými časovými a prostorovými kroky (15 minut a 2 km), zahrnutím zimního období a jinak použitými statistickými a podmínkami pro výběr situací.

Tab. 2 ukazuje, že nejlepší předpověditelnost (DCT větší než 50 minut) je (v tabulce uvedeno od spodních řádků nahoru) v ranních hodinách, v případě nízkého podílu srážek v jádrech, když je celkově velká průměrná intenzita srážek v oblasti, když jsou srážky v konvektivních jádrech málo intenzivní a když má pohybové pole východní složku. Nejnížší DCT (menší než 40 minut) je (opět v tabulce od spodních řádků) v odpoledních hodinách, při dominantní konvekci, při malé průměrné intenzitě srážek, když jsou srážky v jádrech velmi intenzivní, při průchodech slabých front, při průchodech teplých front a v případech, kdy podíl plochy s intenzivními srážkami je vysoký

Tab. 2 Závislost DCT a +DCT (v minutách) pro jednotlivé charakteristiky atmosféry. R1, R2 a R3 jsou intervaly nebo podmínky, podle kterých jsou charakteristiky v řádcích děleny. +DCT je rozdíl mezi DCT stanoveném z předpovědi a DCT PER stanoveném z perzistentní předpovědi.

Table 2. Dependence DCT and +DCT (in minutes) on atmospheric characteristics. Individual characteristics in rows are divided into three parts based on R1, R2, and R3 conditions. The +DCT is the difference between forecast-based DCT and persistence forecast-based DCT PER.

Obecná závislost 2009-2012 (37526)									
	DCT	R1	+DCT	DCT	R2	+DCT	DCT	R3	+DCT
Trend počtu jader	45.2	Sestupný	13.3	46.6	Stabilní	13.6	45.3	Vzestupný	13.8
Trend rychlosti	43.2	Sestupný	11.9	46.8	Stabilní	13.6	44.5	Vzestupný	13.5
Trend srážek	45.7	Sestupný	12.5	42.1	Stabilní	12.1	48.1	Vzestupný	15
Trend předpovědi	43.4	Sestupný	11.6	44.1	Stabilní	12.9	49.3	Vzestupný	15.4
Síla fronty	28.7	Slabá	9.34	41.1	Střední	16.3	48.6	Silná	18.6
Typ fronty	34.8	Teplá	6.03	37.9	Studená	14.9	46.8	Okluzní	20.3
Směr pohybového pole	44.2	SW	15.4	44	NW	11.4	50.6	E	10
Podíl>10mm/ Podíl>2mm	55.6	0-5	15.4	31.7	5-20	11.2	23.4	20+	6.26
Podíl>2mm/ Podíl>0mm	50.8	0-5	12.1	43.6	5-20	14.2	37.9	20+	12.4
Podíl>20mm [%]	52.6	-0.1	14.4	33.6	0.1-0.8	12.2	29.4	0.08+	9.12
Plocha jader [%]	48.6	-0.3	12.9	44.2	-3.1	14.1	36.3	1+	12.2
Podíl>0.5mm [%]	35	0-2.5	10	45.1	2.5-10	14.9	64.1	10+	15.6
Intenzita jader [mm/h]	52.3	0-4	13.1	45.7	4-10	14.6	28.4	10+	8.91
Prům. rychlost [m/s]	45	0-6	6.11	45.2	6-12	14.6	45.9	12+	17.8
Počet jader	42.4	0-10	10.9	46.2	10-30	14.3	48.2	30+	14.3
Intenzita srážek [mm/h]	37.3	-0.05	11.3	46	0.5-2	14.1	55.6	0.2+	14.4
Podíl srážek v jádrech [%]	61.2	0-15	15.1	40	15-50	14.6	24.3	50-100	7.25
Hodina [UTC]	55	0-8	17.2	37.2	8-16	9.36	45.3	16-24	13.6

ať v porovnání s plochou s méně intenzivními srážkami, nebo s celou uvažovanou oblastí.

Z tab. 2 je patrné, že největší absolutní zlepšení proti perzistentní předpovědi (+DCT větší než 15 minut) je dosaženo v ranních hodinách, v případě rychlého pohybového pole, velké oblasti se srážkami, malé oblasti s nejintenzivnějšími srážkami, když srážky přicházejí od jihozápadu, když přechází střední nebo silná nebo okluzní fronta a když poslední tři průměrné intenzity srážek nebo tři korelace 10minutových předpovědí mají vzestupnou tendenci. Nejmenší zlepšení (+DCT menší než 10 minut) vychází pro odpoledne, dominantní konvekci, nízké rychlosti a vysoký podíl oblastí s intenzivními srážkami.

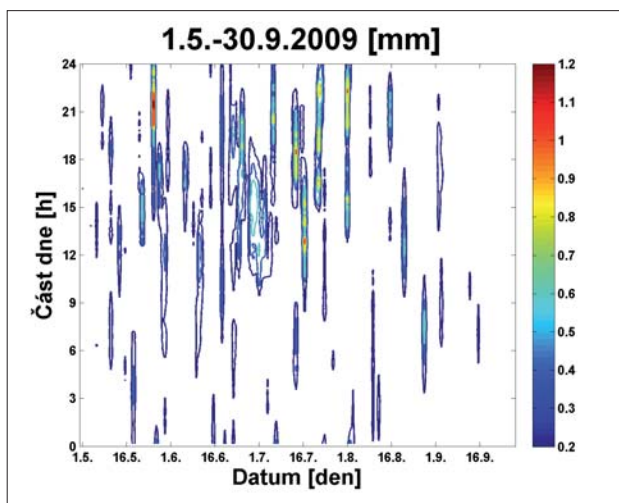
Pokud porovnáme relativní zlepšení vůči perzistentní předpovědi, pak dostaneme poněkud jiné výsledky. Největší relativní podíl +DCT/DCT (hnědé barvy v tab. 2) nastává (v tabulce odspodu nahoru) pro střední rozsah konvekce, vysoké rychlosti pohybového pole, střední podíly srážek i nejintenzivnějších srážek, v případě velké rozlohy jader, pro jihozápadní směr pohybu a v případě přechodu front. Nejmenší relativní zlepšení vůči perzistenci +DCT/DCT (oranžové barvy) nastává pro odpolední hodiny, nízký podíl konvekce, velkou průměrnou intenzitu srážek, malý počet jader, malou rychlost pohybového pole, málo intenzivní jádra, velkou plochu se srážkami, malou plochu s jádry, malé podíly ploch s intenzivními srážkami, vysoké podíly ploch s nejintenzivnějšími srážkami k podílům ploch s intenzivními a v případě klesajícího trendu úspěšnosti nebo srážek.

Za povšimnutí stojí, že ať z pohledu absolutního, nebo relativního zlepšení vůči perzistenci, není zpravidla nejlepší situace s nízkým podílem intenzivnějších srážek. Celkově lze říci, že pro vysoké hodnoty +DCT je vhodná situace, kdy přší na co největší ploše v oblasti, konvekce je marginální, přesto je dost konvektivních jader se střední intenzitou srážek v jádrech (vnořená konvekce), oblast s intenzitou srážek nad 2 mm je rozsáhlá, ale oblast s intenzitou srážek nad 10 mm není žádná. Například v případě rozdrobené slabé konvekce ze severních směrů (přeháňky) dosahuje DCT relativně vysokých hodnot, ale jen o trochu vyšších, než je DCT PER. Naopak v případě rozsáhlého frontálního systému od jihozápadu nebo předfrontální tzv. squall line (linie bouře), je DCT relativně nízký, ale zlepšení +DCT/DCT je významné.

Front přešlo během zkoumaných 20 měsíců několik set, ale silných jen 12. Většina teplých front nesplňuje podmínku průměrné intenzity srážek na oblasti $0,01 \text{ mm}\cdot\text{h}^{-1}$ pro zařazení do souboru situací, protože na nich neprší. Zbylé teplé fronty jsou většinou slabé. Během přechodu front (tab. 2) je dosaženo velkých relativních zlepšení +DCT/DCT.

V případě trendu úspěšnosti se naplnil předpoklad, že pokud se poslední tři předpovědi zlepšují, tak i aktuální předpověď je úspěšnější, než průměrná předpověď. V případě trendu intenzity srážek platí, že pokud se průměrná intenzita srážek zvětšuje nebo zmenšuje (velmi často zároveň roste nebo klesá i podíl plochy se srážkami), tak je předpověď v průměru přesnější. To může souviset s efektem „double penalty“ a s faktem, že pokud se plocha srážkového pole zvětšuje nebo zmenšuje, snáze se dosáhne překrytí předpovědi se skutečností, než když se srážkové pole jen přesunuje.

Zpravidla není velký rozdíl při porovnání průměrných rychlostí pohybových polí ve třech po sobě následujících termínech. Pokud takový rozdíl nastane, tak je častou příčinou chybný výpočet pohybového pole, který je často způsoben neteorologickými cíli. Chyba v určení pohybových polí vede ke zhoršení předpovědi.



Obr. 2 Průměrná intenzita srážek v oblasti v letním období roku 2009. Čas je udán v UTC.

Fig. 2. Average precipitation intensity for summer 2009. Time is indicated in UTC.

5.2 Příklad 22. 6.–5. 7. 2009

Jako první případ bylo vybráno období 22. 6.–5. 7. 2009. Dvanáct dní z tohoto období je podle Brádkovy klasifikace charakterizováno jako východní cyklonální situace (Ec). Jedná se tedy o nejdelší Ec situaci za posledních 70 let. V nevýrazném tlakovém poli nabývala pohybová pole malé rychlosti a srážky měly výrazný denní chod. Četné přívalové povodně způsobené přívalovými srážkami způsobily čtvrté největší povodňové škody v rámci ČR za posledních 30 let. Průměrné hodnoty srážek v oblasti byly vysoké, ale nedosahovaly hodnot extrémních (obr. 2). Avšak období bylo velmi dlouhé, povodí nasycená, srážky nerovnoměrné a jednotlivé bouře postupovaly často po stejných drahách.

V tab. 3 jsou uvedeny základní charakteristiky období přelomu června a července 2009. Jedná se o percentily

Tab. 3 Přehled základních charakteristik případu 22. 6.–5. 7. 2009. Sloupce představují percentily jednotlivých charakteristik pro 1 487 termínů. Červená (modrá) barva znázorňuje relativně vyšší (nižší) hodnoty proti celému období 2009–2012 (37 526 termínům).

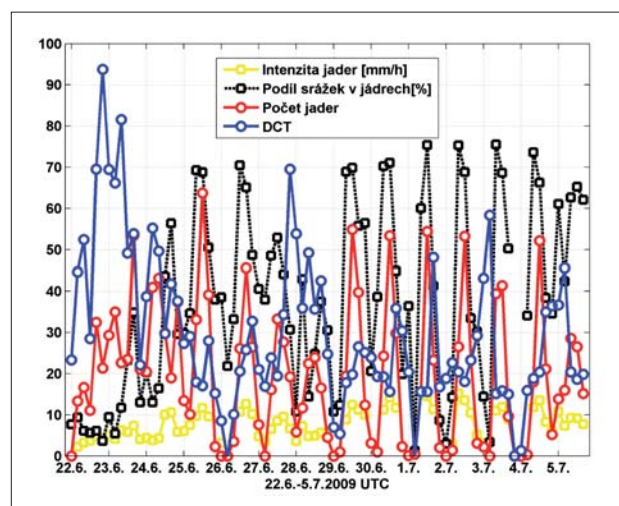
Table 3. Basic characteristics for the flash flooding case 22 June – 5 July 2009. The columns are percentiles for 1,487 observations. Red (blue) colours indicate relatively higher (lower) values compared to values for the whole dataset of 37,526 observations (2009–2012).

Případ 22.6.-5.7.2009 (1487)					
	5	25	50	75	95
CSI 1mm (30min.)	0.07	0.17	0.24	0.32	0.47
Sqrt (30min.)	0.19	0.53	0.94	2.19	4.37
DCT PER [min]	11.7	15.4	21.7	32.3	61.6
DCT (skalární) [min]	16.7	22.3	30.9	48.4	97
DCT (Spearman) [min]	33.3	52.4	67.4	87	120
DCT [min]	14.2	19.4	28.6	44.7	79
Plocha jader [%]	0.08	0.26	0.53	1.42	3.06
Intenzita jader [mm/h]	3.16	5.17	7.85	11.4	14.6
Prům. rychlost [m/s]	0.86	3.64	5.56	7.94	12.6
Počet jader	5	13	24	38	60
Intenzita srážek [mm/h]	0.01	0.05	0.15	0.29	0.59
Podíl srážek v jádrech [%]	5.23	22.4	46.2	65.9	76.7

z 1 487 termínů (z celkem 2 016 možných termínů), které splňují podmínku průměrné intenzity srážek na oblast vyšší než $0,01 \text{ mm}\cdot\text{h}^{-1}$. Červená (modrá) barva znázorňuje relativně vyšší (nižší) hodnoty proti celému období 2009–2012, tj. ve srovnání s 37 526 situacemi zpracovanými v kapitole 5.1. Z tab. 3 je patrné, že pohybové pole mělo malé průměrné rychlosti. Počet jader a podíl srážek v jádrech byl nadprůměrný, ale intenzita jader nebyla nijak výjimečná. Plocha jader byla velmi velká, ale velikost průměrné intenzity srážek byla jen lehce nadnormální. Hodnoty CSI 1 mm byly standardní, hodnoty Sqrt velmi vysoké a hodnoty DCT podprůměrné.

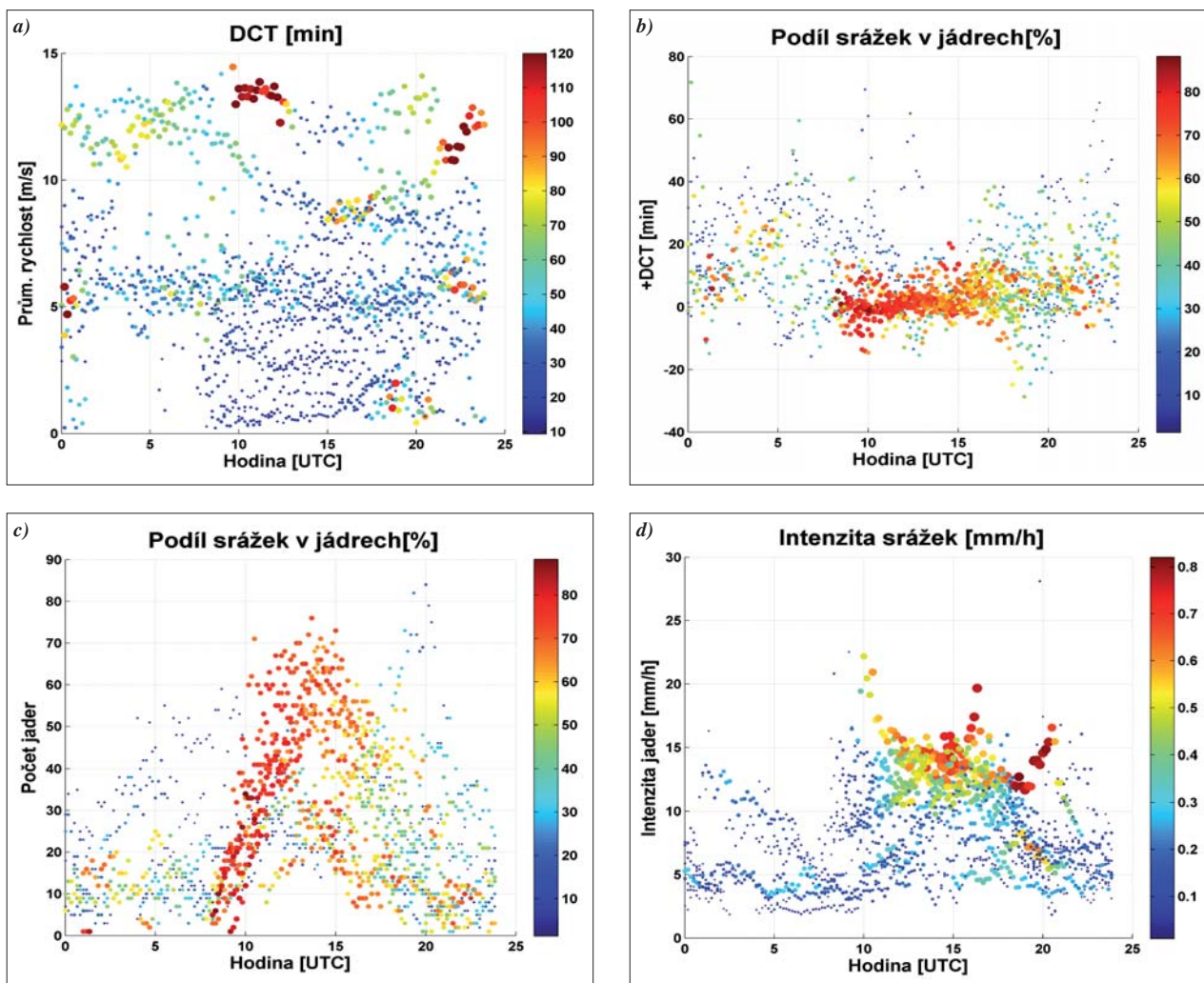
Některé charakteristiky jsou vykresleny na obr. 3 jako časový průběh 4hodinových průměrů. Na základě podílu srážek v jádrech lze období rozdělit na čtyři části, dvě s převážně vrstevnatými srážkami (22. 6.–23. 6. a 28. 6.) a dvě s převážně konvektivními srážkami (24. 6.–27. 6. a 29. 6.–5. 7.). Během období s převážně vrstevnatými srážkami se vyskytoval menší počet jader, menší intenzita jader, ale dosahovalo se vyšších hodnot DCT. Naopak pro konvektivní období byl typický výrazný denní chod, velký počet jader v odpoledních hodinách a nízkých hodnot DCT i +DCT. Pro druhé konvektivní období bylo charakteristické i pomalé pohybové pole.

Jiným způsobem znázornění charakteristik jsou bodové grafy na obr. 4. Na všech čtyřech obrázcích vidíme, jak kolem 08:00 UTC, tedy 10 h letního středoevropského času, se začíná objevovat konvekce. Rychlost pohybového pole byla pro situace s nejkratším DCT velmi malá (obr. 4a). +DCT nabývá v poledních hodinách (obr. 4b) minimálních, často i záporných hodnot (perzistentní předpověď je lepší než předpověď). Počet jader narůstá s časem několik hodin lineárně (obr. 4c) při stále vysokém podílu srážek v jádrech. Průměrná intenzita srážek v oblasti roste v odpoledních hodinách až do podvečera (obr. 4d). Průměrná intenzita srážek v bodech jader je největší v počátečním období vývoje jader. Ve večerních hodinách je průměrná hodnota již menší, protože se v oblasti vyskytují jak nová intenzivní jádra, tak stará jádra v rámci vrstevnatých srážek, které jsou důsledkem předchozí konvektivní činnosti.



Obr. 3 Časový průběh 4hodinových průměrů vybraných charakteristik pro období 22. 6.–5. 7. 2009. Hodnota je vždy průměrem ze všech termínů (00:00–03:50 UTC, 04:00–07:50 UTC, ...). Názvy a jednotky charakteristik jsou uvedeny v legendě obrázku.

Fig. 3. Chronological progress of selected characteristics for the flash flooding case 22 June – 5 July 2009. All values are 4-hour averages for all periods (0–3.50 UTC, 4–7.50 UTC, etc.). The names and units of the characteristics are given in the legend.



Obr. 4a)–d) Bodové grafy vybraných charakteristik. Na ose x je vždy uveden čas. Celkem je zpracováno 1 487 termínů z období 22. 6.–5. 7. 2009. Hodnota veličiny v názvu obrázku je zobrazena pomocí barevné škály umístěné napravo a zároveň pomocí velikosti značky.

Fig. 4a)–d) Scatter plots of selected characteristics. Time is given on the x-axis. There are a total of 1,487 observations for the flash flooding case 22 June – 5 July 2009. The characteristics for the figure names are depicted by both the colour bar on the right side and by the size of dots.

Celkově lze říci, že událost 22. 6.–5. 7. 2009 byla extrémní a možnost predikce radarovou extrapolací byla během některých dní, zvláště v poledních hodinách, prakticky nemožná. Perzistentní předpověď byla jen o málo horší, často naopak lepší než předpověď extrapolací.

5.3 Případ 15. 8. 2010

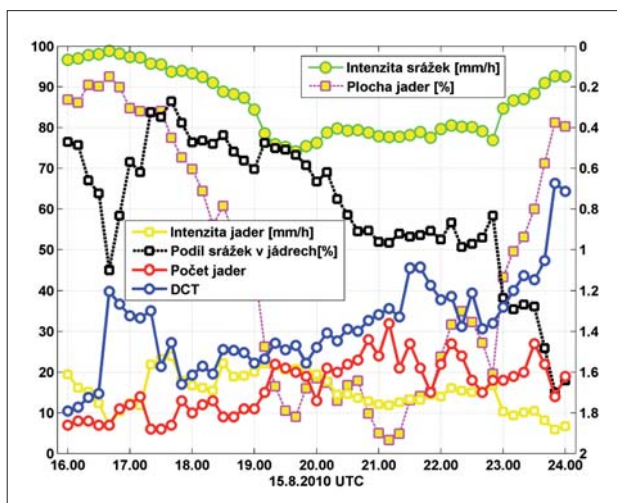
Druhý příklad ukazuje vývoj předpověditelnosti pro 15. 8. 2010, kdy se vyskytovaly silné konvektivní bouře a došlo k extrémnímu krupobití na území Prahy. Jednalo se o situaci se západní složkou proudění a byl pozorován menší počet jader. Večer postupoval přes západní část ČR od jihu až jihozápadu rozsáhlý srážkový systém (obr. 1), v rámci kterého se vyskytlo několik supercel. Na obr. 5 je vidět časový průběh vybraných charakteristik. Po 16:00 UTC se na jihozápadě zkoumané oblasti vyskytovala supercela (prakticky jediný radarový cíl v naší oblasti v danou chvíli). Supercela se nejdříve vůči spočtenému pohybovému poli stáčela doleva, DCT byl malý, +DCT nulový. Po jejím zániku kolem 16:30 došlo ke krátkodobému zmenšení podílu srážek v jádrech a prodloužení DCT. Po 17:00 se ale vytvořila na Písecku další supercela, se kterou bylo později spojeno silné krupobití v Praze.

V 17:40 nabývá intenzita jader a podíl srážek v jádrech svého maxima (obr. 5). Od 17:50 již podíl srážek v jádrech jen klesá a současně DCT roste. Počet jader je přibližně stejný v průběhu celé druhé poloviny večera. Kolem 19:00 dochází ke zrychlení nárůstu jak intenzity srážek, tak plochy jader. To souvisí se silným krupobitím v Praze kolem 19:05. Intenzita jader byla velmi vysoká, i přes $20 \text{ mm} \cdot \text{h}^{-1}$. Po 19:00 už +DCT neklesal pod 10 minut (zde neukázáno). Kolem 17:00, 22:00 a 24:00 byl +DCT dokonce chvíli větší než 25 minut.

Pokud neuvažujeme časový úsek s výskytem supercel od 16:00 do 19:00 UTC, tak lze případ charakterizovat jako relativně předpověditelný. Vypočtené pohybové pole je dostatečně homogenní a umožňuje přesně extrapolovat rozsáhlé srážkové oblasti. Přesto jsou především v prvních hodinách termíny, kdy radarová extrapolace proti perzistenci nepřináší zlepšení, nebo jen malé.

6. ZÁVĚR A DISKUZE

V této práci, v souladu s jinými studiemi, je brán DCT jako mez předpovědi, za kterou už předpověď ztrácí smysl. Kvalita předpovědi a její využitelnost však závisí na jejím konkrétním využití a délka užitečné předpovědi se může od



Obr. 5 Časový průběh vybraných charakteristik pro 15. 8. 2010. Intenzita srážek a plocha jader jsou zaneseny na inverzní ose y vpravo, ostatní charakteristiky vlevo. Názvy a jednotky charakteristik jsou uvedeny v legendách obrázku.

Fig. 5. Chronological progress of selected characteristics for the hail storm case 15 August 2010. Precipitation intensity and core area are drawn on an inverted y-axis on the right side. The names and units of the characteristics are given in the legends.

DCT lišit oběma směry. Přesto DCT, a především závislost DCT na charakteristikách atmosféry dává důležité informace.

Průměrná hodnota DCT je 45,4 minut a průměrné zlepšení pomocí extrapolace oproti perzistenci (+DCT) je 13,4 minut. To jsou poměrně nízké hodnoty, ale odpovídají faktu, že předpověď srážek v letní polovině roku je ve střední Evropě obtížná. V letním období konvekce způsobuje rychlý vývoj bouří a srážek, kdy advekce není primárním mechanismem vývoje. Proto extrapolační metody mají omezenou úspěšnost. Hodnoty DCT jsou v porovnání s hodnotami uváděnými v zahraničních studiích velmi nízké. To je i důvod, proč bychom chtěli tuto metodiku aplikovat na evropskou sloučnou radarovou informaci programu OPERA.

S úspěšností extrapolačních metod souvisí časový a prostorový krok vstupních radarových dat. Filtrování na nižší rozlišení než jeden km, prostorové hlazení nebo použití sumovaných hodinových úhrnů srážek, které představuje hlazení dat v čase, zlepšuje verifikační statistiky, kromě těch s vysokými prahovými hodnotami. Takový postup je dostatečný například pro stanovení průtoků na středních a velkých povodích, ale pro předpověď velkých intenzit srážek v husté síti bodů je nedostatečný.

V článku nejsou uvedeny výsledky získané pomocí Spearmanových a skalárních korelačních koeficientů a pomocí CSI s různými prahy. Obecně lze říci, že všechny výsledky zachovávají strukturu zde prezentovaných výsledků. I když například Spearmanův pořadový korelační koeficient vychází relativně vyšší v porovnání se zde prezentovaným Pearsonovým korelačním koeficientem pro strukturovaná srážková pole, ve kterých může být i více jader, a to i intenzivnějších.

Největší výzvou v nowcastingu srážek vždy byl začátek vývoje jednotlivých konvektivních buněk a srážek z nich vypadávajících. Velký potenciál lze vidět ve využití jak družicových dat, tak i záznamů bleskových výbojů.

Ještě dlouhou dobu bude trvat, než s radarovou odrazivostí asimilované NWP modely použité častěji než jed-

nou za hodinu (aktuálně model ALADIN CZ jednou za šest hodin) způsobí, že radarová extrapolace ztratí svůj smysl. Do té doby může být cílem nejen stanovení limitů předpověditelnosti v podobě DCT a +DCT pro jednotlivé typy situací, ale i stanovení vah a časů pro kombinaci (tzv. blending) mezi čistou extrapolací a výstupy modelů NWP.

Poděkování:

Radarová data byla poskytnuta Českým hydrometeorologickým ústavem. Za zpracování Steinerova algoritmu děkuji Lukáši Popovi.

Literatura:

- BERENQUER, M., SEMPERE-TORRES, D., 2014. Radar-based rainfall nowcasting at European scale: Long-term evaluation and performance assessment. [online]. [cit. 4. 10. 2016]. Dostupné z WWW: https://www.researchgate.net/publication/259703040_Radar-based_rainfall_nowcasting_at_European_scale_long-term_evaluation_and_performance_assessment
- BŘEZKOVÁ, L., JANÁL, P., NOVÁK, P., KYZVAROVÁ, H., 2015. Možnosti predikce přívalových povodní v podmínkách České republiky. In: *Sborník prací Českého hydrometeorologického ústavu*, sv. 60, Praha: ČHMÚ, s. 29–49. ISBN 978-80-87577-27-1, ISSN 0232-0401.
- FORESTI, L., SEED, A., 2014. The effect of flow and orography on the spatial distribution of the very short-term predictability of rainfall from composite radar images. *Hydrol. Earth Syst. Sci.*, Vol. 18, s. 4671–4686.
- FORESTI, L., REYNIERS, M., SEED, A., DELOBBE, L., 2016. Development and verification of a real-time stochastic precipitation nowcasting system for urban hydrology in Belgium. *Hydrol. Earth Syst. Sci.*, Vol. 20, s. 505–527.
- GERMANN, U., ZAWADZKI, I., 2002. Scale-dependence of the predictability of precipitation from continental radar images. Part I: Description of the methodology. *Mon. Wea. Rev.*, Vol. 130, s. 2859–2873.
- HAIDEN, T., KANN, A., WITTMANN, C., PISTOTNIK, G., BICA, B., GRUBER, C., 2011. The Integrated Nowcasting through Comprehensive Analysis (INCA) system and its validation over the Eastern Alpine region. *Wea. Forecasting*, Vol. 26, s. 166–183.
- NOVÁK, P., KYZVAROVÁ, 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.
- NOVÁK, P., KYZVAROVÁ, H., 2016. Obnova meteorologické radarové sítě CZRAD v roce 2015. *Meteorologické zprávy*, roč. 69, č. 1, s. 17–24. ISSN 0026-1173.
- NOVÁK, P., BŘEZKOVÁ, L., FROLÍK, P., 2009. Quantitative precipitation forecast using radar echo extrapolation. *Atmos. Res.*, Vol. 93, s. 328–334.
- STEINER, M., HOUZE, JR., R. A., YUTER, S. E., 1995. Climatological Characterization of Three-Dimensional Storm Structure from Operational Radar and Rain Gauge Data. *Journal of Applied Meteorology*, Vol. 34, s. 1978–2007.
- ŠOPKO, F., 2016. Nástroje ČHMÚ pro předpovědi silné konvekce a vydávání výstrah. *Meteorologické zprávy*, roč. 69, č. 2, s. 54–59. ISSN 0026-1173.
- WILKS, D. S., 2011. *Statistical methods in the atmospheric sciences 3rd ed.* Academic Press, s. 704.

Lektoři (Reviewers): RNDr. František Šopko, Mgr. Hana Kyzvarová, Ph.D.

OVĚŘENÍ PŘESNOSTI MODELU WASP NA PROJEKTU VĚTRNÉ ELEKTRÁRNY V DRAHANECH 2007–2015

Miloslav Hradil, Český hydrometeorologický ústav, pobočka Brno, Kroftova 43, 616 67 Brno-Žabovřesky, hradil@chmi.cz

Verifying the accuracy of the WASP model for the wind power plant project in Drahaný in 2007–2015. Using the WASP Model in 2005, the Czech Hydrometeorological Institute branch in Brno developed its opinion of the wind power plant installation set up near the village of Drahaný, Prostějov District. The power plant was commissioned in late 2006, and since then it has been running flawlessly up to the present (2016). The study assesses the accuracy of the originally predicted values by comparing them with the actually achieved results from 2007 to 2015 and deals with a broader analysis of the various modelling procedures.

KLÍČOVÁ SLOVA: model WASP – elektrárna větrná – energetika větrná – verifikace výsledků modelu
KEYWORDS: WASP Model – wind power plant – wind energy sector – verification of model results

1. ÚVOD

Pobočka Českého hydrometeorologického ústavu (ČHMÚ) v Brně vypracovala, převážně s pomocí modelu WASP (Wind Atlas Analysis and Application Program, www.wasp.dk), v roce 2005 posudek k plánované stavbě větrné elektrárny v blízkosti obce Drahaný v okrese Prostějov. Stavba byla krátce poté realizována, první celoroční produkci energie dodala větrná elektrárna (VE) v roce 2007 a od té doby funguje bez větších problémů až do současnosti (2016). Provozovatelem větrné elektrárny v Drahaněch je brněnská společnost ELDACO, a. s. (www.eldaco.cz) a energetické výsledky jsou publikovány s jejím laskavým svolením. Cílem této práce bylo porovnat původní závěry a modelové předpoklady z roku 2005 s dlouhodobě reálně dosaženými výsledky výroby elektrické energie v období 2007 až 2015 a také širší ověření přesnosti modelových výpočtů, použijeme-li jako vstupy skutečně naměřené hodnoty rychlosti větru v období 2007 až 2015, včetně nově dostupných aerologických údajů z Prostějova. Je to v tomto regionu zřejmě jeden z mála projektů svého druhu, kde je také dlouhodobě ověřování možné; v zahraničí byla podobná srovnávání a posuzování různých postupů při projektování větrných elektráren prováděna v posledních letech například v Dánsku (Mortensen, Ejsing Jørgensen 2011; Mortensen et al. 2015).

2. METODIKA

Zájmová lokalita Drahaný leží v okrese Prostějov v nadmořské výšce kolem 640 m, v geomorfologickém celku Drahanské vrchoviny. Přesnější zařazení místa podle geomorfologického členění České republiky (Demek, Mackovčín et al. 2006) je uvedeno v tab. 1.

Větrná elektrárna se nachází přibližně 600 m od sever-

ního okraje obce a cca 150 až 200 m od okraje rozsáhlého lesního komplexu severně a východně od obce. Jde o typ VESTAS V90-2MW s výškou osy rotoru 105 m nad terénem. Poloha místa v souřadnicovém systému Universal Transverse Mercator (UTM)¹⁾ je 638 017 a 5 478 291 (obr. 1).

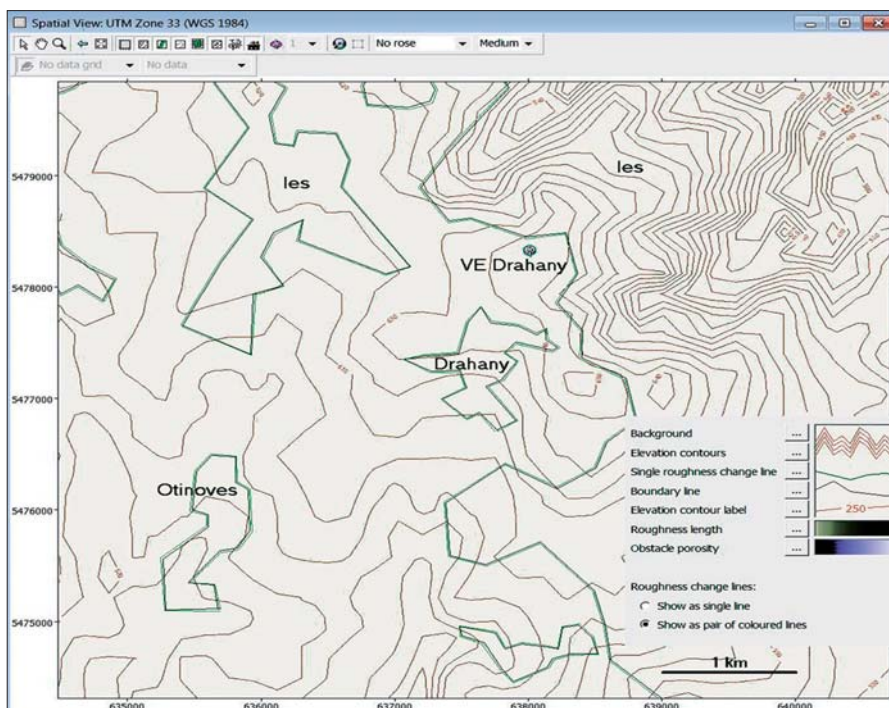
Hlavním analytickým nástrojem projektu byl model WASP, který je dlouhodobě vyvíjen oddělením větrné energie Dánské technické university (Danish Technical University, DTU, Wind Energy Department), dříve Risø National Laboratory (www.wasp.dk). WASP je program pro osobní počítače, primárně určený pro predikci větrných podmínek a dostupné energie větru. Vychází z naměřených dat rychlosti a směru větru na jedné meteorologické (referenční) stanici, která jsou extrapolována z místa měření do blízkého okolí podle vlastností terénu, drsnosti povrchu, případně s ohledem na vliv terénních překážek. Je modelem režimovým, vstupem jsou tedy data z dlouhodobě prováděných měření (minimálně 1 rok, optimálně několik let měření). V současné době se jako vstupní meteorologická data používají měření automatických meteorologických stanic, typicky průměrné hodnoty směru a rychlosti větru v časovém kroku 10 minut. Postupem času se program WASP stal standardem ve svém oboru a je dnes používán v asi 110 zemích světa. Některými aplikacemi modelu WASP v podmínkách České republiky se zabývali například Štekl a Hošek (2001) a Hanslian et al. (2012, 2014). V posledních letech byl do programu WASP implementován i tzv. modul CFD (Computational Fluid Dynamics). CFD je výpočetní metoda, která umožňuje modelovat dynamiku proudění ve složitější a numericky výrazně náročnější podobě, poskytuje však přesnější výsledky v členitějším terénu (Troen, Hansen 2015). Jedná se ale o zvlášť zpoplatněnou službu. Model WASP v základní podobě by se měl používat v nanejvýš jen mírně členitém terénu, se sklonem svahů zhruba do 20° a stanice i daná lokalita by měly mít podobnou konfiguraci terénu. V roce 2005 fun-

Tab. 1 Zařazení obce Drahaný do systému geomorfologického členění ČR.

Table 1. Inclusion of the village of Drahaný in the Czech Republic's system of geomorphological regionalization

Jednotka	Název	Kód
Oblast	Brněnská vrchovina	IID
Celek	Drahanská vrchovina	IID-3
Podcelek	Konická vrchovina	IID-3C
Okrsek	Protivanovská planina	IID-3C-a

¹⁾ Světový geodetický referenční systém 1984 (WGS84) je vojenský souřadnicový systém používaný státy NATO. Použité kartografické zobrazení se nazývá UTM (Univerzální transversální Mercatorovo). Počátek tohoto systému je v hmotném středu Země – jedná se o geocentrický systém. V roce 1984 byla osa Z totožná s osou rotace Země. Osy X a Y leží v rovině rovníku. Počátek a orientace jeho os X, Y, Z jsou realizovány pomocí pozemských stanic se známými přesnými souřadnicemi, které nepřetržitě monitorují dráhy družic systému GPS.



Obr. 1 Lokalizace větrné elektrárny Drahan v prostředí programu WASP. Znárodněn je výškopis (hnědá barva) a hlavní izolinie drsnosti povrchu (zelená barva) v souřadnicovém systému UTM.

Fig. 1. Localization of the Drahan wind power plant in the WASP programme environment. It shows the elevation (brown colour) and the main isolines of surface roughness (green colour) in the UTM coordinate system.

goval model WASP ve verzi 8.1, aktuální verze v roce 2016 je 11.54.

Použitý digitální model terénu vychází z databáze spravované dnes US Geological Survey (USGS, americká vědecko-výzkumná vládní agentura), tedy ze zdrojových dat získaných při misi raketoplánu Endeavour v roce 2000 (Shuttle Radar Topography Mission, SRTM), v horizontálním rozlišení cca 3" (přibližně 90 m). Model WASP umožňuje v případě potřeby lokální zpřesnění výškopisu z podrobnějších podkladů v okolí zkoumaného místa pomocí nástroje WASP Map Editor. Izolinie drsnosti povrchu (obr. 1) byly získány převážně digitalizací z aktuálních mapových podkladů na základě doporučené metodiky, užití v projektu European Wind Atlas (Troen et al. 1989).

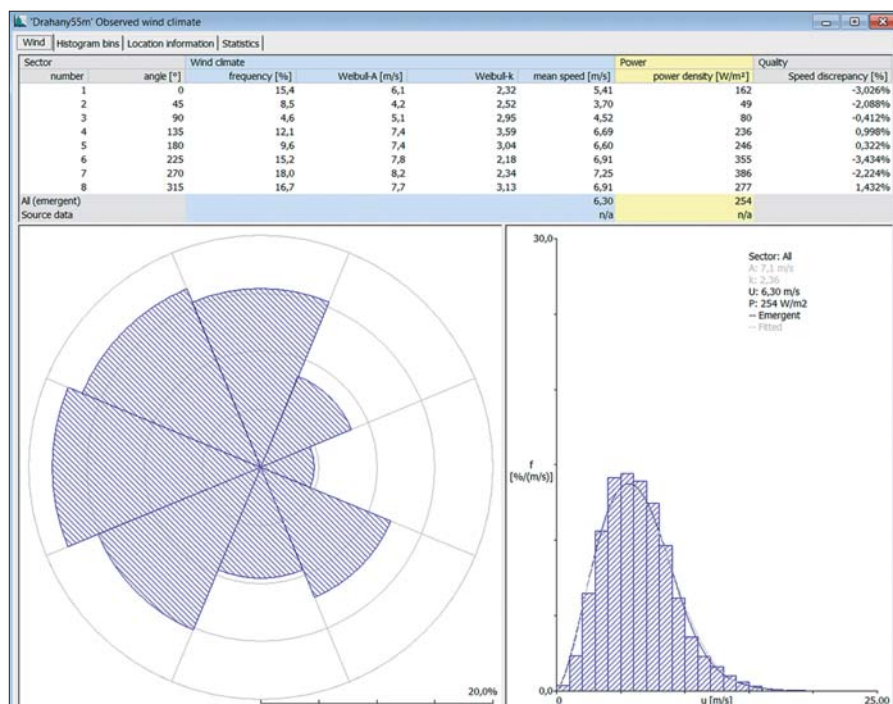
V době před vlastní stavbou objektu větrné elektrárny probíhalo v obci Drahan na stožáru společnosti Eurotel Praha, s. r. o., v období od 1. ledna 2004 do 31. března 2005, ambulantní měření ve výšce 55 m nad terémem. Desetiminutové průměry směru a rychlosti větru z tohoto období posloužily jako vstup pro první variantu modelového výpočtu. Vzhledem ke krátkodobým výpad-

kům a poruchám, zejména v zimních měsících, obsahuje vstupní soubor asi 91 % (cca 59 400) všech teoreticky dostupných desetiminutových průměrů rychlosti a směru větru z uvedeného období.

Obr. 2 shrnuje uvedené měření v prostředí WASP v objektu Observed Wind Climate (OWC). Pro 8 hlavních směrů větru jsou uvedeny četnosti výskytu v %, parametry Weibullova rozdělení A [$\text{m}\cdot\text{s}^{-1}$] a k (bezrozměrný koeficient), průměrná rychlost větru [$\text{m}\cdot\text{s}^{-1}$] a hustota výkonu větru (Power density, P ve $\text{W}\cdot\text{m}^{-2}$). Histogram je konstruován jako celkový pro všechny směry (sektory) a celková průměrná rychlost větru je $6,3 \text{ m}\cdot\text{s}^{-1}$, hustota výkonu větru $254 \text{ W}\cdot\text{m}^{-2}$.

Pro hlavní modelový výpočet byla v roce 2005 použita nejbližší stanice ČHMÚ v Protivanově, automatizovaná v roce 1999 a vzdálená od Drahan asi 6,5 km (souřadnice UTM, x, y [m] 632 638 a 5 482 186). Její nadmořská výška je 675 m. Zejména v síti dobrovolnických stanic lze často před-

pokládat poměrně významný vliv překážek v okolí stanice na naměřené hodnoty rychlosti a směru proudění. Stanice v Protivanově je umístěna na zahradě rodinného domu při okraji obce a vzhledem k charakteru okolí (poměrně blízké



Obr. 2 Objekt Observed Wind Climate (OWC) prostředí modelu WASP pro stožárové měření (55 m nad terémem) v Drahanech v období leden 2004 až březen 2005.

Fig. 2. Observed Wind Climate (OWC) object of the WASP Model environment for mast measurement (55 m above ground) in Drahan from January 2004 to March 2005.



Obr. 3 Stanice ČHMÚ v Protivanově, 14. 6. 2011.

Fig. 3. CHMI Station in Protivanov, 14 June 2011.

okolní domky, zahrady apod. – viz obr. 3, pohled od jihovýchodu) byl v tomto případě tzv. překážkový člen modelu (Obstacle Group), který může vlivy okolních objektů na rychlost proudění při výpočtech do značné míry eliminovat, do výpočtu zahrnut.

Pro porovnání ambulantně naměřených dat s dlouhodobým měřením v dané oblasti byla použita i vzdálenější stanice Luká, s profesionálním statutem od roku 1975 a vzdálená od Drahan asi 25 km (souřadnice UTM 640 992 a 5 501 796). Leží v nadmořské výšce 510 m, na vyvýšeném místě na okraji obce. V okruhu minimálně 130 m nebyly v roce 2005 žádné další budovy, pouze nepřilíhající vysoké skupiny stromů nebo keřů, a ani v posledních letech se okolo stanice podstatně nezměnilo, překážkový člen tedy nebyl aplikován. Měření těchto dvou stanic ČHMÚ v letech 2007 až 2015 bylo rovněž použito pro zpětné ověření přesnosti některých modelových postupů a výpočtů týkajících se energetické produkce, vlivu a významu překážkového členu (u Protivanova) a podobně.

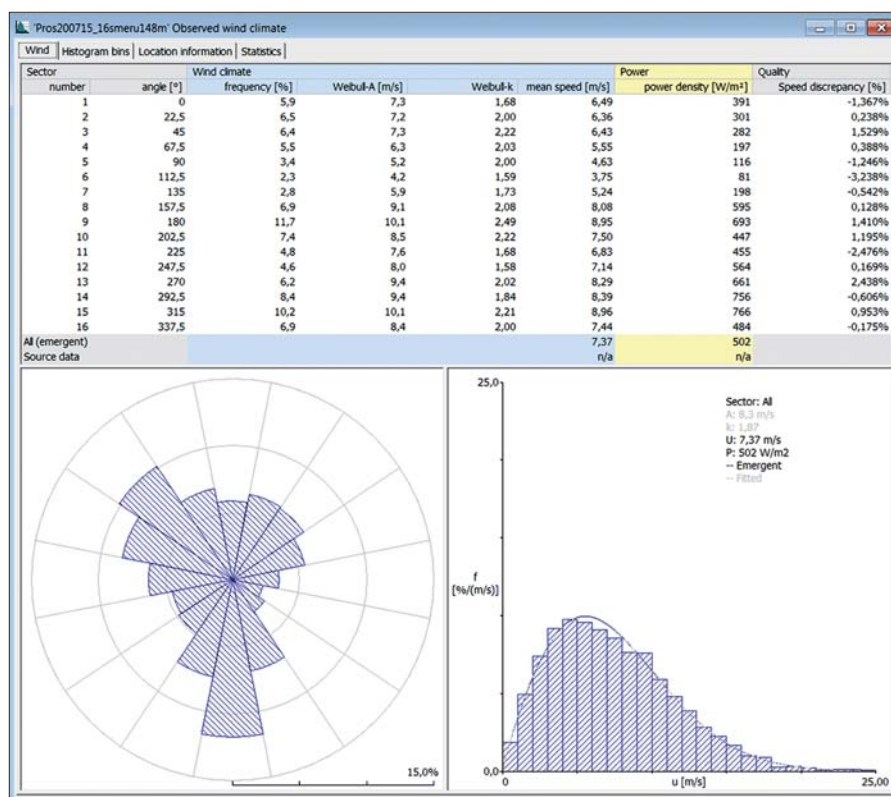
Vzhledem k tomu, že v současné době (2016) jsou již dostupná i digitální data z aerologického výstupu v Prostějově od roku 2004 (termíny 00:00 a 12:00 UTC), byly pro zpětná srovnávání využity rovněž některé vybrané aerologické údaje, zejména hodnoty rychlosti a směru větru v hladině 925 hPa. Sondážní stanice v Prostějově fun-

guje v rámci Vojenského geografického a hydrometeorologického úřadu (VGHMÚř, oddělení radio-sondážního průzkumu a meteorologie Prostějov). Vzdálenost sondážní stanice od Drahan je cca 17 km, její nadmořská výška 216 m a souřadnice UTM 654 714 a 5 479 950.

3. VÝSLEDKY A DISKUZE

První předběžný výpočet v roce 2005 byl získán ze vstupních dat ambulantiho stožárového měření v Drahaně za období leden 2004 až březen 2005. Predikce průměrné rychlosti větru a očekávané roční produkce energie (Annual Energy Production, AEP) pro podmínky předpokládané instalace VE, tedy výšku 105 m nad terénem, byla primárně $7,45 \text{ m}\cdot\text{s}^{-1}$ a 6,971 GWh. Průměrná rychlost větru z krátkého období, po eliminaci všech nepoužitelných údajů, byla běžným postupem redukována na desetiletý průměr 1995–2004 podle měření stanice Luká. Kratší období bylo zhruba o 10 % větrnější než dlouhodobý průměr, redukována očekávaná průměrná rychlost větru v místě lokalizace VE a ve výšce 105 m nad terénem vyšla

nepoužitelných údajů, byla běžným postupem redukována na desetiletý průměr 1995–2004 podle měření stanice Luká. Kratší období bylo zhruba o 10 % větrnější než dlouhodobý průměr, redukována očekávaná průměrná rychlost větru v místě lokalizace VE a ve výšce 105 m nad terénem vyšla



Obr. 4 Objekt Observed Wind Climate (OWC) prostředí modelu WAsP pro aerologické měření v Prostějově, hladina 925 hPa v období 2007 až 2015.

Fig. 4. Observed Wind Climate (OWC) object of the WAsP Model environment for aerologic measurement in Prostějov at 925 hPa from 2007 to 2015.

tedy cca $6,7 \text{ m}\cdot\text{s}^{-1}$. Přímá redukce AEP vzhledem k nelinearitě vztahů provedena nebyla. Většina výpočtů v roce 2005 proběhla variantně pro více výšek nad terénem, protože definitivní výška osy rotoru budoucí větrné elektrárny a její typ nebyly v té době ještě zcela přesně stanoveny.

Hlavní výpočet proběhl s použitím vstupních dat referenční meteorologické stanice v Protivanově (1999 až 2004), včetně aplikace tzv. překážkového členu. Predikovaná průměrná rychlost větru ve výšce 105 m nad terénem byla $6,8 \text{ m}\cdot\text{s}^{-1}$, očekávaná produkce AEP 5,810 GWh.

Údaje z meteorologické stanice Luká byly v roce 2005 využity i pro získání přehledu o mezích, v nichž by mohly kolísat hodnoty roční produkce energie (AEP) v jednotlivých letech. Byla použita data z let 1995 až 2004. Průměrné roční rychlosti větru kolísaly na stanici Luká v uvedeném desetiletí v rozmezí od $4,0 \text{ m}\cdot\text{s}^{-1}$ do $4,6 \text{ m}\cdot\text{s}^{-1}$, desetiletý průměr byl $4,3 \text{ m}\cdot\text{s}^{-1}$. Odhad mezi AEP byl počítán tehdy pouze pro výšku 80 m nad terénem a činil 4,5 GWh až 5,6 GWh, střední hodnota AEP činí 5,0 GWh. Bylo tedy předpokládáno, že v málo větrných letech by produkce mohla dosahovat hodnot jen kolem 90 % očekávaného dlouhodobého průměru, naopak ve větrném roce by mohla být o 10 až 15 % vyšší.

Střední výška hladiny 925 hPa za období 2007 až 2015 byla v Prostějově 788 metrů nad mořem, pro oblast Drahan je to asi 148 m nad úrovní terénu, tedy asi 40 m nad výškou osy rotoru místní větrné elektrárny. Vzhledem k omezením výškového profilu větru v modelu WAsP byla aerologická data nasimulována pro lokalitu Drahan a uvedeno výšku nad terénem (925 hPa jako 148 m nad terénem). Základní statistika směru a rychlosti větru v hladině 925 hPa za období 2007 až 2015 je uvedena v obr. 4. Pro 16 hlavních směrů větru jsou uvedeny četnosti výskytu v %, parametry Weibullova rozdělení A [$\text{m}\cdot\text{s}^{-1}$] a k (bezrozměrný koeficient), průměrná rychlost větru v $\text{m}\cdot\text{s}^{-1}$ a hustota výkonu větru (Power density, P) ve $\text{W}\cdot\text{m}^{-2}$. Histogram je konstruován jako celkový pro všechny směry (sektory) – celková průměrná rychlost větru je $7,4 \text{ m}\cdot\text{s}^{-1}$ a hustota výkonu větru $502 \text{ W}\cdot\text{m}^{-2}$.

Pro ověření přesnosti modelu, kvality naměřených dat i použitých metodických postupů byly provedeny zpětné srovnávací výpočty AEP i průměrné rychlosti větru na základě reálných dat, naměřených v oblasti projektu v letech 2007 až 2015 (tab. 2).

Výpočet očekávané průměrné roční rychlosti větru a roční produkce energie pro VE Drahan, zadaný podobně jako v roce 2005 pro referenční stanici v Protivanově, byl tentokrát proveden z reálně naměřených dat 2007 až 2015, a to analogicky pro referenční stanice Protivanov, Luká i Prostějov. Vzhledem ke kolísání úrovně ročního průměru rychlosti větru v letech 2007 až 2015 byla vybrána také dvě dílčí období 2007 až 2008 (větrnější) a 2013 až 2014 (méně větrné) a porovnaly se i výsledky v těchto kratších epizodách (tab. 3). V dolní části tabulky

Tab. 2 Skutečné hodnoty roční produkce energie AEP větrné elektrárny Drahan v gigawatthodinách (GWh) a průměrné rychlosti větru [$\text{m}\cdot\text{s}^{-1}$] na vybraných stanicích ČHMÚ v letech 2007 až 2015. U stanic Protivanov a Luká je měření v 10 m nad terénem, pro Prostějov v hladině 925 hPa.

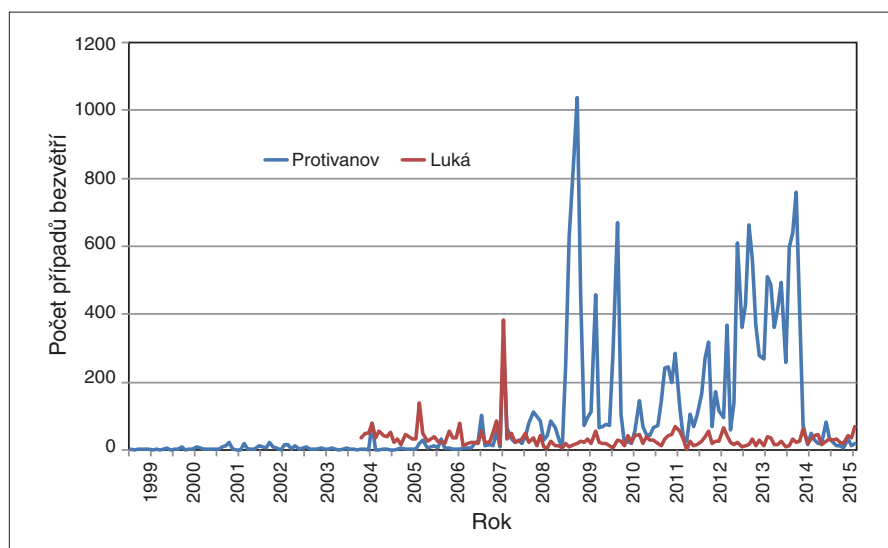
Table 2. Actual values of annual energy production of the Drahan wind power plant in gigawatt-hours (GWh) and average wind velocity [$\text{m}\cdot\text{s}^{-1}$] at selected stations of the Czech Hydrometeorological Institute from 2007 to 2015. At the Protivanov and Luká stations, the measurement was performed 10 m above ground, and, at the Prostějov station, at 925 hPa.

Rok	AEP	Protivanov	Luká	Prostějov
2007	6,292	3,4	4,6	7,5
2008	6,315	3,4	4,5	7,7
2009	5,494	2,6	4,5	7
2010	5,187	3	4,4	6,7
2011	5,286	3	4,2	7
2012	5,755	3,2	4,3	7,4
2013	5,48	2,7	4,2	7,3
2014	5,35	2,7	4,1	7,5
2015	6,137	3,4	4,3	8
Průměr	5,7	3	4,3	7,3

Tab. 3 Hodnoty skutečné výroby energie (skutečná AEP [GWh]) a jejich modelových výpočtů pro větrnou elektrárnu Drahan podle referenčních stanic Luká, Protivanov a Prostějov.

Table 3. Actual values of energy production (actual AEP [GWh]) and model calculations for the Drahan wind power plant according to the Luká, Protivanov and Prostějov reference stations.

Období	Skutečná AEP	Model Luká	Model Protivanov	Model Prostějov
2007–2008	6,3	5,155 (82%)	5,346 (85%)	6,249 (99%)
2013–2014	5,415	3,869 (71%)	4,220 (78%)	5,864 (108%)
2007–2015	5,7	4,511 (79%)	4,603 (81%)	5,843 (103%)
2007–2008		6,4	6,5	7
2013–2014		5,6	5,7	6,8
2007–2015		6	6,1	6,75



Obr. 5 Měsíční četnost případů bezvětří, kdy průměrná rychlost větru v intervalu 15 nebo 10 minut (F_{prum}) byla menší nebo rovna $0,5 \text{ m}\cdot\text{s}^{-1}$, v období 1999–2015 na stanicích Protivanov a Luká. Vstupními údaji jsou hodnoty F_{prum} v celých hodinách a půlhodinách.

Fig. 5. Monthly frequency of calm cases, where the average wind velocity in intervals of 10 and 15 minutes (F_{prum}) was less than or equal to $0,5 \text{ m}\cdot\text{s}^{-1}$ at the Protivanov and Luká stations from 1999 to 2015. The input data are the F_{prum} values at whole hours and half-hours.

jsou uvedeny modelem vypočítané průměrné rychlosti větru [$\text{m}\cdot\text{s}^{-1}$] v těchto obdobích pro Drahaný a 105 m nad terénem.

Největší chyby výpočtu AEP 20 až 30 % vznikají u modelového výpočtu podle nejbližší referenční stanice Luká, ta byla použita v původním posudku z roku 2005 pouze pro výpočet kolísání AEP v různých větrných letech, výpočet podle stanice v Protivanově dává chyby 15 až 20 %, výpočet podle aerologického výstupu v Prostějově jen do 8 %. Největší odchylky od skutečnosti jsou zaznamenávány pro období 2013 až 2014 (v Protivanově byl v těchto letech významně větší počet bezvětří), nejmenší v letech 2007 až 2008. Kvalita vstupních dat, zejména pokud jde o dynamiku počtu případů bezvětří (přesněji rychlosti větru pod prahem citlivosti přístroje) je důležitým faktorem, ovlivňujícím výpočet. Tento parametr je výrazně závislý na pravidelné údržbě stanic a kalibraci či případné výměně větroměrných čidel a v případě překročení obvyklých časových lhůt může být i modelový výpočet, zejména produkce energie, více či méně zkreslený. Na stanici v Protivanově se v první polovině období 1999 až 2015 počet případů bezvětří pohybuje řádově v jednotkách za měsíc, po roce 2008 se nárazově dostává i na hodnoty až o dva řády vyšší. Stanice Luká vykazuje kromě jediné významněji zvýšené hodnoty (383 údajů bezvětří za prosinec 2007) po celé období od roku 2004 jen náhodná kolísání úrovně bezvětří v řádu několika málo desítek případů v měsíci (obr. 5).

Pro přesnější kvantifikaci překážkového faktoru v našem projektu byl simulován i výpočet bez tohoto členu. Původní predikované hodnoty uvažující reálný vliv překážek na referenční stanici v Protivanově byly 4,603 GWh (AEP) a $6,1 \text{ m}\cdot\text{s}^{-1}$ (roční průměr rychlosti větru), po odstranění překážkového členu byly výsledné hodnoty 3,526 GWh a $5,3 \text{ m}\cdot\text{s}^{-1}$. Dochází tedy k poměrně citelné modifikaci výsledku, u rychlosti větru k poklesu asi o 13 %, u produkce energie o 23 %. Praktickým problémem je někdy dostupnost informací o překážkách v okolí stanice – jejich výšce, vzdálenosti a pórozitě v časovém vývoji. Databázový systém ČHMÚ CLIDATA na tuto charakteristiku obecně pamatuje, konkrétní hodnoty ale u některých stanic zatím v databázi nejsou uloženy.

4. ZÁVĚRY

V roce 2016 lze konstatovat, že modelové odhady parametrů projektu VE Drahaný pomocí programu WASP z roku 2005 byly velmi přesné. Očekávaná střední roční produkce energie pro VE Vestas V90-2MW a výšku 105 m nad terénem byla 5,810 GWh, skutečný průměr za devítileté období 2007 až 2015 činil 5,700 GWh, chyba odhadu byla tedy jen asi 2 %. Predikovaný roční průměr rychlosti větru v této hladině ze dvou referenčních stanic byl $6,8 \text{ m}\cdot\text{s}^{-1}$ a $6,7 \text{ m}\cdot\text{s}^{-1}$. Přesný naměřený údaj ve výšce 105 m nad terénem z období 2007 až 2015 není sice k dispozici, podle blízké sondáže je průměr v této výšce asi $6,75 \text{ m}\cdot\text{s}^{-1}$, údaje lze tedy považovat za prakticky identické. Pokud se jedná o kolísání produkce energie v jednotlivých letech, odhad byl od 90 % až do 115 % očekávané střední hodnoty. Skutečné mezní hodnoty AEP v letech 2007 až 2015 byly 91 a 111 % průměru z tohoto období. Při dodržení všech doporučených metodických postupů a dobré kvalitě vstupních dat by se výpočet AEP podle tvůrců modelu WASP neměl lišit od skutečnosti o více než $\pm 15 \%$, projekt VE Drahaný patří tedy v tomto směru k velmi dobrým výsledkům. Výše uvedená konkrétní čísla však nelze samozřejmě přeceňovat nebo plně zevše-

becňovat, platí jen v časovém a prostorovém kontextu daného projektu.

Zpětné komparativní výpočty ze skutečně naměřených dat v období fungování projektu jsou paradoxně v některých případech zatíženy větší chybou (u AEP kolem 20 %), zčásti patrně z důvodu přechodně zhoršené kvality dat. Potvrdil se rovněž předpoklad, že výsledky modelování závisejí významně na kvalitě a úplnosti metadat. Absence informací o překážkách v okolí referenční stanice mohou zhoršit modelové výsledky až v řádu desítek procent, hlavně u produkce energie (v případě Protivanova podhodnocení AEP o 23 %). Zajímavým zjištěním je skutečnost, že za vhodných podmínek (malá vzdálenost referenční stanice a nepřilíh významené rozdíly ve vlastnostech terénu) může být velmi dobrým zdrojem vstupních dat i aerologický výstup, který v tomto konkrétním případě produkoval ve srovnání se vstupy pozemních měření přesnější výsledky (u AEP chyba do 8 %). Analyzovaná lokalita Drahaný leží v terénu, který vyhovuje deklarovaným mezím použitelnosti klasického lineárního modelu WASP, do budoucna by mohlo být přínosné porovnat s realitou i případně modelové výpočty CFD v podmínkách výrazně členitějšího terénu.

Literatura:

- DEMEK, J., MACCOVČIN, P. et al., 2006. Zeměpisný lexikon ČR: Hory a nížiny, 2. vydání. Brno: Agentura ochrany přírody a krajiny ČR. ISBN 80-86064-99-9.
- HANSLIAN, D., HOŠEK, J., CHLÁDOVÁ, Z., POP, L., 2014. Větrná mapa České republiky pro výšku 100 m nad zemským povrchem. *Meteorologické zprávy*, roč. 67, č. 4, s. 97–105. ISSN 0026-1173.
- HANSLIAN, D., CHLÁDOVÁ, Z., POP, L., HOŠEK, J., 2012. Modely pro konstrukci větrných map ČR. *Meteorologické zprávy*, roč. 65, č. 2, s. 36–44. ISSN 0026-1173.
- MORTENSEN, N. G., EJSING JØRGENSEN, H., 2011. Comparison of resource and energy yield assessment procedures. EWEA Wind Resource Assessment Technology Workshop, Brussels, Belgium, 10–11 May [online]. [cit. 10. 11. 2016]. Dostupné také z WWW: <http://orbit.dtu.dk/en/publications/comparison-of-resource-and-energy-yield-assessment-procedures%283b6cf015-4cf1-4f5d-b500-08c504b6f0fe%29.html>.
- MORTENSEN, N. G., NIELSEN, M., EJSING JØRGENSEN, H., 2015. Comparison of Resource and Energy Yield Assessment Procedures 2011–2015: What have we learned and what needs to be done? EWEA 2015, Paris, France, 17–20 November [online]. [cit. 10. 11. 2016]. Dostupné také z WWW: <http://orbit.dtu.dk/en/publications/comparison-of-resource-and-energy-yield-assessment-procedures-20112015-what-have-we-learned-and-what-needs-to-be-done%28151892f6-55f4-4ecc-b031-70f0eff645b3%29.html>.
- ŠTEKL, J., HOŠEK, J., 2001. Přesnost metod VAS a WASP pro určení zásob větrné energie. *Větrná energie*, č. 14, s. 2–4.
- TROEN, I. et al., 1989. European Wind Atlas. Roskilde: Risø National Laboratory.
- TROEN, I., HANSEN, B. O., 2015. Wind resource estimation in complex terrain: Prediction skill of linear and nonlinear micro-scale models. AWEA Windpower Conference & Exhibition, Orlando, FL, United States, 18–21 May.

Lektoři (Reviewers): RNDr. Jiří Hostýnek,
Mgr. David Hanslian, Ph.D.

POROVNÁNÍ POČTU TROPICKÝCH NOCÍ A POČTU DNŮ S MINIMÁLNÍ TEPLOTOU ASPOŇ 20 °C A VYŠŠÍ V ČR

Pavel Jůza, Český hydrometeorologický ústav, pobočka Ústí nad Labem, Kočkovská 2699/18, poštovní schránka 2, 400 11 Ústí nad Labem-Kočkov, juzap@chmi.cz

Comparison of the number of tropical nights with the number of days with a minimum temperature of no less than 20 °C in the Czech Republic. The number of tropical nights is one of the climatic characteristics that appears in scientific publications and news. According to the Meteorological Dictionary, a tropical night is a night in which the minimum temperature does not drop below 20 °C. However, it may sometimes happen that the occurrence of a tropical night is assessed not by the nighttime minimum temperature but by the daylong minimum temperature. This difference may considerably affect the final results. The study presented shows that, over the past 11 years, the number of tropical nights was 37% higher on average than the number of days with a minimum temperature of no less than 20°C, but, in some specific cases, the difference was significantly higher. At some stations over the past 11 years, the total number of tropical nights was three to six times higher than the number of days with a daylong minimum temperature of no less than 20 °C, and it was found that there were eight months in which tropical nights occurred. However, there was no single day with a daylong minimum temperature of at least 20°C. Further, there was one year when the number of tropical nights was more than four times higher than the number of days with a minimum temperature of at least 20°C. These results indicate that it is absolutely necessary to adhere to the proper definition of tropical night and to consistently distinguish between the nighttime minimum temperature and the daylong minimum temperature.

KLÍČOVÁ SLOVA: noc tropická – teplota minimální – teplota minimální noční

KEYWORDS: Tropical night – minimum temperature – nighttime minimum temperature

1. ÚVOD

Jednou z klimatických charakteristik, které se objevují v klimatických atlasech, odborných člancích i v běžném zpravodajství pro veřejnost, je počet tropických nocí. Podle Meteorologického slovníku, a to jak podle staršího knižního vydání (Sobišek 1993), tak podle novější internetové verze (ČMeS 2016), tropická noc je „noc, v níž minimální teplota vzduchu neklesla pod 20 °C“. Ve slovníku již není specifikováno, za jaké období je tato minimální teplota měřena, v definici je použito jen slovo „noc“. Pokud budeme vycházet z toho, že kritériem by měla být nějaká hodnota, která se měří, lze konstatovat, že v původních klimatických denících a výkazech se uváděly dvě hodnoty minimální teploty, a to minimální teplota za období od 21 do 21 hodin a za období od 21 do 7 hodin místního času. Je zřejmé, že definici „minimální teploty v noci“ z těchto hodnot odpovídá minimální teplota od 21 do 7 hodin místního času. Na profesionálních synoptických stanicích se měří i minimum za období od 18 do 6 hodin UTC, ale tato hodnota se asi jako kritérium tropické noci použít nedá, za prvé proto, že na jiných než synoptických stanicích by nebyla dostupná, přinejmenším z doby před automatizací stanic, a za druhé tím, že je vázána na světový a nikoli místní čas, a hodnoty z různé zeměpisné délky by nebyly srovnatelné. Možná ani interval od 21 do 7 hodin není ideální definicí noci, ale jedná se o interval mezi klimatologickými termíny, ze kterého jsou údaje definovány, a z klimatologicky definovaných časových intervalů je pojmu „noc“ nejbližší. Občas se však stává, že se tropická noc posuzuje podle celodenní minimální teploty za období od 21 do 21 hodin místního času. To však neodpovídá definici a znamenalo by to, že existence tropické noci by závisela na tom, na jakou hodnotu klesne teplota na začátku další noci. Předmětem této práce je zjištění, do jaké míry se liší počet tropických nocí a počet dnů s celodenní minimální teplotou 20 °C a víc, tudíž jak je závažné tyto pojmy zaměňovat.

2. POUŽITÉ ÚDAJE A POSTUP ZPRACOVÁNÍ

Cílem této práce není systematická klimatologická studie zabývající se výskytem tropických nocí, nýbrž porovnání, jakým způsobem se liší výskyt tropických nocí a výskyt dnů

s celodenním minimem 20 °C a více. Byly použity údaje z elektronické databáze CLIDATA Českého hydrometeorologického ústavu. V této databázi jsou k dispozici informace o celodenní i noční minimální teplotě z doby provozu automatických meteorologických stanic, ale bohužel v ní nejsou údaje o nočních minimech (za období 21–07 hodin místního času) z období papírových deníků a výkazů. Z tohoto staršího období jsou v databázi pouze celodenní minima za 21–21 hodin místního času. Kdyby měla být provedena nějaká důkladná klimatologická studie výskytu tropických nocí, bylo by tedy nutno vyhledat údaje v papírových výkazech. Pro orientační porovnání výskytu tropických nocí a dnů s minimem 20 °C a více byly proto použity pouze údaje dostupné v databázi. Počet těchto údajů je pro účely orientačního porovnání dostatečný. Údaje v databázi o minimální teplotě z automatických stanic byly vypočteny z pravidelných dat, původně 15minutových, od roku 2010 z 10minutových. Tato data však nebyla pravidelně revidována, takže se v nich mohou vyskytovat chyby.

S ohledem na časový průběh automatizace stanic, a tedy údajů dostupných v databázi, byly použity údaje z období od roku 2005 do roku 2015. Z tohoto období byly pro klimatické stanice vybrány dny, ze kterých byla k dispozici obě teplotní minima, celodenní (21–21 h, v databázi označeno TMI) i noční (21–07 h, v databázi označeno TMI_{noc}). Z těchto údajů byly použity údaje z měsíců, ze kterých byly údaje aspoň z 25 dnů, aby se jednalo o případy, kdy měření obou minim probíhalo aspoň trochu systematicky, a vyloučily se případy, kdy bylo za měsíc několik náhodných měření. V tabulkách a grafech je celodenní minimum označeno TMI a noční minimum TMI_{noc} stejně jako v databázi.

V první fázi výpočtu byly započítány všechny takto získané údaje, což znamená, že s průběhem automatizace dostupných údajů přibývá. A v druhé fázi byly provedeny některé výpočty pouze pro stanice, které měly potřebné údaje po celé období od roku 2005 do roku 2015, nebo aspoň jeho převážnou část, aby bylo možno aspoň trochu porovnat některé časové trendy a vývoj. Zpracovány byly pouze měsíce květen až září, protože v ostatních měsících se tropické noci vyskytují natolik vzácně, že by pro statistiku neměly význam.

I v letních měsících však výskyt tropické noci není úplně běžný, takže i když při hodnocení všech stanic za celé sledované období vychází z velkých čísel nějaký průměrný poměr počtu dnů s tropickou nocí a dnů s minimální teplotou aspoň 20 °C, při hodnocení menších oblastí nebo časových úseků jsou čísla menší a jejich relativní poměr může být značně rozkolísaný.

3. ZJIŠTĚNÉ VÝSLEDKY

Při zpracování bylo zjištěno 255 stanic na území ČR, ze kterých byly nalezeny dny s údaji o minimální noční teplotě i minimální celodenní teplotě. Z toho na 107 stanicích byly tyto údaje k dispozici za celé období 2005 až 2015, nebo za jeho naprostou převážnou část. Na ostatních 148 stanicích jsou k dispozici údaje jen za část období, protože při postupné automatizaci byly automatizovány až v průběhu uvedeného období.

3.1 Výsledky ze všech stanic

Za období 2005 až 2015 bylo nalezeno 255 stanic, které aspoň část tohoto období byly automatické a v databázi z nich jsou k dispozici aspoň nějaké údaje o nočních i celodenních teplotních minimech. Celkem bylo z těchto stanic zjištěno 9 127 měsíčních údajů o nočních i celodenních teplotních minimech a 266 163 jednotlivých denních údajů. Z těchto 266 163 dnů bylo zjištěno 1 431 dnů s celodenní minimální teplotou 20 °C a více a celkem 1 973 dnů s tropickou nocí, tedy dnů s minimální noční teplotou 20 °C a více. To znamená, že v 542 případech byla tropická noc, ale celodenní minimum kleslo pod 20 °C. Tropických nocí tedy bylo o 37,9 % víc než dnů s celodenním minimum 20 °C a více. Z celkového počtu dnů se v 0,74 % dnů vyskytla tropická noc.

V tab. 1 jsou uvedeny počty tropických nocí na uvedených stanicích v jednotlivých měsících, i když vzhledem k nesouvislým řadám na části stanic nemusí tyto výsledky být úplně vypovídající.

Pro ilustraci je na obr. 6 uveden příklad průběhu teploty v den, kdy se vyskytla tropická noc, a přitom celodenní minimální teplota byla nižší než 20 °C. Jedná se o průběh teploty na stanici Strážnice dne 8. července 2015, ale bylo možno vybrat kterýkoli z dalších 541 obdobných případů. Na grafu je uveden průběh teploty (10minutové údaje) ve dnech 7. a 8. července a pro názornost je černou úsečkou znázorněno období od 21 hodin dne 7. 7. do 07 hodin dne 8. 7., tedy období, za které se uvádí tzv. minimální noční teplota, a zelenou úsečkou je znázorněno období od 21 do 21 hodin, tedy období, za které se uvádí normální klimatické celodenní minimum. Z obrázku je patrné, že v noci zůstala teplota vysoko nad 20 °C, zatímco následující večer klesla výrazně pod 20 °C, takže celodenní minimum toho dne bylo pod 20 °C.

3.2 Celkové výsledky ze stanic se souvislou řadou

V databázi bylo nalezeno 107 stanic, které v ní mají údaje jak o celodenní minimální teplotě, tak o noční minimální teplotě již od roku 2005 až do roku 2015. Z těchto 107 stanic jsou k dispozici 170 102 denní údaje, tedy cca 94 % teoreticky možných. Z toho bylo zjištěno 781 dní s minimální teplotou alespoň 20 °C a 1 066 tropických nocí, tedy o 36,5 % víc.

Z uvedených 107 stanic však 5 sice má údaje od roku 2005 až do roku 2015, avšak se značnými mezerami. Byly tedy pro další zpracování ponechány 102 stanice s aspoň 75 % dostupných údajů z teoreticky možných. Z těchto stanic pak je k dispozici 167 368 denních údajů, což činí 97,5 % teoreticky možných.

Je to tedy méně údajů než z celkových 255 stanic, ale vzhle-

dem k souvislým řadám lze údaje i porovnávat například podle měsíců, roků a podobně. Podíváme se nyní na výskyt tropických nocí na těchto 102 stanicích, s připomenutím, že se nejedná o klimatologickou studii. Jediným kritériem výběru stanic bylo, že z nich jsou v databázi CLIDATA dostupné údaje o obou teplotních minimech za příslušné období.

Z těchto 102 stanic bylo tedy k dispozici 167 368 denních údajů o obou teplotních minimech. Z toho v 780 dnech byla minimální celodenní teplota vyšší nebo rovná 20 °C a v 1 065 dnech byla tropická noc, tedy minimální noční teplota vyšší nebo rovná 20 °C. Ve 285 případech tedy nastala tropická noc, ale celodenní minimum kleslo pod 20 °C. Tropických nocí tedy bylo o 36,5 % víc než dnů s celodenním minimum 20 °C a více. Z celkového počtu dostupných dnů, za měsíce květen až září, se v 0,64 % dnů vyskytla tropická noc. Z uvedených 102 stanic se na 80 stanicích vyskytla za celé období aspoň jedna tropická noc, jednalo se tedy zhruba o tři čtvrtiny těchto stanic. Na 76 stanicích se vyskytlo celodenní minimum aspoň 20 °C. Nejvíce tropických nocí se vyskytlo na stanici Seč u Chrudimi, a to 48, při celkovém počtu dostupných měření z 1 679 dnů od května do září. To znamená, že na této stanici se v 2,86 % dnů od května do září vyskytla tropická noc. Nejvíce dnů s celodenní minimální teplotou aspoň 20 °C bylo na těžce stanici, a to 36. Dnů s tropickou nocí tam tedy bylo o 33,3 % více. Další v pořadí byly stanice Brno-Žabovřesky, kde bylo 43 tropických nocí a 33 dnů s minimum 20 °C a více, a stanice Praha-Karlov, kde bylo 39 tropických nocí a 34 dnů s celodenním minimum 20 °C a více.

Nejvíce dnů s tropickou nocí, ale zároveň s celodenním minimum pod 20 °C, bylo 12, a to na stanicích Seč a Strážnice, na stanicích Červená a Brno-Žabovřesky bylo takových dnů 10. Celkem na 68 stanicích se vyskytl aspoň jeden takový den, na dalších 12 stanicích bylo tropických nocí stejně jako dnů s minimum 20 °C a více, na zbývajících 22 stanicích se žádná tropická noc nevyskytla.

Tab. 1 Počty tropických nocí a počty dnů s minimální teplotou 20 °C a více na 255 stanicích.

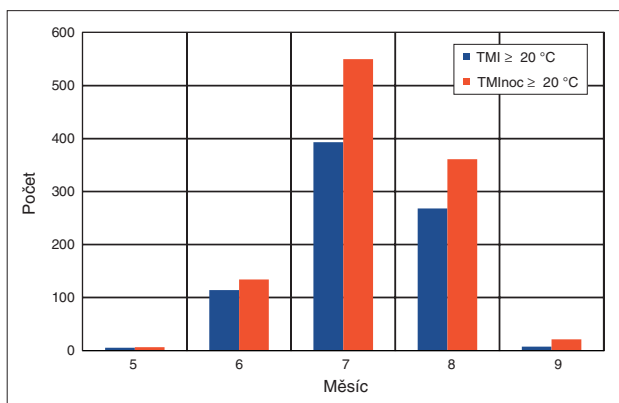
Table 1. Numbers of tropical nights and numbers of days with a minimum temperature of no less than 20 °C at 255 stations.

Období	Celkem	TMI ≥ 20 °C	TMInoc ≥ 20 °C	Poměr [%]
Rok	266 163	1 431	1 973	137,9
Květen	53 387	8	10	125,0
Červen	51 665	204	240	117,6
Červenec	54 039	651	941	144,5
Srpen	53 925	553	747	135,1
Září	53 147	15	35	233,3

Tab. 2 Počty tropických nocí a počty dnů s minimální teplotou 20 °C a více a relativní četnost dnů s tropickou nocí v jednotlivých měsících na 107 stanicích.

Table 2. Numbers of tropical nights and numbers of days with a minimum temperature of no less than 20 °C and the relative frequency of days with a tropical night at 107 stations for individual months.

Měsíc	Celkem	TMI ≥ 20 °C	TMInoc ≥ 20 °C	Rozdíl	Poměr [%]	Četnost [%]
Květen	33 521	5	6	1	120,0	0,02
Červen	33 270	114	134	20	117,5	0,40
Červenec	34 521	393	550	157	139,9	1,59
Srpen	33 277	268	361	93	134,7	1,08
Září	33 854	7	21	14	300,0	0,06



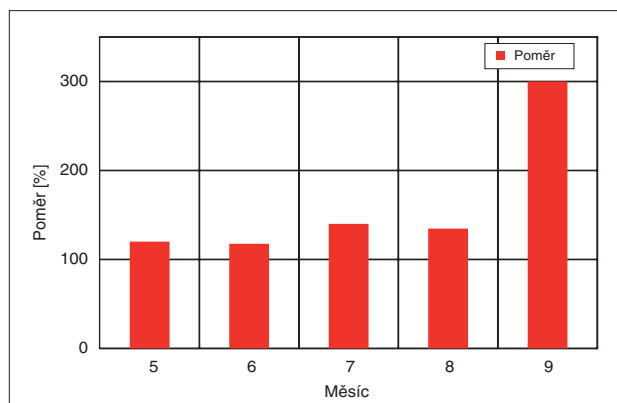
Obr. 1 Výskyt dnů s nočním minimem a celodenním minimem $\geq 20\text{ }^{\circ}\text{C}$ v období 2005–2015 v jednotlivých měsících na 107 stanicích v ČR.

Fig. 1. Occurrence of days with a nighttime minimum temperature and a daylong minimum temperature of no less than $20\text{ }^{\circ}\text{C}$ at 107 stations in the Czech Republic for individual months from 2005 to 2015.

Největší podíl tropických nocí a dnů s minimální teplotou aspoň $20\text{ }^{\circ}\text{C}$ byl na stanici Deštné v Orlických horách, kde byl za sledovaných 11 let zaznamenán pouze jeden den s minimem $20\text{ }^{\circ}\text{C}$ a více, ale 6 tropických nocí, tedy 6x více než dnů s minimem aspoň $20\text{ }^{\circ}\text{C}$. Na dalších pěti stanicích bylo tropických nocí třikrát víc, z toho na stanicích Běloutín a Vsetín byly dva dny s minimem $20\text{ }^{\circ}\text{C}$ a víc a tři tropické noci, na stanicích Košetice, Tábor a Velké Meziříčí byl jeden den s minimem $20\text{ }^{\circ}\text{C}$ a více a tři tropické noci. Celkem na 17 ze zkoumaných 102 stanic bylo tropických nocí nejméně o 100 % více než dnů s minimem aspoň $20\text{ }^{\circ}\text{C}$, na 28 stanicích to bylo nejméně o 50 %.

3.3 Výsledky za jednotlivé měsíce a roky

Došud uvedené údaje se vztahovaly k období 2005 až 2015 jako celku. Je však zřejmé, že výskyt tropických nocí je v různých měsících a letech různý. Proto byly zpracovány počty tropických nocí i za jednotlivé měsíce (roční chod) i za jednotlivé roky. V tab. 2 je uveden počet tropických nocí a dnů s minimem aspoň $20\text{ }^{\circ}\text{C}$ pro jednotlivé měsíce, a to pro každý měsíc souhrnně za celé jedenáctileté období. Dále je v tabulce uveden rozdíl, tedy počet dnů s tropickou nocí, ale s minimální teplotou pod $20\text{ }^{\circ}\text{C}$, podíl v procentech a konečně relativní četnost tro-



Obr. 2 Poměr počtu tropických nocí a počtu dnů s minimální teplotou $\geq 20\text{ }^{\circ}\text{C}$ v období 2005–2015 v jednotlivých měsících na 107 stanicích.

Fig. 2. Ratio of the number of tropical nights to the number of days with a minimum temperature of no less than $20\text{ }^{\circ}\text{C}$ at 107 stations for individual months from 2005 to 2015.

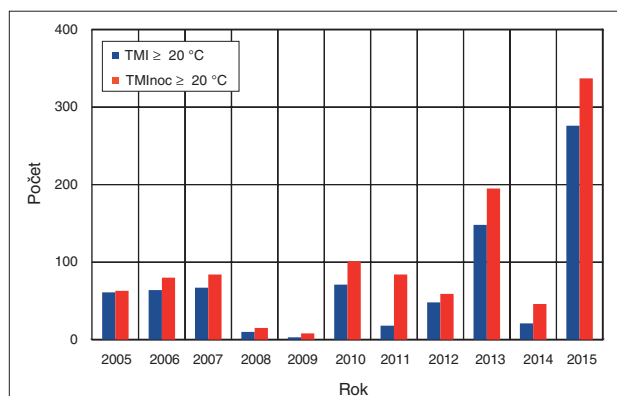
pických nocí v daném měsíci. V posledním sloupečku je vidět, že v souladu s běžným ročním chodem teploty nejvyšší relativní četnost tropických nocí je v červenci, zatímco v květnu a v září je četnost malá. V předposledním sloupečku je vidět, že v červenci bylo zjištěno o 40 % více tropických nocí, než dny s minimální teplotou aspoň $20\text{ }^{\circ}\text{C}$, ale v září dokonce o 200 %, což je vysvětlitelné tím, že v září už se ochlazuje, dny se krátí a noci prodlužují, a v případě výskytu tropické noci je značná pravděpodobnost, že do následujícího večera do 21 hodin místního času se ochladí pod $20\text{ }^{\circ}\text{C}$. Naopak v červnu, když je den nejdelší, je poměr počtu tropických nocí k počtu dní s minimem aspoň $20\text{ }^{\circ}\text{C}$ menší, počet tropických nocí je vyšší jen o 17 %. Graf výskytu v měsících květnu až září je zobrazen na obr. 1 a graf poměru počtu tropických nocí a počtu dní s teplotou aspoň $20\text{ }^{\circ}\text{C}$ je na obr. 2.

V tab. 3 je v podobné struktuře jako v tab. 2 uveden počet tropických nocí za jednotlivé roky. V posledním sloupečku vidíme, že nejvíce tropických nocí bylo v roce 2015, kdy ve více než dvou procentech dní od května do září byla zjištěna tropická noc. To je ovšem průměr zkoumaných 107 stanic, z nichž na některých se tropická noc nevyšly vůbec, takže na jiných to naopak muselo být více. Ale to není předmětem toho-

Tab. 3 Počty tropických nocí a počty dnů s minimální teplotou $20\text{ }^{\circ}\text{C}$ a více v jednotlivých letech na 107 stanicích.

Table 3. Numbers of tropical nights and numbers of days with a minimum temperature of no less than $20\text{ }^{\circ}\text{C}$ at 107 stations for individual years.

Rok	Celkem	TMI $\geq 20\text{ }^{\circ}\text{C}$	TMInoc $\geq 20\text{ }^{\circ}\text{C}$	Rozdíl	Poměr [%]	Četnost [%]
2005	15 268	61	63	2	103,3	0,41
2006	15 164	64	80	16	125,0	0,53
2007	15 494	67	84	17	125,4	0,54
2008	15 204	10	15	5	150,0	0,10
2009	15 301	3	8	5	266,7	0,05
2010	14 145	71	101	30	142,3	0,71
2011	15 162	18	84	66	466,7	0,55
2012	15 638	48	59	11	122,9	0,38
2013	15 569	148	195	47	131,8	1,25
2014	15 677	21	46	25	219,0	0,29
2015	15 821	276	337	61	122,1	2,13



Obr. 3 Výskyt dnů s nočním minimem a celodenním minimem $\geq 20\text{ }^{\circ}\text{C}$ v jednotlivých letech na 107 stanicích.

Fig. 3. Occurrence of days with a minimum nighttime temperature and a daylong minimum temperature of no less than $20\text{ }^{\circ}\text{C}$ at 107 stations for individual years.

Tab. 4 Počty dní s minimální teplotou aspoň 20 °C za jednotlivé měsíce a roky na 107 stanicích.

Table 4. Numbers of days with a minimum temperature of no less than 20 °C for individual months and years at 107 stations.

Rok / měsíc	Květen	Červen	Červenec	Srpen	Září	Celkem
2005	3		58			61
2006		17	46		1	64
2007	1		66			67
2008		6	2	2		10
2009			3			3
2010		14	56	1		71
2011			2	16		18
2012		8	27	13		48
2013		65	43	40		148
2014	1	4	16			21
2015			74	196	6	276
Celkem	2	114	393	268	7	787

Tab. 5 Počty tropických nocí za jednotlivé měsíce a roky na 107 stanicích.

Table 5. Numbers of tropical nights for individual months and years at 107 stations.

Rok / měsíc	Květen	Červen	Červenec	Srpen	Září	Celkem
2005	4		58	1		63
2006		24	54	1	1	80
2007	1	9	70	4		84
2008		7	2	6		15
2009			8			8
2010		16	82	3		101
2011		1	17	56	10	84
2012		8	32	17	2	59
2013		65	74	56		195
2014	1	4	38	3		46
2015			115	214	2	337
Celkem	6	134	550	361	14	1 072

Tab. 6 Poměr počtu tropických nocí a počtu dní s minimální teplotou aspoň 20 °C za jednotlivé měsíce a roky na 107 stanicích v procentech. Vykríčkem jsou označeny měsíce, kdy se vyskytly tropické noci, ale žádné dny s celodenním minimem 20 °C a více.

Table 6. Ratio of the number of tropical nights to the number of days with a minimum temperature of no less than 20 °C for individual months and years at 107 stations in percentages. The exclamation mark indicates the months when there were tropical nights but no days with a daylong minimum temperature of at least 20 °C.

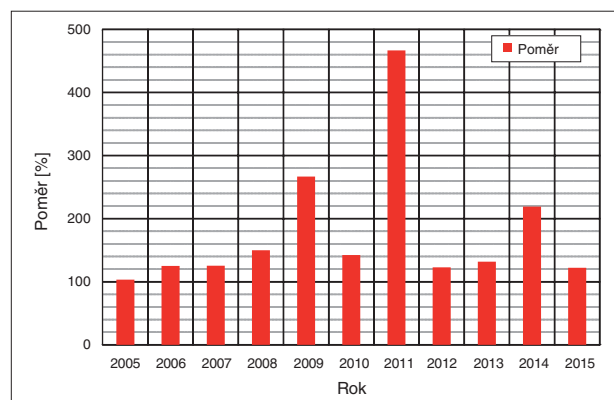
Rok / měsíc	Květen	Červen	Červenec	Srpen	Září	Celkem
2005	133		100	!		103
2006		141	117	!	100	125
2007	100	!	106	!		125
2008		117	100	300		150
2009			267			267
2010		114	146	300		142
2011		!	850	350	!	467
2012		100	119	131	!	123
2013		100	172	140		132
2014	100	100	238	!		219
2015			155	109	133	122
Celkem	120	118	140	135	300	136

to článku. Pro tuto studii je zajímavé především to, že zatímco v roce 2005 bylo tropických nocí pouze o tři procenta více než dnů s minimem aspoň 20 °C, v roce 2009 bylo tropických nocí více o 167 % a v roce 2011 dokonce o 367 %. Z tabulky je tedy patrné, že poměr počtu tropických nocí a počtu dnů s minimem aspoň 20 °C má velkou variabilitu. Proto v následujících třech tabulkách (tab. 4–6) jsou uvedeny počty tropických nocí, počty dnů s minimem aspoň 20 °C a poměr těchto čísel pro jednotlivé měsíce i roky od května 2005 až do září 2015. Graf výskytu tropických nocí a výskytu dnů s minimální teplotou aspoň 20 °C za jednotlivé roky od roku 2005 do roku 2015 je na obr. 3 a graf poměru počtu tropických nocí a počtu dnů s minimální teplotou aspoň 20 °C ukazuje obr. 4.

Z tab. 4 a 5 je zřejmé, že dlouhodobě nejvíce tropických nocí se vyskytuje v červenci, ale absolutní maximum jejich výskytu má srpen 2015, což není překvapivé, protože právě srpen 2015 byl naprosto extrémně teplý měsíc, zejména jeho první polovina. V tab. číslo 6 je pro jednotlivé měsíce zaznamenán poměr počtu tropických nocí a počtu dnů s minimem aspoň 20 °C v procentech. Prázdné kolonky značí měsíce, kdy se žádná tropická noc nevyskytla. Měsíc, kdy se vyskytla nějaká tropická noc, ale nevyskytl se den s minimem aspoň 20 °C, se vyskytlo 8 z celkových 55 zkoumaných měsíců (označeny vykřičníkem). Kromě těchto osmi měsíců byl poměr nejvyšší v červenci 2011, kdy tropických nocí bylo o 750 procent více než dnů s minimem aspoň 20 °C, tedy 17 proti dvěma. Druhý nejvyšší poměr byl v srpnu 2011, kdy bylo 56 tropických nocí a pouhých 16 dnů s minimem aspoň 20 °C.

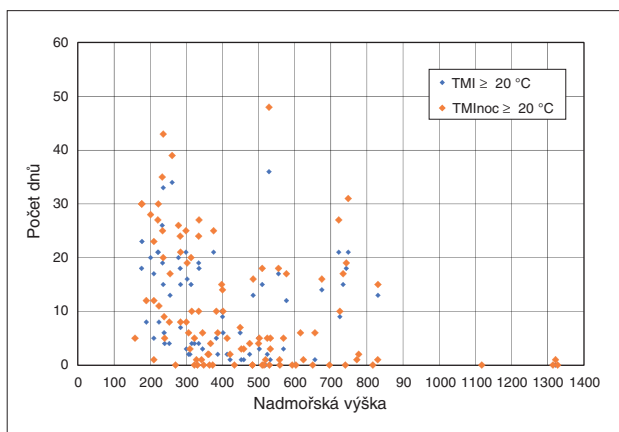
3.4 Výsledky za různé výšky a oblasti

V rámci České republiky jsou všeobecně nejteplejšími oblastmi nížiny, proto by se dalo očekávat, že v nížinách bude větší četnost výskytu tropických nocí než na horách. Přibližně to tak je, ale závislost zdaleka není jednoznačná a závisí na konkrétní poloze jednotlivých stanic. Ze 102 stanic s poměrně souvislou řadou údajů v uvedeném období se vyskytují stanice s nadmořskou výškou od 158 m n. m. (Doksany) do 1 328 m n. m. (Šerák). Nejvýše položenou stanicí s výskytem tropické noci, byť jen jedné, je stanice Lysá hora, která s výškou 1 322 m n. m. je druhou nejvyšší ze sledovaného souboru stanic. Další stanicí s výskytem tropických nocí, a to 15 tropickými nocemi a 13 dny s minimem aspoň 20 °C, je stanice Milešovka ve výšce 831 m n. m. Naopak nejnižší položenou stanicí bez výskytu tropické noci ve zkoumaném období je stanice Opava-Otice



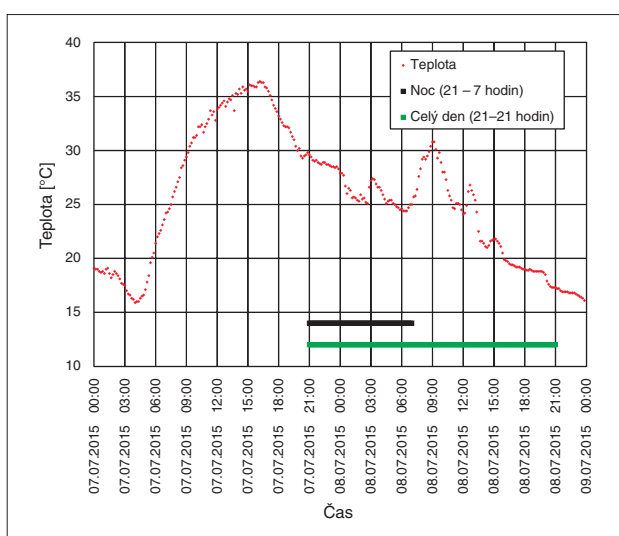
Obr. 4 Poměr počtu tropických nocí a počtu dnů s minimální teplotou ≥ 20 °C v jednotlivých letech na 107 stanicích.

Fig. 4. Ratio of the number of tropical nights to the number of days with a minimum temperature of no less than 20 °C at 107 stations for individual years.



Obr. 5 Závislost počtu tropických nocí a počtu dnů s minimální teplotou $\geq 20\text{ }^{\circ}\text{C}$ na nadmořské výšce.

Fig. 5. Dependence of the number of tropical nights and the number of days with a minimum temperature of no less than $20\text{ }^{\circ}\text{C}$ at elevations above sea level.



Obr. 6 Průběh teploty vzduchu na stanici Strážnice ve dnech 7. a 8. července 2015.

Fig. 6. Air temperature tracking at the Strážnice station on 7 and 8 July 2015.

v nadmořské výšce 270 m n. m., ale nízký výskyt tropických nocí je i na stanici Žatec (210 m n. m.), kde byla zaznamenána pouze jediná tropická noc. Ostatně i již zmíněná nejnižší položená stanice Doksany zaznamenala pouze 5 tropických nocí, což je výrazně méně než na řadě jiných stanic v obdobné výšce. Graf závislosti počtu tropických nocí a počtu dnů s minimem aspoň $20\text{ }^{\circ}\text{C}$ na nadmořské výšce je na obr. 5 a na tomto grafu je vidět, že tropických nocí sice s nadmořskou výškou poněkud ubývá, ale že tato závislost není tak výrazná, jak by se možná dalo očekávat. Pro úplnost je v tabulce 7 uvedena četnost tropických nocí v jednotlivých výškových kategoriích. Z tabulky je zřejmé, že ve výškovém rozsahu 600 až 800 m n. m. je dokonce vyšší relativní četnost výskytu tropických nocí než v pásmu 400 až 600 m n. m. Což ale nemusí nic znamenat a může to být ovlivněno konkrétním umístěním stanic.

Pro zajímavost byl zkoumán rovněž výskyt tropických nocí v různých oblastech. Byly zvoleny oblasti, kde jsou stanice pod správou jednotlivých poboček ČHMÚ, protože s tím může do jisté míry souviset i postup automatizace stanic. Není překva-

pivé, že největší relativní četnost tropických nocí mají stanice ve správě pobočky Brno, protože se jedná o nejtepřejší oblast ČR. Nejmenší četnost tropických nocí mají stanice ve správě poboček České Budějovice a Plzeň. Zajímavý je rozdíl mezi poměrem počtu dnů s tropickou nocí a počtem dnů s minimem aspoň $20\text{ }^{\circ}\text{C}$ v různých oblastech. Zatímco na stanicích ve správě ostravské pobočky bylo dnů s tropickou nocí o celých 63 % víc než dnů s minimální teplotou aspoň $20\text{ }^{\circ}\text{C}$, na stanicích ve správě plzeňské pobočky to bylo pouze o 10 % víc. Vzhledem k tomu, že nebyla posuzována reprezentativnost umístění stanic a jediným kritériem výběru bylo, že z nich jsou k dispozici potřebné údaje, nelze z těchto výsledků vyvozovat nějaké zcela konkrétní regionální závěry, nicméně je zřejmé, že poměr počtu dnů s tropickou nocí a dnů s minimem aspoň $20\text{ }^{\circ}\text{C}$ se může značně lišit nejen v jednotlivých letech a měsících, ale i v jednotlivých oblastech. Údaje o tropických nocích na stanicích ve správě jednotlivých poboček jsou v tabulce 8.

4. POUŽITELNOST VÝSLEDKŮ

Cílem této práce nebyla klimatologická studie o tropických nocích, ale zjištění, o kolik se liší výskyt tropických nocí od výskytu dnů s minimální teplotou aspoň $20\text{ }^{\circ}\text{C}$. Proto nebyla zkoumána poloha a reprezentativnost jednotlivých stanic a jejich místní podmínky, ale byly použity všechny stanice, ze kterých v databázi CLIDATA existovaly údaje o celodenní i noční minimální teplotě. Byly tedy použity údaje více než 100 stanic za období 11 let, jedná se o stanice, které již byly automatizovány, z toho 107 v celém období a celkem 255 aspoň v části sledovaného období. Množství údajů a délka období dávají tušit, že pro požadovaný účel jsou dostatečně použitelné. Jedenáctileté období na více než 100 stanicích poskytuje dostatečný obrázek nejen o průměrném poměru počtu dnů s tropickou nocí a počtu dnů s minimem aspoň $20\text{ }^{\circ}\text{C}$, ale i o časové a prostorové variabilitě tohoto poměru. Jinak by tomu však bylo, kdybychom chtěli dělat klimatologickou studii o dlouhodobém výskytu tropických nocí nebo dokonce jeho časovém trendu, na to je jedenáctiletá řada přece jen příliš krátká. Z průběhu počtu tropických nocí za toto krátké období je opticky vidět jakoby vzestupný trend, protože období je zakončeno extrémně teplým rokem 2015. Kdyby bylo zpracováno i chladnější léto 2016, byl by pohled na graf jiný. A značná variabilita poměru počtu tropických nocí a počtu dnů s minimem aspoň $20\text{ }^{\circ}\text{C}$ dává tušit, že k žádoucímu výsledku by nevedlo ani použití počtu dnů s minimem aspoň $20\text{ }^{\circ}\text{C}$ a jejich vynásobení nějakým koeficientem. V případě klimatologické studie o výskytu tropických nocí by tedy bylo zapotřebí získat také údaje o nočních minimech i z papírových výkazů z doby, kdy stanice nebyly automatické, nebo počkat, až i tyto údaje budou doplněny do databáze. Zřejmě by bylo vhodné tyto údaje zpracovat minimálně za třicetileté normálové období, tedy buď 1961 až 1990, nebo výhledově 1981–2010. Případně vyčkat, až bude dostatečně dlouhá řada měření z automatických stanic.

Tato práce se týkala výhradně tropických nocí. Vztah (rozdíl) mezi tropickou nocí s (celodenní) minimální teplotou je dán zejména tím, že po teplé noci se někdy během následujícího dne nebo večera ochladí pod $20\text{ }^{\circ}\text{C}$. Pokud by se však zkoumal obecně vztah mezi celodenním a nočním minimem, ukázalo by se, že zejména v zimním období k tomu přistupuje rozdíl daný tím, že v zimě se často minimální teplota vyskytuje až po sedmé hodině místního času. To se však netýká výskytu tropických nocí, ale není to zcela vyloučeno.

Při samotném zkoumání vztahu tropických nocí a celodenním minimem by se možná důkladnějším zkoumáním

Tab. 7 Relativní četnost výskytu tropických nocí a poměr počtu tropických nocí a dnů s TMI ≥ 20 °C v různých pásmech nadmořské výšky.

Table 7. Relative frequency of occurrence of tropical nights and the ratio of the number of tropical nights to the number of days with a minimum temperature of no less than 20 °C at different elevation zones.

Výškový rozsah m n. m.	Počet stanic	Počet denních údajů	Počet dní s TMI ≥ 20 °C	Počet dní s TMI _{noc} ≥ 20 °C	Rozdíl	Poměr [%]	Rel. četnost [%]
do 200	4	6 473	54	77	23	143	1,19
200 až 400	47	77 116	465	641	176	138	0,83
400 až 600	29	47 833	138	194	56	141	0,41
600 až 800	15	24 821	109	136	27	125	0,55
nad 800	7	11 125	14	17	3	121	0,15

Tab. 8 Relativní četnost výskytu tropických nocí a poměr počtu tropických nocí a dnů s TMI ≥ 20 °C v územních oblastech jednotlivých poboček ČHMÚ.

Table 8. Relative frequency of occurrence of tropical nights and the ratio of the number of tropical nights to the number of days with a minimum temperature of no less than 20 °C in the territorial areas of individual Czech Hydrometeorological Institute branches.

Oblast pobočky	Počet stanic	Počet denních údajů	Počet dní s TMI ≥ 20 °C	Počet dní s TMI _{noc} ≥ 20 °C	Rozdíl	Poměr [%]	Rel. četnost [%]
Brno	17	28 118	253	353	100	140	1,26
Č. Budějovice	12	19 798	17	24	7	141	0,12
Hr. Králové	18	29 882	178	245	67	138	0,82
Plzeň	11	18 297	29	32	3	110	0,17
Ostrava	18	29 814	98	160	62	163	0,54
Praha	12	19 236	105	127	22	121	0,66
Ústí n. L.	14	22 223	100	124	24	124	0,56

údajů z neautomatických stanic z papírových výkazů dospělo k výsledkům nepatrně číselně odlišným, ale dá se předpokládat, že rozdíly by nebyly nijak drastické a závěry; tedy nutnost důsledně odlišovat den s tropickou nocí a den s minimem aspoň 20 °C; by to zásadně nezměnilo.

5. ZÁVĚR

Byly zpracovány údaje o celodenních teplotních minimech a o nočních teplotních minimech za období 11 let na více než 100 stanicích, což by měl být dostatečně statisticky významný soubor. Za toto období bylo zjištěno více než 1 000 výskytů tropické noci.

Bylo konstatováno, že za celé období bylo tropických nocí, tj. nocí s minimální teplotou aspoň 20 °C, přibližně o 37 % více než dnů s celodenní minimální teplotou aspoň 20 °C. Ovšem v jednotlivých letech, jednotlivých měsících nebo na jednotlivých stanicích se vyskytly i rozdíly výrazně větší. Byla zjištěna stanice (Deštné v Orlických horách), kde za uvedených 11 let bylo šest tropických nocí a jen jeden den s teplotou aspoň 20 °C, a pět stanic (Běloutín, Vsetín, Košetice, Tábor a Velké Meziříčí), kde počet tropických nocí byl trojnásobný než počet dní s minimem aspoň 20 °C. Z 55 měsíců za uvedené období bylo zjištěno osm měsíců, ve kterých se vyskytl nezanebatelný počet tropických nocí, ale ani jeden den s minimální celodenní teplotou aspoň 20 °C, a několik dalších měsíců, kdy počet tropických nocí převažoval několikanásobně. Vyskytl se rok, a to 2011, kdy za celý rok byl počet tropických nocí víc než čtyřnásobek počtu dnů s minimem 20 °C a více.

Z uvedených zjištění je zřejmé, že při posuzování a komentování teplotních minim a případného výskytu tropických nocí je nezbytné důsledně rozlišovat noční minimum a celodenní minimum a v souladu se slovníkovou definicí tropické noci

tato dvě různá minima nezaměňovat. A nalezená značná variabilita poměru počtu obou charakteristických dnů rovněž ukazuje, že při vyhodnocování tropických nocí v konkrétní oblasti nebo konkrétním období nelze ani použít počet dní s minimem aspoň 20 °C a tento počet vynásobit nějakým koeficientem. Protože zatímco v některých případech může být počet obou typů dní i stejný, v jiných případech může být rozdíl i několikanásobný, případně se může jednat o to, zda se nějaké tropické noci vůbec vyskytly nebo ne.

Současně je nutno upozornit, že v tabulkách denních minim a teplotních rekordů, například těch, které jsou používány na prognózních pracovištích ČHMÚ, jsou většinou uváděna klimatická minima za období od 21 do 21 hodin místního času, tedy celodenní. Podle těchto tabulek tedy nelze hodnotit výskyt tropických nocí. Současně ale také nelze v aktuální den dopoledne komentovat naměřené noční minimum a porovnávat ho s tabulkou dosažených celodenních teplotních minim. Zejména nelze dopoledne

na základě vysokého nočního minima tvrdit, že byla překročena nejvyšší minimální teplota k danému datu; dosažení tzv. rekordu lze v takovém případě hodnotit až po 21. hodině večer.

Naproti tomu o tom, zda uplynulá noc byla tropická, lze informovat již dopoledne, protože noční minimum, které je kritériem tropické noci, je v tu dobu již známo.

Literatura:

- ČMeS, 2016. Meteorologický slovník výkladový a terminologický (eMS). [online]. [cit. 25. 9. 2016]. Dostupné z WWW: <http://slovník.cmes.cz/>.
- JŮZA, P., 2011. Tropické noci v Ústí nad Labem-Kočkově za posledních 25 let. *Meteorologické zprávy*, roč. **64**, č. 3, s. 95. ISSN 0026-1173.
- KYSELÝ, J., 2006. Prostorová proměnlivost horkých vln v České republice a letní teplotní zvláštnost jihozápadních Čech. *Meteorologické zprávy*, roč. **59**, č. 6, s. 183–189. ISSN 0026-1173.
- RACKO, S., 1987. Obdobia letných a tropických dní a tropické noci na Slovensku v rokoch 1951–1975. *Meteorologické zprávy*, roč. **40**, č. 5, s. 135–137. ISSN 0026-1173.
- SOBÍŠEK, B. a kol., 1993. Meteorologický slovník výkladový a terminologický. 1. vyd. Praha, Ministerstvo životního prostředí ČR. 594 s. ISBN 80-85368-45-5
- TOLASZ, R. et al., 2007. Atlas podnebí Česka, Climate atlas of Czechia. Praha, Olomouc: Český hydrometeorologický ústav, Univerzita Palackého v Olomouci. ISBN 978-80-86690-26-1 a ISBN 978-80-244-1626-7.

Lektoři (Reviewers): Mgr. Stanislava Kliegrová, Ph.D., RNDr. Miloslava Starostová

15. ZASEDÁNÍ KOMISE PRO HYDROLOGII WMO A HYDROLOGICKÉ FÓRUM RA VI

Od 7. do 13. prosince 2016 proběhlo v Římě 15. zasedání Komise pro hydrologii Světové meteorologické organizace (WMO). Hlavním cílem jednání bylo revidovat aktivity od posledního zasedání, a především definovat program práce Komise pro následující čtyřleté období.

Komise pro hydrologii je mezi technickými komisemi WMO unikátní v tom, že sdružuje národní hydrologické služby, což jsou ve většině zemí jiné organizace než služby meteorologické, a dále v tom, že pokrývá všechny typy činností, od měření a pozorování přes zpracování dat po předpovědi a aplikace. Nicméně v posledních letech je zřejmé, že Komise musí reagovat na aktivity a rozvoj průřezových programů a činností. Proto vznikl i systém WHOS (WMO Hydrological Observation System – <http://www.wmo.int/pages/prog/hwpr/chy/whos/>), který je příspěvkem hydrologické komunity WMO k implementaci WMO Integrated Global Observing System (WIGOS) a WMO Information System (WIS). Zasedání schválilo rezoluci, která přijala první fázi implementace WHOS a rozhodla o realizaci druhé fáze implementace. Ta bude využívat rovněž nově přijatý standard WaterML2.0 pro přenos operativních hydrologických dat.

Odsouhlasen byl také příspěvek hydrologie k Seamless Data Processing and Forecasting System v podobě vytvoření hydrologických center v rámci tohoto systému. Přijat byl i návrh na vytvoření Globálního systému hodnocení stavu a výhledu množství vodních zdrojů (Global Hydrological Status and Outlook System), který má být koordinovaný samotnými národními službami.

Pokračují však i ryze hydrologické aktivity, například projekt Vyhodnocení přístrojů a metod měření průtoku (Assessment of the Performance of Flow Measurement Instruments and Techniques), v jehož rámci i ČHMÚ čerpá prostřednictvím účasti v komunitě odborníků (community of practice) ze zkušeností provozování ADCP, když se experti z Jabloneckého pracoviště mimo jiné zúčastnili srovnávacího měření ve Francii a ČHMÚ má přístup ke konceptům dokumentů vznikajících v rámci projektu.

Novou aktivitou je pak vytvoření Globální podpůrné jednotky pro hydrometrii (Global Hydrometry Support Facility neboli HydroHub), jejímž smyslem je podpora rozvojových zemí, například prostřednictvím inovativních měřicích postupů a metod apod. V tomto kontextu byl rovněž ukončen provoz webových stránek překonaného Hydrologického operativního mnohoúčelového systému (Hydrological Operational Multipurpose System) HOMS.

Hydrologické Fórum RA VI se uskutečnilo v září 2016 v Oslo, společně s workshopem zaměřeným na různé aspekty hydrologické předpovědní služby v regionu.

Regionální asociace VI (RA VI) Světové meteorologické organizace (WMO) sdružuje národní meteorologické a hydrologické služby z Evropy a blízkého východu a jejím posláním je implementace rozhodnutí Kongresu a Výkonného výboru WMO a koordinace aktivit v regionu. V rámci RA VI, jako v jediné ze šesti regionálních asociací, neexistuje samostatná pracovní skupina pro hydrologii, když v roce 2005 došlo ke spojení hydrologické skupiny do stávající pracovní skupiny pro klima a hydrologii. Avšak následně byla chybějící hydrologi-

ká platforma částečně nahrazena právě konáním tematických Hydrologických fór.

V rámci konaného 3. hydrologického fóra tak probíhala diskuze i nad prioritami pro další práci a organizaci práce hydrologického fóra a RA VI. Účastníci se v zásadě shodli, že pro následující období aktivit RA VI by z hydrologické perspektivy měla být prosazována následující témata:

- Nutnost setkávání a výměny informací v rámci WMO RA VI pro hydrologické služby jak na expertní úrovni (Hydrologické fórum), tak na úrovni manažerské (chybějící setkání pracovní skupiny hydrologie).
- Zlepšení vzájemného informování a výměna informací, včetně netradičních metod (newsletter, web fórum).
- Podpora užší spolupráce národních hydrologických služeb s projektem Metealarm (metealarm.eu) a podpora zavádění formátu Common Alerting Protocol (CAP) pro sdílení hydrologických výstrah.
- Pracovní skupina RA IV by měla iniciovat užší spolupráci hydrologických služeb ve smyslu výměny konkrétních postupů při vytváření předpovědi a výstrah nebo při srovnávání úspěšnosti předpovědi (jednotná metodika).
- Jako opakující se problém byla zmíněna otázka navrhování a optimalizace měřicích sítí.
- Reakce na nové technologie, kdy data proudí bez kontroly přímo na internetové stránky a dosud chybí metody a algoritmy jakékoliv automatické kontroly takto zveřejňovaných dat.
- Vytvoření benchmarkingu a návodů pro využívání techniky měření vodních stavů.

Diskutována byla i potřeba vydávání výstrah na základě jejich potenciálních dopadů (impact based), avšak výsledkem diskuze bylo zjištění zásadních rozdílů v národní praxi napříč regionem. Bylo konstatováno, že kompetence národních hydrologických služeb většinou mají omezený dosah a definice dopadů je spíše záležitostí orgánů civilní ochrany, a proto je vhodné nejprve provést analýzu rozdílů ve stávající praxi v regionu. Jako téma pro další práci skupiny byla identifikována i problematika přívalových povodní z hlediska hodnocení jejich nebezpečí, rizik i možností předpovědi.

Jan Daňhelka

BUDIŽ VODA

Izraelská inspirace pro svět ohrožený nedostatkem vody

Autor Seth M. Siegl. Praha: Aligier 2016. 377 stran.

ISBN 978-80-906420-2-7

Již v současnosti trpí nedostatkem vody mnoho území zejména v Africe, Asii, Jižní Americe, ale i ve Spojených státech. Podle aktuálních poznatků postihne vodní krize do deseti let pětinu světové populace a v jejím důsledku dojde k celé řadě konfliktů, které budou probíhat jako „války o vodu“. V České republice díky geografické poloze zdánlivě problémy spojené s nedostatkem vody nehrozily, a dvě stoleté povodně v letech 1997 a 2002 evokovaly spíše opačný stav. Patrně i v důsledku probíhajících klimatických změn se však i na našem území začínají vyskytovat častější povětrnostní extrémů v podobě déletrvajících období sucha, zejména ve vegetačním období. I z těchto důvodů je nesmírně poučné seznámit se s komplexním řešením této problematiky ve Státu Izrael, který je více než třikrát menší než Česko a polovinu jeho rozlohy tvoří poušť.

Současný Izrael vznikl v roce 1948 na základě rozhodnutí Organizace spojených národů o rozdělení Palestiny na dva samostatné státy – židovský a arabský. Faktická existence Izraele v sousedství arabských států byla podmíněna dosažením nadprůměrné hospodářské a technické vyspělosti, která by zaručovala nejen přežití, ale i prosperitu pro různorodou a narůstající populaci – počet obyvatel se od r. 1948 zvýšil desetkrát na současných téměř 8,5 milionu. V daném kontextu se stalo zabezpečení dostatku vody jednou z priorit. V sugestivní knize je zachycena obdivuhodná cesta od zdánlivě neuskutečnitelných plánů a vizí až po triumfální vyhlášení vlády v roce 2013, že Izrael již není závislý na počasí, pokud se jedná o zásobování vodou.

Kromě předmluv ministra životního prostředí ČR, ministra zemědělství ČR a velvyslance Státu Izrael k českému vydání, výčtu opatření a rozhodujících událostí v podobě časové osy a dvou orientačních map (Izrael a jeho sousedé, Vybraná regionální infrastruktura) obsahuje kniha čtyři tematické části a je vybavena poznámkovým aparátem, seznamem rozhovorů, seznamem literatury i abecedním rejstříkem.

V jedné z kapitol první části, nazvané Utváření národa, který si váží vody, je citát premiéra Levi Eškola: „*Voda je pro zemi tím, čím je krev pro člověka*“. V tomto duchu bylo přijato několik legislativních opatření umožňujících realizaci plánů doslova „z říše fantazie“. Nejdůležitější byl Zákon o vodě z roku 1959, podle kterého se veškeré vodní zdroje staly veřejným majetkem podléhajícím státní kontrole. Tento zákon navazoval na dříve přijatou legislativu týkající se restriktivních opatření v oblasti čerpání podzemních vod a distribuce vody. Zákony se osvědčily a zůstávají v platnosti i po několika vlnách privatizace státem vlastněných majetků a odvětví. V Izraeli převládá názor, že státní vlastnictví vody je klíčem k dosaženým úspěchům na poli šetrného vodohospodářství. Autor doslova uvádí, že „izraelský systém hospodaření s vodou možná představuje nejúspěšnější příklad socialismu v praxi, jaký můžeme v dnešním světě najít.“ Ještě před uvedenými opatřeními se podařilo pomocí vodovodních rozvodů ze severu i využití podzemní vody zúrodnit dvacet tisíc hektarů v Negevské poušti. Politické vedení země si však uvědomovalo, že nároky na vodu nelze zabezpečit bez realizace dalších náročných infrastrukturálních projektů. Mimořádně složitá a nákladná soustava vodárenských potrubí byla zprovozněna v roce 1964 a je známá jako Národní rozvaděč vody. Rozvaděč zlepšil spolehlivost, dostupnost a kvalitu dodávek vody a umožnil osídlení aridních oblastí na jihu země – původní pustinu se podařilo proměnit ve vysoce produktivní a cenná území s rozvinutým zemědělstvím a ovocnářstvím.

Problematika hospodaření s vodou, resp. řízení vodního hospodářství, je popsána v druhé části nazvané Transformace. Řídicí úlohu systému vykonávalo několik ministerstev s vyhraněnými, často protichůdnými zájmy. Je obdivuhodné, že na základě politické dohody byl vytvořen apolitický Vodohospodářský úřad vybavený rozsáhlými kompetencemi. Vyloučení politiky z rozhodovacího procesu umožnilo přijímat účinná opatření týkající se získávání dalších vodních zdrojů, distribuce vody, cenotvorby i aplikovaného výzkumu v oblasti závlah a šetření s vodou. Podrobně je popsán několikaletý proces vedoucí od výzkumu až po technologické vyřešení odsolování mořské vody. Za cenu vysokých finančních nákladů bylo nalezeno řešení, pomocí kterého se dnes čistí šedesát procent celkového objemu slané vody na celém světě. Získaná voda splňuje nejpřísnější kritéria z hlediska čistoty, nízkého obsahu soli i vysoké průzračnosti.

Jednou z priorit se stalo využívání odpadních vod. Výsledkem je téměř dokonalá recyklace: čistí se 95 % splašků. Prostřednictvím 230 sběrných rezervoárů je vyčištěná voda distribuována kanalizačním potrubím převážně do zemědělských farem. Přestože potřeby zemědělců jsou plně saturovány, podařilo se odborníkům vyvinout technologii minimalizující spotřebu vody. Je to vynález kapkové závlahy spočívající v dávkování vody přímo ke kořenovému systému jednotlivých rostlin.

Ve více než stostránkové třetí části, nazvané Svět za hranicemi Izraele, jsou ve čtyřech kapitolách prezentovány možnosti spolupráce s Palestinskou samosprávou a Jordánskem. I když autorův přístup je důsledně apolitický, konstatuje, že na rozdíl od dobré spolupráce s Jordánskem jsou vztahy s Palestinskou samosprávou zatíženy nepřátelstvím s cílem zničit Stát Izrael. Na palestinském území hrozí vyčerpání omezených zásob podzemní vody a zamoření povrchových zdrojů.

Skvělých výsledků dosáhl Izrael prostřednictvím „vodní diplomacie“ při rozvíjení mezinárodních vztahů a kontaktů. V současné době více než 150 zemí využívá izraelskou pomoc při řešení problémů s vodou. Od navázání diplomatických styků v r. 1992 patří Čína mezi nejvýznamnější zákazníky, zavlažovací projekty jsou realizovány v Indii a v mnohých rozvojových zemích, zejména v Africe. V posledních letech probíhá spolupráce i s USA, protože nedostatek vody tam hrozí čtyřiceti státům.

V poslední části knihy nazvané Inspirace Izraelem jsou podány základní principy, filosofická východiska a konkrétní rozhodnutí, jejichž uplatnění vytvořilo stav naprosté soběstačnosti v zásobování vodou nezávisle na klimatických podmínkách. Izrael realizuje a aplikuje následující zásady a opatření:

- čerpá a upravuje vodu ze zvodní, studní, řek a Galilejského jezera,
- odsoluje mořskou vodu,
- hloubkovými vrty se dostává k zásobám brakické vody,
- šlechtí rostliny, jimž prospívá voda s vyšším obsahem soli,
- čistí skoro veškeré splašky a vyčištěnou vodu využívá v zemědělství,
- zachytává a využívá dešťovou vodu,
- znevýhodňuje projekty parků nebo rodinných domů s vysokou spotřebou pitné vody,
- vyžaduje, aby veškerá zařízení byla maximálně úsporná (separátní splachování u toalet),
- investuje do preventivních oprav infrastruktury, aby nedocházelo k únikům vody,
- již od základních škol vede své občany k šetření vodou, účtuje vodu v reálných cenách, aby podnítil odběratele k jejímu šetrnému využívání,
- vypisuje grantové programy na podporu vývoje technologií šetřících vodu a finančně podporuje jejich zavádění,
- experimentuje s nápady na snížení ztrát vody v důsledku odpařování,
- změnil skladbu pěstovaných plodin a zaměřuje se na druhy nenáročné na vodu,
- na většině zemědělských ploch používá kapkové zavlažování.

Sieglova kniha poskytuje velké množství poučných poznatků a dovádí pozorného čtenáře k přesvědčení, že pokud by Izrael problém vody nevyřešil, přestal by existovat.

Zdeněk Horký

PŘÍHRANIČNÍ SPOLUPRÁCE PŘEDPOVĚDNÍCH PRACoviŠTĚ DWD, IMGW A ČHMÚ

Na konci března 2017 proběhlo v Komořanech setkání meteorologů z regionálních poboček Mnichov, Lipsko, Postupim, Vratislav, Ústí nad Labem a Plzeň obohacené letos o účast klimatologů z Ostravy. Partnerská dvoudenní jednání jsou svolávána v rámci možností jednou ročně s tím, že místo konání se pravidelně mění. V roce 2015 bylo v Poznani za účasti meteorologů z místní pobočky a také z Gdaňska. O rok později měli polští kolegové problém s cestováním do zahraničí, společné setkání naplánované tentokrát do Prahy se tak odložilo a proběhlo až na konci zimy 2016/2017.

Vzhledem k tomu, že partnerství zmíněných pracovišť trvá už řadu let, zaslouží si malou retrospektivu a zmínku o dosažených výsledcích. V roce 2000 bylo zástupcům poboček ČHMÚ Plzeň a České Budějovice povoleno vycestovat do Mnichova na návštěvu regionálního centra Deutscher Wetterdienst. V přátelské atmosféře proběhla v angličtině výměna informací o činnosti obou předpovědních služeb a zrodila se myšlenka o pravidelné spolupráci zejména ve výstražné službě, což bylo shodou okolností v té době aktuální téma i v rámci Evropy a WMO RA VI. Výměnu výstražných informací umožňoval mezinárodní kód WAFOR, který ovšem nebyl příliš vhodný pro přímou interpretaci, a kódovaná zpráva mohla snadno uniknout pozornosti sloužícího meteorologa. Inspirací se pro nás stal dvojjazyčný formulář používaný na francouzsko-německé hranici mezi Strasbourgem a Stuttgartem. V tabulce obsahující dohodnuté texty v obou jazycích stačilo zaškrtnout kolonku, doplnit časovou a prostorovou platnost volbou čísla zasažené oblasti a odeslat faxem. Přitom nebylo nutné používat stejné limity nebezpečných jevů, cílem bylo informovat kolegu na opačné straně hranice o očekávaném výskytu a intenzitě projevů. Tato iniciativa zaujala pozornost koordinátora pilotního projektu WMO RA VI pana Wolfganga Kusche, pozdějšího ředitele DWD, a vedla k zapojení do projektu zabývajícího se výměnou výstrah, v rámci kterého začal být po vzniku Systému integrované výstražné služby ČHMÚ při vydání každé výstrahy odeslán e-mail okolním národním službám. Do projektu byl zapojen také rakouský ZAMG a spolupráce s jeho zástupci panem Herbertem Gmoserem a Michaelem Staudingerem vedla později ke vstupu ČHMÚ do komunity Meteoalarmu.

Po navázání spolupráce mezi Mnichovem a Plzní následovalo zkontaktování Ústí nad Labem a Lipska. Společný mítink v roce 2001 získal významnou podporu meteorologa a ředitele regionálního centra DWD v Lipsku pana Gerolda Webera, který v roce 2005 přizval ke spolupráci polské kolegy z Vratislavi. Z Lipska pochází také pan Thomas Endrulat, jenž po letech práce v oblasti silniční meteorologie obsadil funkci ředitele centra v Postupimi. Příhraniční spolupráce se za jeho přispění rozšířila na zbývající část polsko-německé hranice. Dvojjazyčný formulář původně odvozený pro Mnichov a Plzeň se v určitých obměnách ujal po celém trojmezí národních meteorologických služeb a užívá se dodnes, přestože začíná být aktuální nový komunikační protokol CAP umožňující v rámci Meteoalarmu přenášet a aktualizovat výstrahy v rozlišení srovnatelném s velikostí okresů nebo obcí s rozšířenou působností. Vyhodnocování vzájemné výměny ukazuje, že více výstražných informací chodí z Německa ven než opačným směrem, což je dáno částečně převládajícím prouděním a vývojem nebezpečných meteorologických jevů (některé se už na území ČR neprojeví tak významně), částečně zavede-



Obr. 1 Účastníci setkání meteorologů a klimatologů z regionálních poboček DWD, IMGW a ČHMÚ, obohacené o účast klimatologů z Ostravy se konalo na konci března v Praze-Komořanech. Foto: H. Stehlíková.

Odesilatel/Abender: Deutscher Wetterdienst Regionalzentrum München Helene-Weber-Allee 21		Tel.: 0049 89 15938 130 Fax: 0049 89 15938 141 E-mail: rz.muenchen@dwd.de	
Odesilatel/Abender: Český hydrometeorologický ústav Regionální předpovědní pracoviště Plzeň Demosovo nábřeží 14, 30114 Plzeň, Česká republika		Tel.: 00420 19 7237500 Fax: 00420 19 7237444 E-mail: meteo.ohp@chmi.cz	
Typ: <input type="checkbox"/> Uwetterwarnung Datum: <input type="checkbox"/> Výstraha na nebezpečné jevy	Südwestlich Böhmen Jihozápadní Čechy		
Anzettel: <input type="checkbox"/> Za versenden an DWD München Učteno per DWD München Anzettel: <input type="checkbox"/> Ausgegeben am Datum und Zeit (Ortszeit) Datum a čas vydání (místní čas) <input type="checkbox"/> Gültigkeitszeitraum (Datum und Zeit) Období platnosti (datum a čas)	Fax: 00 499 915 933 141 (E-mail: rz.muenchen@dwd.de)		
<input type="checkbox"/> Nebezpečné jevy <input type="checkbox"/> Sturmstößen ≥ 50 km Někdy SYNOP ≥ 25 m/s <input type="checkbox"/> Schwerwetter/Sicht bouřky kroupy (≥ 15 mm) a/nebo 40% (30 mm/hod) <input type="checkbox"/> Hagel (≥ 15 mm) Starkregen (oblačně) Gráň (≥ 15 mm/hod)	<input type="checkbox"/> Uwetter Gebiet, Höhe, Intensität oder andere Gebiet, nadm. výška, intenzita a jiné	<input type="checkbox"/> Verheerter Glätte / Ledovka plátek s rozlohou: bodů Anzettel geben: Bremen	
<input type="checkbox"/> Schneefall / Sněžení intenzita (mm/hod) Höhe: <input type="checkbox"/> Starkregen/Silný déšť ≥ 20mm/1h, ≥ 20mm/3h	<input type="checkbox"/> Starkregen/Silný déšť ≥ 20mm/1h, ≥ 20mm/3h	<input type="checkbox"/> 1: Föhnwind, Föhnstige <input type="checkbox"/> 2: Kälteeinbruch <input type="checkbox"/> 3: Gewitter/Wald <input type="checkbox"/> 4: Glatteis <input type="checkbox"/> 5: Spureneis/Wald <input type="checkbox"/> 6: Schnee 500-1200 m 500-1200 m	
Označte příkrem a kvantifikovat, pokud nebudete se škrtnout. Beachten: nur wenn und quantifizieren bzw. Umstrichendes strichen			

Obr. 2 Dvojjazyčný formulář se v určitých obměnách ujal po celém trojmezí národních meteorologických služeb a užívá se dodnes.

ním německého automatizovaného systému Nowcasting Mix, ale do jisté míry i větší aktivitou německých meteorologů.

Vzájemné informování o možném riziku nebezpečných jevů v příhraničí nebylo jediným tématem společných jednání. Od počátku se řešila také výměna naměřených dat, zpočátku klimatologických v měsíčním režimu, později operativních. Kontakty na Mnichov pomohly při organizaci česko-německého jednání o výměně a nekomerčním využití dat ze silničních meteorologických stanic za účasti vedení DWD, ČHMÚ a zástupců Ředitelství silnic a dálnic z české i německé strany. Výsledkem bylo uzavření dohody v rámci „Projektu Šumava“, na základě které se začalo v roce 2005 s výměnou silničních dat, zpočátku v německém kódu SH70 podobném zprávě SYNOP, později v bufru. Template pro silniční bufr byla vyvinuta ve spolupráci specialistek na problematiku kódování paní Evy Červené za ČHMÚ a Sibylle Krebber za DWD a připravena k uvedení do provozu na zimu 2006/2007. Obě kolegyně z Komise pro základní systémy CBS WMO pak hlavně zásluhou Dr. Evy Červené v letech 2011–2012 zpracovaly bufr-template také pro hodinová data z automatických meteorologických stanic a hodinové zprávy s desetiminutovými úhrny srážek požadované německou stranou pro výpočet modelu SNOW4. Export hodinových zpráv z AMS byl naprogramován firmou Swing, zpráv s dese-

timinutovými srážkami a údaji o sněhové pokrývce firmou KW Data.

Pravidelná výměna dat z automatických stanic ve formátu bufr funguje mezi DWD a ČHMÚ od konce roku 2013. Výhodou binárního kódu je, že v sobě skrývá metadata stanic, takže změna umístění nebo počtu stanic je pro vizualizaci dat ošetřena. V DWD jsou data zobrazována systémem NinJo, v ČHMÚ je to software Visual Weather. Přenáší se silniční data z celé České republiky, z Německa jsou k dispozici data ze Saska, Durýnska a Bavorska. Z automatické staniční sítě je pokryto území do hloubky 50 km od hranice. V zimním období se osvědčily informace o slabých srážkách při riziku tvorby ledovky, řada německých stanic je vybavena laserovými detektory sněhové pokrývky, od roku 2016 jsou k dispozici údaje z dohledoměrů. V letním období jsou žádoucí naopak informace o vysokých úhrnech srážek a detekce nárazů větru. Data jsou ukládána do databáze Clidata a lze je využít pro kalibraci radarových odhadů srážek v příhraničí.

Pokud jde o výměnu operativních dat přes hranici s Polskem, situace bohužel tak pozitivní není. Kolegové z poboček Hradec Králové a Ostrava byli úspěšní při vyjednávání v oblasti hydrologie a klimatologie, požadavky prognózních služeb z české i německé strany na přenos jiných dat než SYNOP zatím vyslyšeny nebyly. Proto jsme na mítink do Prahy přizvali klimatology z Ostravy, abychom demonstrovali dobře fungující výměnu ověřených klimatologických dat přenášených jednou denně v dopoledních hodinách. K dosažení tohoto cíle vedla dlouhá cesta a věříme, že se podaří prostřednictvím paní Teresy Zawislak a Marka Kurowskeho prosadit i průběžnou výměnu operativních dat ve formátu bufr. V oblasti silniční meteorologie v blízké době posun očekávat nelze, protože tato data nemá přímo k dispozici ani IMGW. Situace by se snad mohla začít zlepšovat po roce 2018, kdy bude v Polsku mezinárodní silniční konference SIRWEC.

Dalším programovým okruhem společných mítinků jsou pravidelně případové studie zajímavých meteorologických situací, výměna zkušeností o předpovědních praktických nebo možnostech zmíněných vizualizačních programů. Prezentace o extrémních projevech bouří, povodňových událostech, o spolupráci s lovci bouří, o verifikaci předpovědí nebo o situacích s dopadem na silniční dopravu jsou poskytovány ostatním kolegům na příslušných pobočkách, podle obsahu i dalším pracovištím. Takto byly postoupeny dále například prezentace o úpravě limitů výstražných systémů nebo o nowcastingových nástrojích či novém editoru výstrah.

Postavení regionálních předpovědních pracovišť se v Německu mění, výstražná služba je centralizována a částečně automatizována. Existovaly trochu obavy, jaké zprávy němečtí kolegové do Prahy přivezou. Ukázalo se však, že zatím je téma výměny výstrah stále živé a v oblasti výměny dat lze ještě mnohého dosáhnout. Účastníci mítinku se shodli na tom, že je žádoucí dále spolupracovat a udržovat komunikaci i v době mezi mítinky pro případné získání dalších potřebných kontaktů, což se osvědčilo například při výměně na pozici odborníka odpovědného v DWD za silniční meteorologii.

Dovolil bych si na tomto místě poděkovat bývalému i současnému vedení ČHMÚ za dosavadní podporu těchto aktivit a pozitivní přístup k nadstandardní výměně dat v rámci bilaterálních jednání na úrovni ředitelů ústavů, OZV pak za pomoc s přípravou setkání v Praze.

Jan Sulan

METEOROLOGICKÉ ZABEZPEČENÍ PŘEKONÁNÍ ČESKÉHO REKORDU V DÉLCE LETU HORKOVZDUŠNÝM BALONEM

České balonové létání se může pyšnit novým rekordem a letecký meteorolog ČHMÚ se podílel na jeho zabezpečení. Horkovzdušný balon třídy AX10 o objemu 4 500 m³ řízený Janem Suchým a Ondřejem Kostrhunem 25. února 2017 překonal nejdelší dobu letu, největší dosaženou vzdálenost i nejvyšší dosaženou výšku letu. Dvoučlenná posádka strávila ve vzduchu 9 hodin 59 minut, urazila celkem 550,57 kilometrů a během letu dosáhla maximální výšky 4 012 m n. m. Start balonu proběhl v sobotu 25. února v 07:07 SEČ z okolí Turnova. Horkovzdušný balon společnosti Ricoh přeletěl celou Českou republiku, v 11:00 překročil česko-slovenskou hranici u Hodonína a v 17:06 přistál na louce nedaleko obce Tázlár, asi 110 km jižně od Budapešti. „*Povětrnostní podmínky nám přály, i když místo startu jsme museli na poslední chvíli změnit kvůli nízké oblačnosti v oblasti Krkonoš,*“ řekl velitel balonu Jan Suchý. „*Po startu už šlo vše podle plánu. Řídicí letového provozu si nás předávali ze státu do státu a díky precizní přípravě celého letu jsme se nesetkali s žádnými obtížemi. Cestou jsme míjeli Brno, Bratislavu, na dohled jsme měli jezero Balaton a těsně před přistáním i Budapešť*“, dodal J. Suchý. Trasu balonu bylo možné po celou dobu letu sledovat online na stránkách www.ricohtransrepublika.cz. Hodnoty rekordu potvrdil Tomáš Hora, zástupce Českého balonového svazu, který byl přítomen startu i přistání. Let měl kromě ambice stanovit rekord také charitativní poslání.

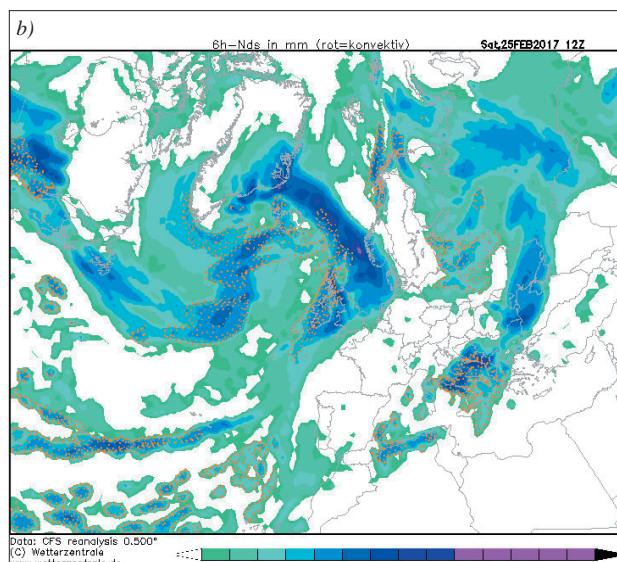
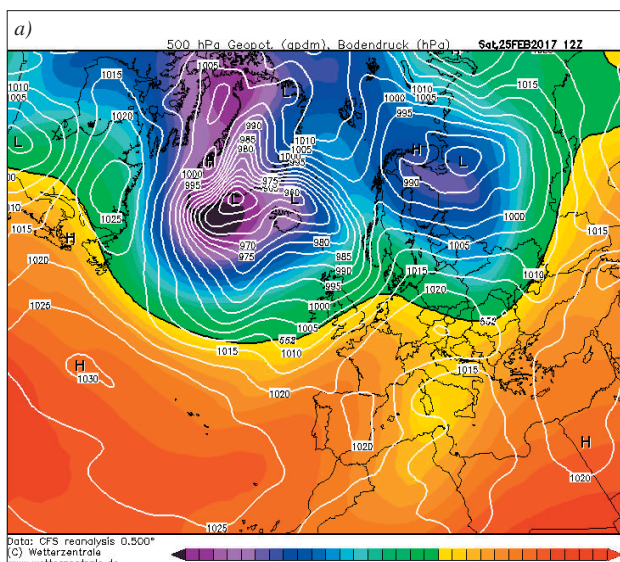
Co předcházelo aneb meteorologická příprava a následné zabezpečení celého projektu

Všechno začalo už 13. ledna, kdy mě oslovili oba mladí piloti, jestli bych se nestal hlavním meteorologem projektu. Tuto výzvu jsem přijal a s několikaletými zkušenostmi se zabezpečováním nejrůznějších akcí balonového létání a dostupnými informacemi v rámci Odboru letecké meteorologie ČHMÚ v zádech jsem se pustil do organizace meteorologického zabezpečení.

Piloty byly stanoveny následující meteorologické podmínky pro uskutečnění letu:

1. Rychlost přízemního větru: start do 5 m.s⁻¹ včetně nárazů, přistání do 7 m.s⁻¹ s nárazy do 8 m.s⁻¹, to stejné i v případě nutnosti přistání dříve v průběhu letu.
2. Výškový vítr: nejlépe směr od západu na východ (bylo potřeba uletět 450–500 km za dobu 10 hodin (vzhledem k omezenému množství plynu).
3. Oblačnost: piloti měli být schopni srovnávací navigace, a proto celkové množství oblačnosti nesmělo překročit 4/8. Na určitou dobu bylo možné toto množství překročit, ovšem za nevhodné bylo považováno proklesávat oblačností na přistání ve výšce, kde má balon ještě rychlost (např. v horách), nebo přistávat v řízeném prostoru letiště, kdyby základna oblačnosti byla nižší než 1 500 ft (450 m), nebo rovněž v mlze.
4. Konvekce: s ohledem na to, že let měl probíhat v hladině, byla přípustná slabá přízemní konvekce bez vertikálního vývoje.

Vlastní plánování letu bylo zahájeno ve středu 22. února, kdy bylo třeba vybrat meteorologicky nejvhodnější den pro vytvoření rekordu. Po zralé úvaze byla zvolena právě sobota 25. února. V následujících dnech nastala pečlivá volba místa startu podle trajektorie letu, dostupných meteorologických



Obr. 1 Mapy očekávaného rozložení tlakových útvarů a atmosférických srážek na sobotu 25. 2. 2017.

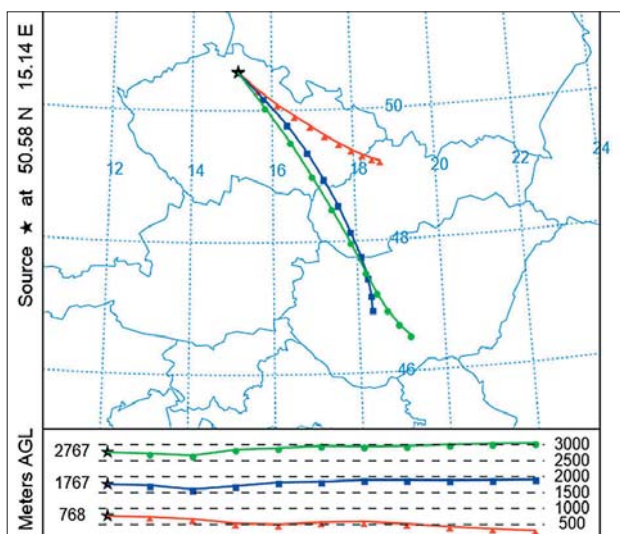
modelů, očekávaného počasí na trati a nezbytných odborných zkušeností. Pozornost byla věnována zejména hodnocení základny oblačnosti, horní hranice oblačnosti, podmínek konvekce, rychlosti a směru větru v celém profilu očekávaného letu. Předpokládalo se, že v severních Čechách bude v den startu balonu poměrně dost oblačnosti, a to i s možností, že realita může být zcela jiná.

Podle výškového proudění, které bylo od severozápadu k jihovýchodu bylo určeno, že se bude startovat někde v okolí Liberce a podle rychlosti výškového větru by se mělo přistávat v Maďarsku.

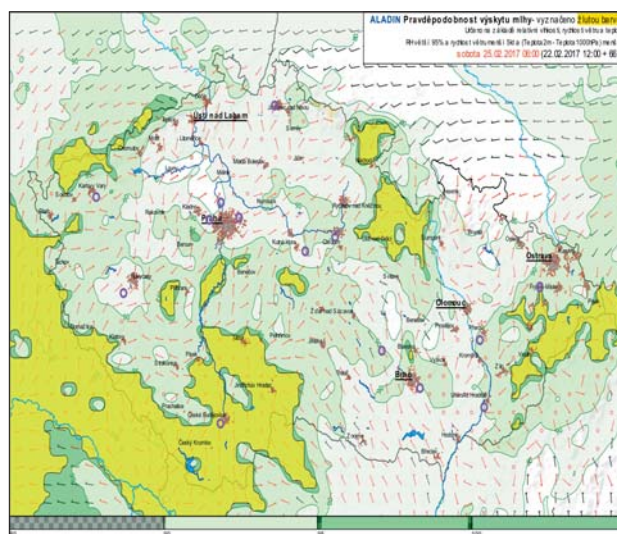
Pro předpověď výškového větru na 25. února byl použit model ALADIN a jeho predikce větru v hladinách FL 100 (700 hPa) na 06:00 UTC, 09:00 UTC a 12:00 UTC. Pro stanovení přízemního větru byl vhodný výstup stejného modelu na 06:00 UTC. Pro hodnocení nízké oblačnosti, srážek a případné mlhy byly použity specializované podkladové mate-

riály dostupné leteckým meteorologům ČHMÚ a přípravné díky Mgr. Olze Ivaničové z Odboru letecké meteorologie v prostředí aplikace Visual Weather.

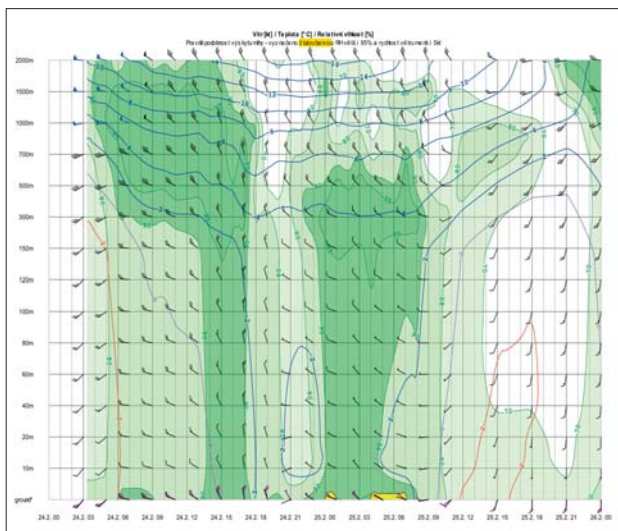
V pátek 24. února pak bylo znovu dle upřesněné předpovědi výškového profilu větru a množství oblačnosti po předem stanovené trati upřesňováno místo startu. Problémem bylo, že podle předpovídáných parametrů balon nemohl vstoupit do koncové řízené oblasti (TMA) letišť Praha, Bratislava, Vídeň a Budapešť v potřebné výšce. Proto se do poslední chvíle vybíralo nejvhodnější místo startu. Nejdeálnější se jevila Jelení Hora v Polsku, ale vzhledem k nízké oblačnosti a zakrytí Krkonoš oblačností bylo toto místo nakonec zamítnuto. Pro případný start byl vybrán Frýdlant s tím, že pokud bude ráno v oblasti startu nízká oblačnost, nebude se čekat na její rozpuštění, ale přejede se jižněji, kde by oblačnost už nemusela být tak souvislá. V pátek byla ještě řešena konvekce. Podle pseudotempů na sobotu měla být konvek-



Obr. 2 Zjednodušené určení trajektorie letu pomocí modelu NOAA HYSPLIT Trajectory.



Obr. 3 Vizualizace předpověděného rozložení mlhy na 25. 2. 2017 v 06:00 UTC.



Obr. 4 Výškový profil větru, teploty a relativní vlhkosti s pravděpodobností výskytu mlhy na 24. až 26. 2. 2017 pro Liberec (do 2 000 m).



Obr. 5 Posádka balonu po přistání u Tázláru (Maďarsko) 25. 2. 2017 po 17. hodině.

ce maximálně do FL 060 (1 800 m) a první kumuly se měly začít vytvářet mezi 08:00 a 09:00 UTC. Let by tedy probíhal nad málo vyvinutou kupovitou oblačností. Na Slovensku a v Maďarsku mělo být málo oblačnosti a na přistání jasno a vítr do $4 \text{ m}\cdot\text{s}^{-1}$.

V sobotu 25. února se očekávala podle očekávání v prostoru Frýdlantu a Liberce nízká oblačnost. Proto byl zvolen jižněji položený Turnov jako místo startu. Během letu byly pilotům předávány informace o základně oblačnosti a na vyžádání i vertikální profily větru přes doprovodné vozidlo.

Na závěr zdařilého přeletu a překonání rekordu oba piloti horkovzdušného balonu vyjádřili poděkování všem zúčastněným, kteří pomáhali splnit jejich sen. Je s potěšením, že i část tohoto poděkování patří uskutečněnému meteorologickému zabezpečení.

Roman Voženílek

GEOCACHING PRO METEOROLOGII?

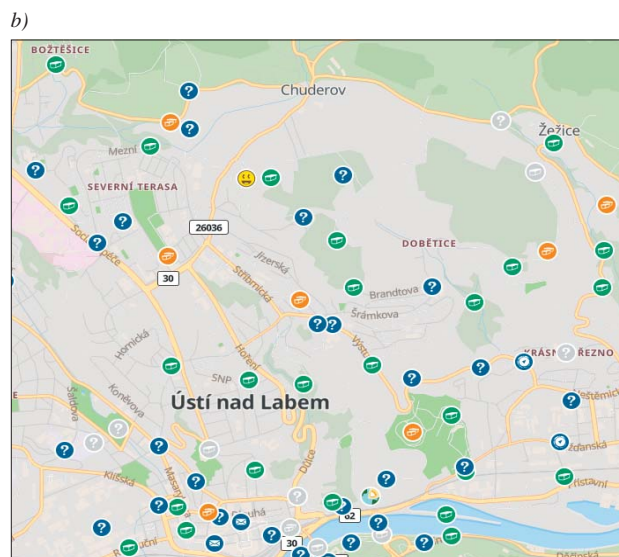
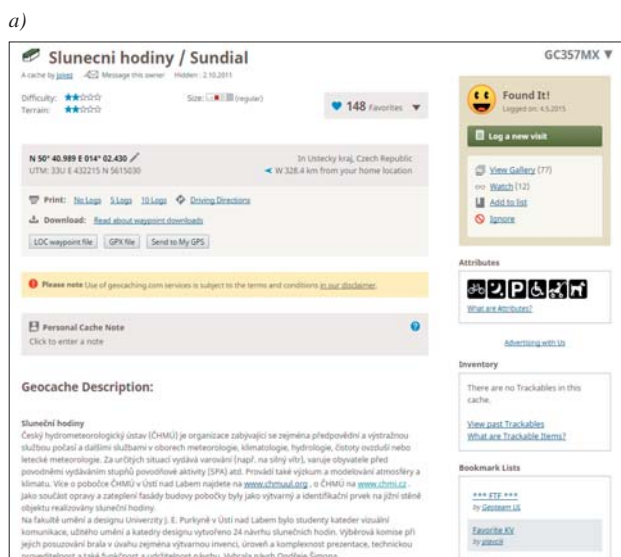
Již téměř 20 let funguje v geografickém prostoru terénní hra s názvem Geocaching, která mnohé uchvátí. Je to opravdu jen hra? Nebo se jedná o reklamní nástroj nebo zvláštní typ turistického průvodce? Pokud se s tímto fenoménem posledních let ještě někdo nesetkal, tak stručně shrnuji, že se jedná o hledání v terénu ukrytých krabiček s využitím GPS. Nejvyužívanějším zdrojem informací o těchto krabičkách je server Geocaching.com, kde lze najít souřadnice, popis a někdy i nápovědu, jak krabičku najít (obr. 1).

Většinou krabičky popisují nějaké místo nebo událost, někdy tvoří série, v některých případech musíte k získání souřadnic a nápovědy splnit nějaké úkoly. Při hledání tak můžete navštívit české hrady a zámky, rozhledny, pivovary, rodné domy, technické památky nebo se jen tak projít v lese, poznat různé naučné stezky nebo vystoupat na vrcholy. Zvláštní kapitolou jsou městské krabičky ukryté v okapových rourách, na zábradlí, v různých výklencích a jiných ne vždy lákavých místech.

Samotné umístění krabiček je klasifikováno svou obtížností, terénem a velikostí krabičky. Obtížné může být po příchodu na správné souřadnice krabičku objevit, protože je dobře maskovaná, nebo ji vyzvednout, je-li umístěna vysoko na stromě, na skále nebo na ostrůvku uprostřed rybníka. Po nalezení se „kačer“ (účastník hry) do krabičky zapíše (loguje se) a na serveru zápis potvrdí. Účastníci se snaží zkompletovat různé série, mít nález v každém dni v roce, najít „nej“ krabičku (nejsevernější, nejvyšší, nejstarší, ...), popřípadě zkompletovat všechny možné kombinace terénu a obtížností.

A proč o tom informujeme v Meteorologických zprávách? V Česku lze dnes již najít i krabičky, které tematicky souvisí s meteorologií nebo klimatologií. Například u některých pracovišť ČHMÚ jsou tyto tematicky zaměřené krabičky, které mají ve svém informačním sdělení (listing) i základní odborné informace (často je vidět, že jsou to informace zkopírované z veřejných zdrojů, autor popisu krabičky o daném oboru nic neví, někdy lze tušit, že popis psal odborník, ale systém funguje anonymně, a tak není důvod po autorech pátrat). Namátkově lze vybrat tyto krabičky:

- **Zámek Komořany** (kód v systému Geocaching.com je GC1YJN9). Tato krabička má s ústavem společnou jen blízkost sídla ČHMÚ a v popisu informací, že zámek od roku 1957 připadl do trvalého užívání Hydrometeorologickému ústavu. Od roku 2009 je v systému evidováno 1 770 nálezů.
- **CHMÍ Plzeň Mikulka** (GC6KNHC). Pěkná historická informace o vzniku pobočky ČHMÚ v Plzni. Informace o aktuální pracovní náplni je nepřesná a o rekordech by odborník u stanice založené v roce 2004 vůbec nehovořil. Přesto je to pro plzeňskou veřejnost zajímavá informace. Krabička je v systému necelý rok a eviduje zatím přes 300 nálezů.
- **Sluneční hodiny** (GC357MX). Stručná informace o pobočce ČHMÚ v Ústí nad Labem doplněná odkazy na další informační zdroje. Popis je napsán česky i anglicky a je zaměřen hlavně na popis slunečních hodin, které na budově pobočky existují. Od roku 2011 eviduje tato krabička téměř 1 100 nálezů.
- **Pěkné počasí** (GC1AA6D). K nalezení souřadnic je nutné vyloučit jednoduchý hlavolam umístěný přímo v popisu. Žádná informace o ČHMÚ zde není, ale nalezené souřadnice zavedou uživatele přímo k pobočce ČHMÚ v Ostravě. Od roku 2008 je evidováno téměř 650 nálezů.



Obr. 1 Ukázka zobrazení keší, a-popis, b-mapa.

- **Klementinská meteocache** (GC1M6N6). Zde je nutno k nalezení souřadnic krabičky odpovědět na testové otázky, které vycházejí z dlouhodobých měření na stanici v Klementinu, a odpovědi použít pro výpočet výsledných souřadnic, které jsou v blízkosti této stanice. Od roku 2009 systém eviduje 3 100 nálezů.
- **Meteorologická věž** (GC3P669). Tematicky je popis zaměřen na architektonickou zajímavost meteorologické věže v Praze na Libuši. 1 050 nálezů od roku 2012 však jistě zaznamenalo, že se nachází v blízkosti známého pracoviště ČHMÚ. Bohužel byla tato krabička v posledních měsících několikrát ukradena, a není jisté, že v systému zůstane zachována.
- **Meteorologická stanice Přimda** (GC2D7GN). Stručné informace o stanici ČHMÚ v popisu přivedly na místo od roku 2010 více než 330 nálezů.
- **Atmosférická stanice** (GC414DA). Krabička je věnována stavbě 250 m vysokého stožáru a popis je doplněn odkazem na informace o observatoři Košetice. Od roku 2012 je evidováno 200 nálezů.
- **Žebrácká meteostanice** (GC48ACN). Navštívit lze i vtipné krabičky, které na první pohled jsou něčím jiným než ve skutečnosti. Tato s výhledem na hrad Žebrák zve k meteostanici „pracující na bázi nejmodernější techniky“. Přivede však účastníky k úplně jinému zařízení, se kterým citovaný ČHMÚ nemá nic společného. Od roku 2013 je evidováno 770 nálezů.
- **Thunder mountain** (GCJ6RD). Krabička věnována Milešovce i s informací o meteorologické stanici na vrcholu. Jedna z nejstarších krabiček u nás přilákala od roku 2004 již 3 250 návštěvníků.
- **Meteorologická 1, 2 a 3** (GC19JQY, GC1EG4D, GC1Q2ZE). Sada tří krabiček věnovaných oblakům, aerologickému výstupu a synoptické mapě. První v pořadí již byla zrušena, informace v popisu však zůstávají dostupné. Autor přiznává, že se jedná o laické informace, odkazuje však na odbornou literaturu, se kterou umí pracovat. Krabičky byly založeny v roce 2008 a byly již navštíveny 464x, 500x a 360x.
- **Odкуда vítr fouká** (GC3ETQE). V blízkosti krabičky je umístěna větrná směrovka a korouhev. V popisu je stručně

- popsán princip historického měření směru větru a nalezení krabičky jsou vyzváni, aby do logu připsali aktuální směr větru. Od roku 2012 bylo zapsáno 2 050 nálezů.
- **Povodně 97** (GC1HRN7). Vzpomínková krabička zavede účastníky do Otrokovic a při hledání výsledných souřadnic je provede místy zatopenými během tzv. moravských povodní v červenci 1997. Od roku 2008 má pouze 360 nálezů.
- Tato tematika není českou specialitou. Podobné lze najít i v zahraničí:
- **Aladin cache** (GC3F1XD). Krabička je umístěna v blízkosti SHMÚ v Bratislavě na Kolibě a popis obsahuje základní informace o meteorologickém předpovědním modelu ALADIN. Od roku 2012 se díky krabičce k SHMÚ přišlo podívat 200 nálezů.
 - **Meteorology** (GC3V39Y). Krabička je věnována portugalskému meteorologickému ústavu (Instituto Português do Mar e da Atmosfera, IPMA). Od roku 2012 má evidováno 340 nálezů.
 - **Finn Malmgren** (GC2M0JE). Krabička je věnována meteorologovi, který se mimo jiné účastnil norské expedice vedené R. Amundsenem na lodi Maund v Severním ledovém oceánu. Od roku 2011 má krabička 740 nálezů.
- V úvodu jsem se ptal, zda se jedná o hru, reklamní nástroj nebo turistického průvodce. Osobně považuji tento systém ne za hru, ale za skvělý nástroj doplňující dostupné turistické průvodce. Keškování zavede účastníky na místa, o kterých se průvodci nezmiňují, a dokonce i tam, kde to dobře znám, jsem díky keškám objevil spoustu zajímavých zákoutí. Turistický průvodce poskytuje informace o turisticky zajímavých, a tedy turisty vyhledávaných místech. Kešky ukazují zajímavosti tak, jak si jich cení místní znalci, a které nebývají turisty nijak přeplněny. Přestože podmínky využívání systému Geocaching.com nedovolují reklamu, je možné systém jako zábavný reklamní nástroj využít. Je možné seznámit účastníky s mnoha zajímavostmi z oborů, kterým se profesně věnujeme. Informace není a ani nemůže být kompletním přehledem tematických krabiček u nás, ukazuje jen několik subjektivně vybraných příkladů, jejichž seznam se v průběhu času vyvíjí.

Radim Tolasz

RECERTIFIKACE ČHMÚ K POSKYTOVÁNÍ LETECKÝCH METEOROLOGICKÝCH SLUŽEB

Tradice a současně povinnost Českého hydrometeorologického ústavu (ČHMÚ) zabezpečovat civilní letectví v ČR je logicky spojena s jeho vznikem. Ovšem osvědčování ČHMÚ jako způsobilého poskytovatele leteckých meteorologických služeb v rámci letových navigačních služeb započalo s nástupem uplatnění evropské legislativy a příslušných změn zákona č. 49/1997 Sb. o civilním letectví. Podle těchto nových pravidel, zahrnujících zejména požadavky na zajištění provozní bezpečnosti, byl ČHMÚ poprvé certifikován Úřadem pro civilní letectví (ÚCL) v roce 2007. Tehdy získal osvědčení pro poskytování meteorologické služby pro civilní letectví v ČR s platností na 4 roky, do 30. 4. 2011, a to v souladu s ustanovením § 49a odst. 2 zákona o civilním letectví, nařízením (ES) č. 550/2005 o poskytování letových navigačních služeb v jednotném evropském nebi a nařízením Evropského parlamentu a Rady (ES) č. 2096/2004. Na stejné období byl ČHMÚ na základě úspěšně absolvovaných auditů, žádosti a předložení nemálo důkazných materiálů o plnění požadavků u ÚCL pověřen službu poskytovat v letové informační oblasti Praha (vzdušném prostoru ČR) a na letištích Karlovy Vary (LKKV), Praha/Ruzyně (LKPR), Brno/Tuřany (LKTB) a Ostrava/Mošnov (LKMT).

Obnova platnosti certifikace proběhla pro ČHMÚ úspěšně v roce 2011 a platnost osvědčení i pověření byla prodloužena na následujících 6 let, s platností do 30. 4. 2017. Certifikáty z r. 2007 i 2011 byly specifikovány obecně jen na poskytování meteorologické služby bez upřesnění. Rozhodnutím ÚCL ze dne 22. 8. 2013 byla sjednána náprava tohoto formálního nedostatku z roku 2011 v podobě administrativně revidovaného osvědčení pro poskytování meteorologických služeb pro civilní letectví v rozsahu: Pozorování a hlášení, Předpovědní služba, Výstražná služba, MET informace.

V lednu 2017 ČHMÚ podal na ÚCL žádost o recertifikaci leteckých meteorologických služeb z důvodu končící platnosti vydaného osvědčení. Po ověřovací proceduře ze strany ÚCL, kterou vykonal Ing. R. Doba (inspektor meteorologických služeb) a po zaplacení správního poplatku obdržel ČHMÚ dne 6. 3. 2017 Rozhodnutí, které jej osvědčuje pro poskytování meteorologických služeb pro civilní letectví ve výše uvedeném rozsahu s těmito podmínkami (zjednodušený výčet):

- Meteorologické služby pro civilní letectví poskytovat v režimu H24 (nepřetržitě).
- Pozorování a hlášení meteorologických podmínek vykonávat pomocí automatizovaného meteorologického pozorovacího systému, který odpovídá podmínkám vzletů, přiblížení a přistání podle kategorie ICAO (Světová organizace pro civilní letectví) na letištích Praha/Ruzyně, Ostrava/Mošnov, Brno/Tuřany a Karlovy Vary.
- Poskytování meteorologických informací je vymezeno na poskytování brífinku, informací letecké klimatologie a na rozšiřování meteorologických informací.
- Zajistit ty druhy celosvětově šířených provozních meteorologických informací, které jsou přímo součástí výše uvedených poskytovaných meteorologických služeb, a akceptovat podmínky týkající se příjmu, zpracování a distribuce těchto celosvětově šířených informací.
- Neposkytovat meteorologické služby v případě, že provozní personál neprokazuje příslušnou kvalifikaci,



Obr. 1 Na fotografii přebírá osvědčení ČHMÚ vedoucí OLM RNDr. Bohumil Techlovský (nalevo) z rukou ředitele sekce provozní ÚCL Ing. Vítězslava Hezkého. Foto: H. Stehliková.



schválená zařízení nedosahují požadované provozní výkonnosti a nemají platné kalibrační protokoly nebo dokončené ověřovací zkoušky a zařízení pro rozšiřování informací nezajišťují integritu dat a nemají k dispozici požadovaná vstupní data.

Na základě Rozhodnutí o osvědčení požádal ČHMÚ o vydání příslušného pověření poskytovat LMS (Meteorologické služby pro civilní letectví) na letištích Karlovy Vary, Praha/Ruzyně, Brno/Tuřany a Ostrava/Mošnov.

Vlastní Osvědčení ONS/1/2017, platné od 1. 5. 2017, bylo v listinné podobě předáno zástupcům Odboru letecké meteorologie (OLM) ČHMÚ shodou okolností na Mezinárodní meteorologický den, tj. 23. 3. 2017, na ÚCL ředitelem provozní sekce Ing. V. Hezkým. Udělené Osvědčení (navazující na minulá) je poprvé časově neomezeno, což je projevem uznání víceleté kvality služeb poskytovaných ČHMÚ a splnění řady společných i specifických podmínek v oblasti poskytování letových navigačních služeb, kam patří i letecké meteorologické služby ČHMÚ. Poděkování patří zejména všem meteorologům, pozorovatelům a technikům OLM ČHMÚ za jejich dlouholetou a bezchybnou práci.

Bohumil Techlovský, Reně Tydlitát



VEŘEJNÁ SPECIALIZOVANÁ KNIHOVNA

Zahraniční časopisy odebírané specializovanou knihovnou ČHMÚ – výběr:

- Atmospheric Environment – *Nizozemsko*, **online verze**
Climatic Change – *Nizozemsko*
Danube Watch – *Rakousko*
ECMWF – *Velká Británie*
Ekologija – *Litva*
ICAO Journal – *Kanada*
Időjárás – *Maďarsko*
International Journal of Climatology – *Velká Británie*
Izvestija RAN – Serija geografičeskaja – *Rusko*
Journal of Hydrology – *Nizozemsko*, **online verze**
Journal of Hydrology and Hydromechanics – *Slovensko*
Journal of the Meteorological Society of Japan – *Japonsko*
Meteorologický časopis (Meteorological Journal) – *Slovensko*
Meteorologija i gidrologija – *Rusko*
Meteorologische Zeitschrift – *Německo*
La Météorologie – *Francie*
Monthly Weather Review – *USA*, **tištěná i online verze**
Przegląd geograficzny – *Polsko*
Promet – *Německo*
Quarterly Journal of the Royal Meteorological Society – *Velká Británie*
Tellus, Serie A, B – *Dánsko*, **on line verze**
Vodohospodársky spravodajca – *Slovensko*
Weather – *Velká Británie*
Weather and Forecasting – *USA*, **tištěná i online verze**
WMO Bulletin – *Švýcarsko*

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



NABÍDKA PUBLIKACE ČHMÚ

**HYDROLOGICKÁ ROČENKA
ČESKÉ REPUBLIKY 2015**

**HYDROLOGICAL YEARBOOK
OF THE CZECH REPUBLIC 2015**

Praha: ČHMÚ 2016. 208 stran. Cena 219,- Kč.
ISBN 978-80-87577-66-0.

Ročenka přináší komplexní informace o pozorování hydrologických prvků, přičemž stěžejním obsahem jsou výsledky hydrologické bilance množství vody a jakosti vody. Zpracování hydrologické bilance je provedeno podle platné legislativy (zákon o vodách č. 254/2001 Sb. ve znění pozdějších předpisů, vyhláška MZe č. 431/2001 Sb.), která je v souladu s požadavky a směrnicemi Evropského společenství. Cílem je v opakující se textové, tabelární a grafické formě umožnit průběžné sledování prostorových a časových změn vodního režimu. Prezentovány jsou rovněž aktuální úkoly hydrologie a významné regionální události. Přehled o pozorovacích objektech a profilech lze získat jak z připravené mapové prezentace objektů, tak z přehledných seznamů.

Z obsahu:

- Zhodnocení hydrologického vývoje v roce 2015
- Hydrologická bilance množství vody
- Hydrologická bilance jakosti vody
- Zpracování dat a jejich poskytování veřejnosti
- Aktuální a regionální problémy a úkoly hydrologie
- Přehled publikovaných prací v roce 2015
- Přehled hydrologických pozorování v roce 2015
- Přehled hydrologických pracovišť ČHMÚ

Kompletní publikace je dostupná na internetové adrese <http://voda.chmi.cz/roc/>.

Ročenka je vydávána v českém jazyce. V anglickém jazyce je uvedeno summary v úvodu ročenky i u jednotlivých kapitol a názvy všech grafických příloh.

Publikaci lze objednat na adrese:

ČHMÚ, SIS, Iva Sieglerová, Na Šabatce 2050/17, 143 06 Praha 412,

tel.: 244 032 721, e-mail: iva.sieglerova@chmi.cz.

Na objednávce uvádějte svoje IČ.