

# METEOROLOGICKÉ ZPRÁVY

METEOROLOGICAL BULLETIN

<i>Radan Huth – Ladislav Metelka – Tomáš Halenka – Richard Mládek – Zuzana Huthová – Martin Janoušek – Jaroslava Kalvová – Stanislava Kliegrová – Jan Kyselý – Lucie Pokorná – Pavel Sedlák: Regionální klimatické modelování v České republice – projekt ALADIN-Climate</i> .....	97
<i>Zbyněk Sokol: Předpověď plošných srážek s využitím statistického postprocessingu modelu ALADIN-LACE</i> .....	104
<i>Jan Munzar – Jan Pařez: Tycho Brahe (1546–1601) jako meteorolog</i> .....	113
<i>Informace – Recenze</i> .....	119

ROČNÍK 56 – 2003 – ČÍSLO 4

<i>Radan Huth – Ladislav Metelka – Tomáš Halenka – Richard Mládek – Zuzana Huthová – Martin Janoušek – Jaroslava Kalvová – Stanislava Kliegrová – Jan Kyselý – Lucie Pokorná – Pavel Sedlák:</i>	
Regional climate modelling in the Czech Republic – project ALADIN-Climate .....	97
<i>Zbyněk Sokol:</i> Forecasting of area precipitation using statistic postprocessing of the ALADIN-LACE model .....	104
<i>Jan Munzar – Jan Pačes:</i> Tycho Brahe (1546–1601) as a meteorologist .....	113
Information – Reviews .....	119

Meteorologické zprávy, časopis pro odbornou veřejnost ● Vydává Český hydrometeorologický ústav ● Redakce: Český hydrometeorologický ústav, Na Šabatce 17, 143 06 Praha 4 – Komořany, telefon 244 032 722, 244 032 725, fax 244 032 721, e-mail: horky@chmi.cz ● Řídí vedoucí redaktor RNDr. Luboš Němec, redaktor prom. knih. Zdeněk Horký ● Redakční rada: Prof. RNDr. Jan Bednář, CSc., Ing. František Hudec, CSc., RNDr. Karel Krška, CSc., Mgr. Stanislav Racko, RNDr. Daniela Řezáčová, CSc., RNDr. Jan Strachota, RNDr. Karel Vaníček, CSc., RNDr. Helena Vondráčková, CSc. ● Za odborný obsah podepsaných článků odpovídají autoři. Proti dalšímu otiskování, uvede-li se původ a autor, není námitek ● Sazba a tisk: 3P s.r.o. ● Rozšiřuje a informace o předplatném podává a objednávky přijímá Český hydrometeorologický ústav, SIS, Na Šabatce 17, 143 06 Praha 4 – Komořany; Offers for Meteorological Bulletin arranges ČHMÚ, SIS, Na Šabatce 17, 143 06 Praha 4 – Komořany, Czech Republic. Annual subscription is 42,- USD for 6 issues ● Ročně vychází 6 čísel, cena jednotlivého čísla 20,- Kč, roční předplatné 180,- Kč včetně poštovného, do zahraničí 42,- USD. Reg. číslo MK ČR E 5107.  
ISSN 0026 – 1173

# METEOROLOGICKÉ ZPRÁVY

## Meteorological Bulletin

ROČNÍK 56 (2003)

V PRAZE DNE 29. SRPNA 2003

ČÍSLO 4

Radan Huth (Ústav fyziky atmosféry AV ČR) – Ladislav Metelka (ČHMÚ) – Tomáš Halenka (Matematicko-fyzikální fakulta UK) – Richard Mládek – Zuzana Huthová – Martin Janoušek (ČHMÚ) – Jaroslava Kalvová (Matematicko-fyzikální fakulta UK) – Stanislava Kliegrová (ČHMÚ) – Jan Kyselý – Lucie Pokorná – Pavel Sedlák (Ústav fyziky atmosféry AV ČR)

## REGIONÁLNÍ KLIMATICKÉ MODELOVÁNÍ V ČESKÉ REPUBLICĚ – PROJEKT ALADIN-CLIMATE

**Regional climate modelling in the Czech Republic – project ALADIN-Climate.** The project of development of a regional climate model in the Czech Republic is described. The development is based on the numerical prediction model ALADIN, which is in operational use in the Czech Hydrometeorological Institute. It includes, among others, the optimization of the geometry of the integration domain and of physical parameterizations. The regional model will be nested both in the observations, represented by assimilations of the ARPEGE global prediction model, and in the outputs from the ARPEGE global climate model. The first month-long integrations of ALADIN, nested in observed lateral boundary conditions, prove that the model is integrable beyond its predictability limits, without any excessive growth of error or accumulation of bias.

**KLÍČOVÁ SLOVA:** model regionální klimatický – integrace dlouhodobé – validace modelů

### 1. ÚVOD

Globálním změnám klimatu v důsledku zvyšování koncentrací skleníkových plynů, a tím způsobeného zesílení skleníkového jevu, se věnuje stále větší pozornost. Zkoumány jsou nejen změny v klimatickém systému, ale i jejich dopady do různých oblastí, jako je např. zemědělství, vodní hospodářství, lidské zdraví, lesnictví, přirozené ekosystémy, turistika a mnohé další.

Základním nástrojem modelování současného i budoucího klimatu jsou globální klimatické modely (GCM, z anglického Global Climate Models). Ty, jak napovídá jejich název, jsou primárně určeny k modelování klimatických jevů velkých měřítek, nikoliv k modelování v měřítku regionálním či lokálním. Úspěšnost globálních modelů při simulování zejména přízemních proměnných v malých měřítkách proto není dostatečná. Účelu globálních modelů a současným možnostem výpočetní techniky odpovídá i jejich horizontální rozlišení, které v globálních modelech používaných pro dlouhodobé integrace (po desítky až stovky let) dosahuje pro jejich atmosférické části nejvýše 2.5 x 2.5 stupně u diferenčních modelů a T42 u spektrálních modelů [30].

Modely pro simulování dopadů klimatické změny (dále jen „impaktové modely“) vyžadují jako vstupní meteorologické proměnné přízemní klimatické prvky v dané lokalitě, příp. geograficky malé oblasti; ty však GCM nejsou schopny s dostatečnou přesností poskytnout. Proto jsou vyvíjeny metody, jak překlenout rozpor mezi tím, co jsou GCM schopny úspěšně simulovat (jevy velkých měřítek, zejm. ve volné atmosfé-

ře), a tím, co vyžadují impaktové modely. Vedle statistických metod, jako je statistický downscaling [20, 21] a stochastický generátor počasí [9, 10, 11], jsou od konce 80. let vyvíjeny regionální klimatické modely (Regional Climate Models, RCM). Potenciál regionálních modelů pro klimatické modelování vychází ze čtyř principů:

1. Boční okrajové podmínky berou z globálního klimatického modelu (nazývaného v této souvislosti „řídící model“).
2. RCM má vyšší rozlišení než řídící GCM.
3. RCM vyvíjí svou vlastní klimatologii v malých prostorových měřítkách.
4. Vývoj v RCM je omezen jevy velkého měřítka (zejm. prouděním), pronikajícími z řídícího GCM.

Regionální model tak má fungovat jako „dynamický interpolátor“, tj. nejen fyzikálně konzistentním způsobem interpolovat z řídké sítě řídícího globálního modelu do své husté sítě, ale i vytvářet své vlastní cirkulace menších měřítek a zpětné vazby, vyvolané např. lokální orografií, které globální model není schopen zachytit [5]. Srovnání globálních a regionálních modelů ukazují, že RCM lépe simulují prostorové rozložení přízemní teploty a zejména srážek, a to hlavně díky realističtějšímu popisu orografie, a také lépe zachycují vznik a postup synoptických systémů [2, 25, 32].

Podle toho, do jakých dat, poskytujících časově proměnné boční okrajové podmínky, je RCM vnořen, můžeme rozlišit tři stupně jeho vývoje či použití. Vnoření do analýz (skutečných meteorologických polí), tedy tzv. integrace s perfektními krajovými podmínkami, je důležité pro ověření schopnosti

regionálního modelu produkovat stabilní řešení (tj. být integrován) po relativně dlouhou dobu – od jednoho měsíce až po několik let [3, 29]. Vnoření do kontrolního běhu (tj. integrace pro současné klima) globálního modelu umožňuje odlišit systematické chyby regionálního modelu od chyb řídicího modelu [33] a zjistit, zda si regionální model vytváří vlastní klimatologii. Vnoření do běhu GCM pro budoucí klima (často pro podmínky dvojnásobných koncentrací skleníkových plynů) je pak použito pro zjištění odpovědi lokálního klimatu na daný klimatický forcing, tj. vliv či působení, a pro konstrukci scénářů změny klimatu [24, 26, 34].

Vývoj regionálních klimatických modelů započal na přelomu 80. a 90. let [8, 12]. Dosud bylo vyvinuto několik málo modelů v hlavních centrech klimatického výzkumu: v USA, Kanadě, Austrálii, Japonsku, Velké Británii, Švýcarsku, Německu a skandinávských zemích. Přehled o dosavadním vývoji regionálního modelování a jeho výsledcích poskytují práce [17] a třetí zpráva Mezivládního panelu pro změny klimatu (Intergovernmental Panel on Climate Change, IPCC) [18]. Regionální klimatické modely jsou ve své většině vyvíjeny buď z globálních klimatických modelů, nebo z předpovědních modelů na omezené oblasti. Dosud provozované regionální modely se navzájem značně liší svým rozlišením (ca od 20 do 120 km), složitostí fyzikálních parametrizací i způsobem popisu spodní okrajové podmínky.

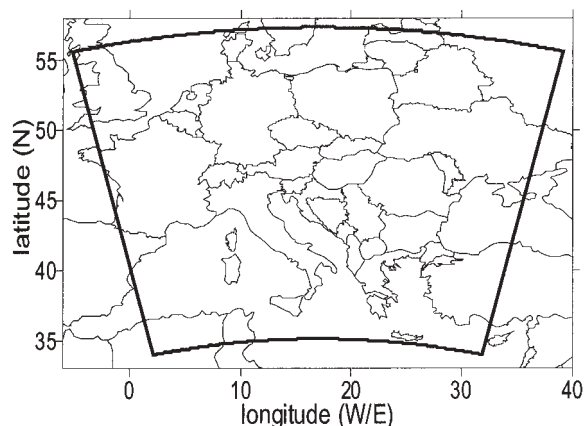
RCM byly použity pro studium změny klimatu v mnoha oblastech světa. V Evropě, s výjimkou prací zaměřených na území celé Evropy, se však regionální modely soustředily takřka výhradně na území Skandinávie [4] a Alp [16]. V zemích bývalého východního bloku nebyl a s výjimkou ČR není žádný regionální klimatický model vyvíjen, a ani se žádná studie na území střední a východní Evropy nezaměřila pomocí již existujícího RCM.

Cílem tohoto článku je seznámit českou meteorologickou veřejnost s projektem vývoje českého regionálního klimatického modelu ALADIN-Climate a na několika příkladech ukázat výsledky prvních integrací tohoto modelu.

## 2. PROJEKT ALADIN-CLIMATE

Český regionální klimatický model ALADIN-Climate je založen na numerickém předpovědním modelu na omezené oblasti ALADIN. Model ALADIN byl a dále je vyvíjen mezinárodním týmem, vedeným Météo-France. Jeho verze ALADIN/LACE je provozována na superpočítači NEC SX-4 v Českém hydrometeorologickém ústavu v Praze. Model ALADIN byl na stránkách Meteorologických zpráv popsán mj. v pracích [1, 35], zde proto uvedeme jen jeho základní vlastnosti. ALADIN je plně trojrozměrný baroklinní spektrální model, založený na systému základních rovnic s dvojhladinovým semi-Lagrangeovským semiimplicitním časovým integračním schématem. Výpočetní oblast modelu ALADIN/LACE má velikost 2800 x 2200 km a zahrnuje podstatnou část Evropy (viz obr. 1). Krok sítě modelu je 12 km; použitá verze modelu má 31 vertikálních hladin v hybridním  $\eta$ -systému. Přehled fyzikálních parametrizací používaných modelem ALADIN je uveden v [35]. Výstupy z modelu se ukládají každých šest hodin.

Vývoj regionálního klimatického modelu spočívá v úpravách operační verze předpovědního modelu. Nutnost úprav vyplývá ze skutečnosti, že předpovědní a klimatický model mají odlišné poslání: zatímco předpovědní model je nastaven tak, aby co nejlépe simuloval vývoj povětrnostní situace ze dne na den, klimatický model musí správně zachycovat dlouhodobé charakteristiky počasí, tedy klima.



Obr. 1 Integrační oblast modelu ALADIN.

Fig. 1. Integration area of the ALADIN model.

Vývoj RCM ALADIN-Climate je vedle řešitelských institucí (ÚFA AV ČR, ČHMÚ, KMOP MFF UK) financován prostřednictvím dvou projektů u Grantové agentury ČR a Ministerstva životního prostředí ČR. V průběhu projektu bude RCM ALADIN-Climate vnořen jednak do pozorovaných dat, reprezentovaných analýzami globálního předpovědního modelu ARPEGE, jednak do výstupů z kontrolního běhu (tj. simulace současného klimatu) globálního klimatického modelu ARPEGE-Climate. Vnoření do výstupů z GCM pro budoucí klima již není součástí vývoje modelu ALADIN-Climate; plánujeme jej ale hned po dokončení vývoje. Předpovědní model ARPEGE a klimatický model ARPEGE-Climate jsou provozovány v Météo-France; popis a validaci modelu ARPEGE-Climate lze nalézt např. v publikacích [6, 28, 31].

Vývoj modelu ALADIN-Climate probíhá a bude probíhat v několika krocích. Po nutných úpravách numerického kódu modelu, nutných pro umožnění dlouhodobých integrací, proběhne optimalizace geometrických faktorů. Sem patří zejména analýza citlivosti výstupů modelu na velikost a umístění integrační oblasti a na krok sítě. Dále je třeba optimalizovat fyzikální parametrizace. Geometrie i fyzikální parametrizace budou optimalizovány pomocí série měsíčních integrací s modelem vnořeným do pozorování, a to pro různá roční období s důrazem na léto a zimu, aby bylo zajištěno, že model je schopen simulovat celou šíři klimatických poměrů v ČR, a dále pomocí delších integrací trvajících aspoň jeden rok. Současně s tím bude na krátkých (měsíčních) i dlouhých (rok a delších) integracích ověřena technologie vnoření regionálního modelu do výstupů z GCM ARPEGE-Climate.

Citlivost regionálního klimatického modelu na geometrii integrační oblasti i na volbu parametrizací bude studována i na druhém RCM, dostupném v ČR: jedná se o model RegCM2, vyvinutý Národním centrem pro výzkum atmosféry (NCAR) v USA [13, 14]. Tento model je v provozu na Katedře meteorologie a ochrany prostředí MFF UK v Praze. Díky možnosti operativního nastavení jeho různých parametrů včetně rozlišení (pracovat budeme s krokem sítě 90 a 180 km) je možno jej integrovat na pracovní stanici s výrazně nižšími nároky na výpočetní čas. Součástí projektu je zjistit, zda a nakolik jsou závěry týkající se citlivosti na geometrii a fyzikální parametrizace přenositelné mezi modely.

Výstup z regionálního modelu porovnááme s pozorovanou skutečností zejména pro proměnné ve volné atmosféře a pro přízemní klimatické proměnné. Z proměnných ve volné atmosféře je kladen důraz na cirkulaci (geopotenciální výšky), teplotu a vlhkost. Cílem tohoto srovnání je zejména ukázat,

zda a nakolik je regionální model schopen eliminovat systematické chyby globálního modelu, které do něj vstupují prostřednictvím bočních krajových podmínek (viz např. [33]). Výstupy z RCM jsou porovnávány s analýzami globálního předpovědního modelu ARPEGE. Z přízemních klimatických proměnných se zaměřujeme na extrémní teploty (denní maxima a minima) a srážky, neboť správná simulace obou je zásadní podmínkou pro možné budoucí použití výstupů modelu ALADIN-Climate ve studiích dopadů klimatické změny. Porovnání provádíme jednak pro hustou síť klimatických stanic na území ČR, jednak pro klimatickou databázi měsíčních průměrů s rozlišením půl zeměpisného stupně na území Evropy [36]. Součástí porovnání je i analýza drah cyklon a jejich případného vzniku a zániku uvnitř integrační oblasti [22].

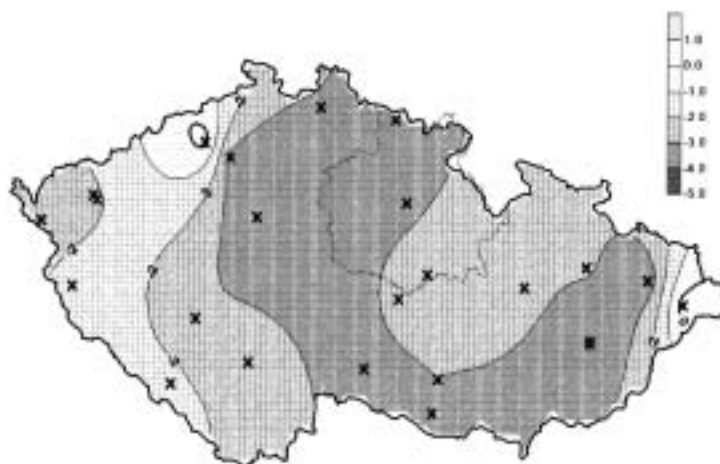
Po uskutečnění dlouhodobých integrací modelu ALADIN-Climate proběhne srovnání přízemních klimatických prvků získaných z tohoto modelu s jinými metodami downscalingu: se statistickým downscalingem, stochastickým generátorem počasí, globálním modelem ARPEGE s proměnlivým krokem sítě [7] i přímo s řídicím globálním modelem ARPEGE v běžné konfiguraci. Důraz přitom bude kladen na teplotu a srážky v ČR, a to nejen na jejich průměrné hodnoty a proměnlivost, ale i na jejich časovou a prostorovou strukturu. Budeme tak moci zjistit, nakolik se jednotlivé přístupy k získávání lokální informace o klimatu v ČR navzájem liší a na kterou z metod se proto při konstrukci scénářů klimatické změny v budoucnu více zaměřit.

### 3. UKÁZKY VÝSLEDKŮ

Tento článek si neklade za cíl poskytnout podrobnou informaci o prováděných citlivostních studiích s modelem ALADIN-Climate; naším cílem zde je na několika příkladech ilustrovat jeho schopnost simulovat současné klima. Uvádíme zde výsledky prvních integrací operativní verze modelu ALADIN, v níž byly provedeny jen nejnútnejší změny technické povahy, umožňující dlouhodobou integraci. Délka těchto integrací modelu ALADIN byla 31 dní. Integrace proběhly pro červenec 1998, a to vnořením regionálního modelu do globálních analýz (asimilací) předpovědního modelu ARPEGE.

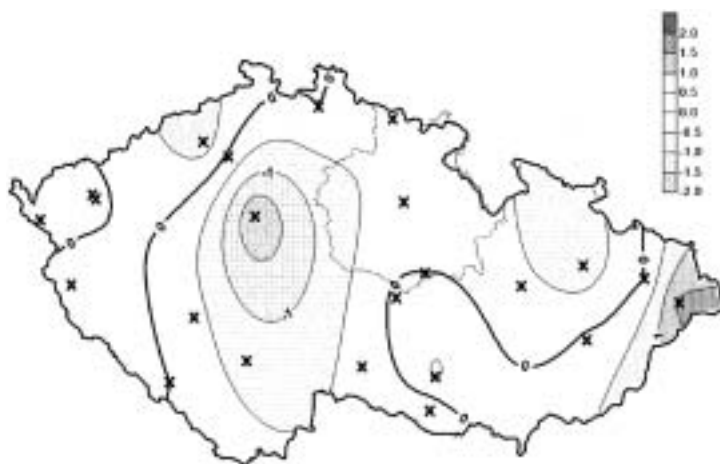
#### 3.1 Teplota

Denní extrémní teploty byly hodnoceny na síti klimatických stanic prvního řádu v České republice. Průměrné maximální a minimální teploty za měsíc červenec 1998 na stanicích byly porovnány s výstupem regionálního modelu v nejbližším uzlovém bodě. Mapu rozdílů mezi výstupem z modelu a pozorovanými hodnotami (tedy mapu systematické chyby modelu) ukazují obr. 2 a 3. Vidíme, že model maximální teploty podhodnocuje o ca 2 až 3.5 °C, s výjimkou horských stanic Lysá hora a Milešovka, kde je maximální teplota mírně nadhodnocena. To je pravděpodobně důsledek modelové orografie, která obě horské stanice umísťuje níže, než by ve skutečnosti měly být, čímž dochází k eliminaci záporné systematické chyby. Minimální teploty v ČR jsou rovněž převážně podhodnoceny, přičemž systematická chyba je menší než pro maximální teploty



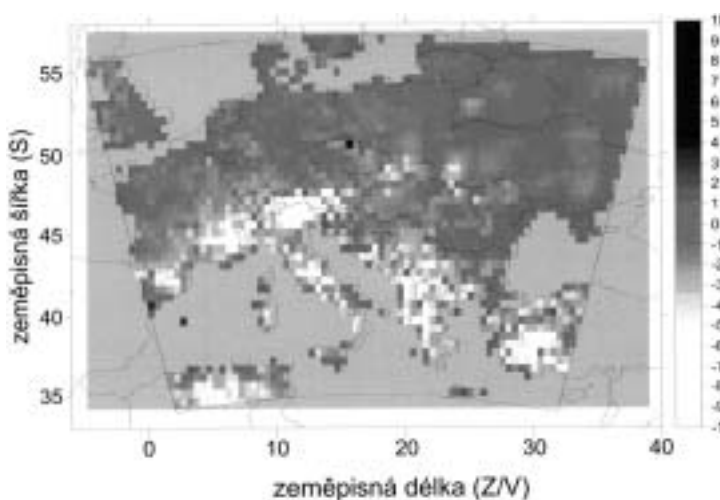
Obr. 2 Systematická chyba denní maximální teploty v ČR (ve °C). Stanice, pro něž bylo provedeno srovnání, jsou vyznačeny křížky.

Fig. 2. Systematic error of daily maximum air temperature in CR (in °C). Stations for which comparison was carried out are marked with small crosses.



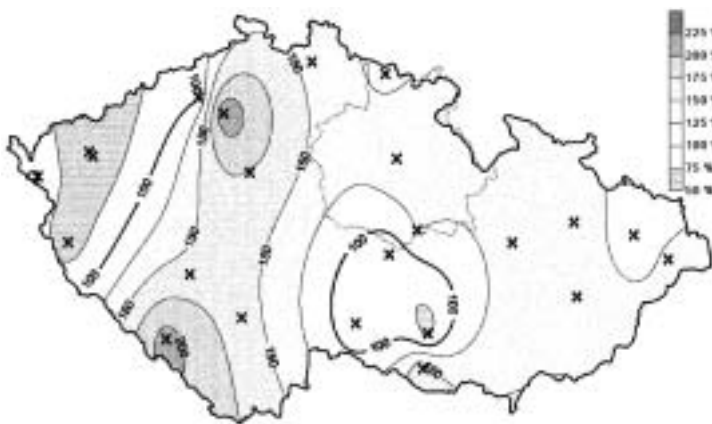
Obr. 3 Jako obr. 2, ale pro minimální teplotu.

Fig. 3. As in Fig. 2., but for minimum temperature.



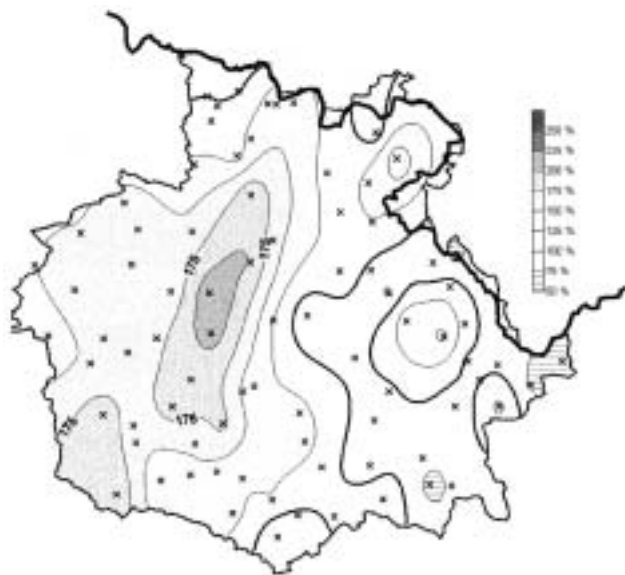
Obr. 4 Systematická chyba průměrné denní teploty nad kontinentem pro celou integrační oblast v síti 0.5° x 0.5°.

Fig. 4. Systematic error of mean daily air temperature over the continent for the whole integration area in the 0.5° x 0.5° grid.



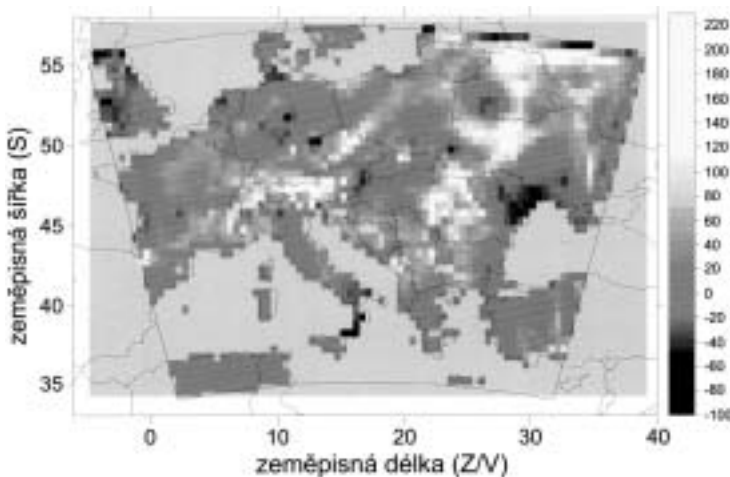
Obr. 5 Jako obr. 2, ale pro měsíční srážkové úhrny v ČR (v procentech naměřené hodnoty).

Fig. 5. As in Fig. 2., but for monthly precipitation totals in CR (in % of the value measured).



Obr. 6. Jako obr. 5, ale pro území spravované pobočkou ČHMÚ v Hradci Králové.

Fig. 6. As in Fig. 5., but for the area administered by the CHMI regional office in Hradec Králové.



Obr. 7 Jako obr. 4, ale pro měsíční srážkové úhrny (v mm).

Fig. 7. As in Fig. 4., but for monthly precipitation totals (in mm).

ty. Důsledkem je podhodnocení denní amplitudy teploty, což je problém společný mnoha regionálním klimatickým modelům [15].

Měsíční průměr simulovaných průměrných denních teplot (počítaných jako průměr ze čtyř termínových hodnot, které jsou k dispozici, tj. 06, 12, 18 a 24 UTC) byl porovnán nad evropským kontinentem s měsíčním průměrem z klimatologie Willmotta a Matsuury [36]. Hodnoty teploty byly nejprve z uzlových bodů modelu interpolovány do sítě, v níž je definována klimatologie (0.5 x 0.5 stupně). Mapa rozdílů je uvedena na obr. 4. Vidíme, že v severní části oblasti převládá poměrně dobrá shoda modelových teplot se skutečností reprezentovanou klimatologií, přičemž dochází převážně k mírnému podhodnocení. V jižní části oblasti dosahuje systematická chyba až  $-10\text{ }^{\circ}\text{C}$ . Tak velké rozdíly pozorujeme zejména v horských oblastech (Alpy, Pyreneje, Balkán, Turecko), kde nesoulad může být způsoben rozdílnými nadmořskými výškami v modelu a klimatologii a hodnoty klimatologie mohou být vzhledem ke složité orografii nereprezentativní. Chyby nijak nevybočují z výsledků analogických studií: chyby stejné velikosti, a často i většího geografického rozsahu, se objevují i v jiných modelech vnořených do analýz [3, 27].

### 3.2 Srážky

Podíl simulovaných a pozorovaných srážek na území ČR ukazuje obr. 5 (opět srovnáváme hodnoty na stanicích s nejbližším uzlovým bodem modelu). Vidíme, že model srážkové úhrny na většině území nadhodnocuje; nejvíce v severojižně orientovaném pásu přes střed Čech. Úspěšnost modelu simulovat srážkové úhrny je regionálně velmi proměnlivá, jak ukazuje validace pro hustou síť stanic hradecké pobočky ČHMÚ (obr. 6). Oblasti, v nichž model pod(nad-) hodnocuje srážky, jsou nicméně prostorově konzistentní. Dipólová struktura s výrazným nadhodnocením srážek nad Polabím a podhodnocením nad Orlickými horami a jejich podhůřím může být odrazem nesprávné lokalizace vysokých srážkových úhrnů spojených s lokálními povodněmi v Orlických horách [19]. Taková interpretace je v souladu s obecně malou schopností regionálních klimatických modelů správně prostorově lokalizovat extrémní srážkové události a určit, z kterých, i správně simulovaných, synoptických poruch extrémní srážky vypadnou [23]. Srovnání s Willmottovou a Matsuurovou klimatologií [36] na obr. 7 ukazuje, že ALADIN-Climate nadhodnocuje srážkové úhrny nad většinou Evropy, přičemž největší chyby se objevují v horských oblastech a na severovýchodě integrační oblasti. Naopak podhodnocení pozorujeme v Anglii a západní Francii, na jihu Itálie a několika místech východní a jihovýchodní Evropy. Velikost chyby je opět srovnatelná s analogickými integracemi jiných regionálních modelů [3].

### 3.3 Atmosférická cirkulace

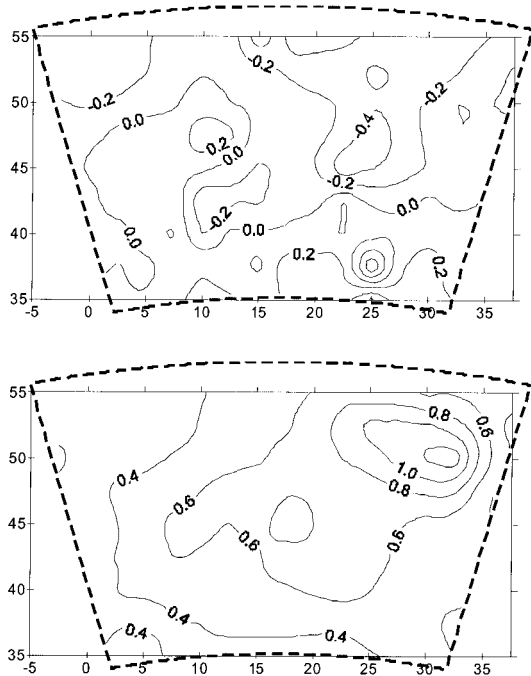
Na ukázkou, jak regionální model simuluje atmosférickou cirkulaci, byla vybrána pole geopotenciálních výšek v hladině 850 hPa a tlaku přepočteného na hladinu moře (dále jen tlak). Obdobné závěry platí i pro výšky v jiných tlakových hladinách.

Obrázek 8 znázorňuje pole systematické chyby (tj. časový průměr rozdílů mezi modelem a skutečností v každém bodě; nahoře) a střední kvadratické chyby (dole) pro výšky hladiny 850 hPa. Vidíme, že průměrná chyba je velmi malá – nepřesahuje v absolutní hodnotě 0.6 dam a na většině integrační oblasti nedosahuje ani 0.2 dam. Střední kvadratická chyba roste od západu a jihu integrační oblasti směrem na severovýchod, což je odrazem skutečnosti, že vliv okrajových podmínek se do integrační oblasti více šíří podél převažujícího směru proudění, tj. od západu až jihozápadu, a klesá od okraje oblasti směrem dovnitř [17].

Systematické chyby tlaku jsou na většině integrační oblasti rovněž velmi malé (obr. 9). Chyba dosahuje nebo přesahuje 1 hPa jen ve třech izolovaných horských oblastech – Alpách, Karpatech a horách na území Turecka. Oproti obdobným integracím jiných regionálních modelů vnořených do analýz [3] jsou systematické chyby tlaku v modelu ALADIN-Climat menší. Je to dáno zejména relativně menší velikostí integrační oblasti a hustším krokem sítě.

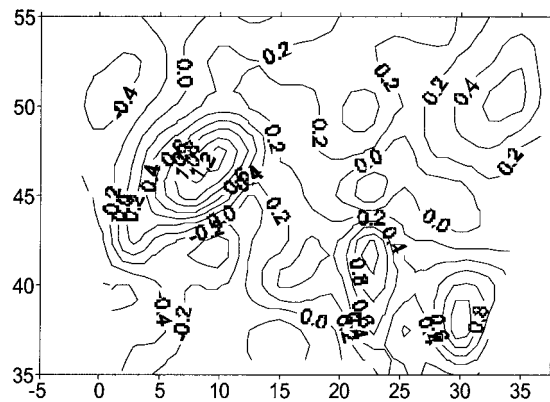
Časový vývoj systematické chyby (určené jako prostorový průměr rozdílů mezi modelem a skutečností v daný časový okamžik) a střední kvadratické chyby výšky hladiny 850 hPa ukazuje obr. 10. Je zřejmé, že systematická chyba osciluje v blízkosti nuly, s mírnou převahou záporných hodnot, a neprojevuje se v ní žádný systematický posun. Střední kvadratická chyba se, s výjimkou období od 8. do 12. července, pohybuje v blízkosti 0.5 dam, a ani v její časové řadě není patrný trend k růstu chyby. Období tzv. spinupu, tj. přizpůsobení modelu počátečním podmínkám, které se v regionálních klimatických modelech projevuje určitou dobou od počátku integrace, během níž střední kvadratická chyba roste a po níž se velikost chyby stabilizuje (viz např. [17]), je poměrně krátké: dosahuje přibližně 24 hodin.

Stacionarita (s výjimkou krátkého spinupu) chyby výšek



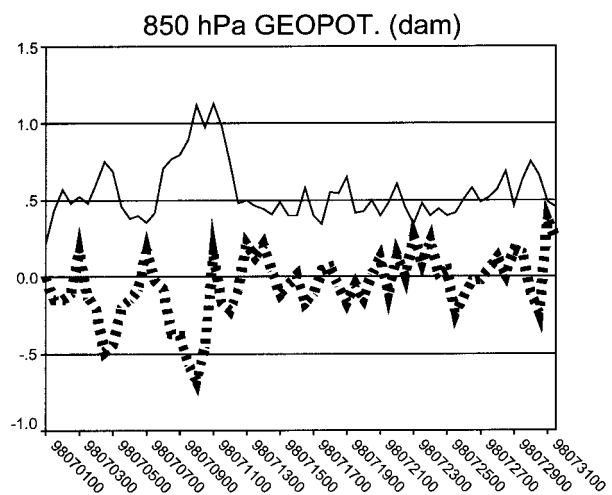
Obr. 8 Systematická chyba (nahoře) a střední kvadratická chyba (dole) výšky hladiny 850 hPa (v desítkách metrů).

Fig. 8. Systematic error (above) and root-mean-square error (below) of the 850 hPa level (in tens of metres).



Obr. 9 Systematická chyba tlaku přepočteného na hladinu moře (hPa).

Fig. 9. Systematic error of the sea-level pressure (hPa).



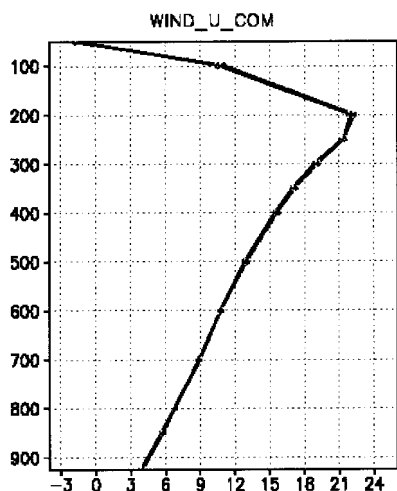
Obr. 10 Časový vývoj systematické chyby (tučná tečkovaná čára) a střední kvadratické chyby (tenká spojitá čára) výšky hladiny 850 hPa.

Fig. 10. Temporal development of systematic error (bold dotted line) and root-mean-square error (thin continuous line) of the 850 hPa level.

hladiny 850 hPa (i dalších tlakových hladin, které nebyly ukázány) svědčí o tom, že v modelu ALADIN se při dlouhodobé integraci neakumulují chyby, modelová integrace je stabilní, a model je tedy integrovatelný i na podstatně delší období, než pro jaká byl původně vyvíjen a určen. Malé hodnoty systematické i střední kvadratické chyby poukazují na schopnost modelu udržovat řídicí proudění, dodávané mu prostřednictvím okrajových podmínek, i uvnitř integrační oblasti. Až vnoření do výstupů z globálního klimatického modelu ale může odpovědět na otázky, zda a do jaké míry je ALADIN-Climat schopen eliminovat systematické chyby cirkulace v řídicím modelu a zda a nakolik je schopen vytvářet svou vlastní klimatologii v malých prostorových měřítkách.

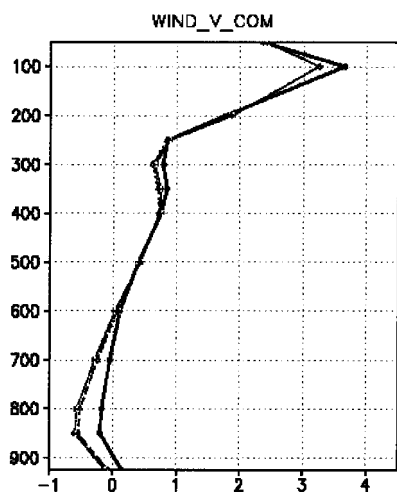
### 3.4 Vertikální profily

Při hodnocení výstupů z modelu ALADIN jsme se zaměřili rovněž na vertikální profily některých atmosférických proměnných. Obr. 11 až 13 ukazují modelové i pozorované vertikální profily zonální a meridionální složky větru a relativní vlhkosti průměrované přes severní část vnitřku integrační oblasti (ležící přibližně mezi 45°30' a 54°30' s.š., a 6° a 28° v.d.) za období od 5. do 31. července. Za pozorovaná data jsou opět vzaty analýzy předpovědního modelu ARPEGE. Vidíme, že model zachycuje velmi přesně zonální přenos (obr. 11).



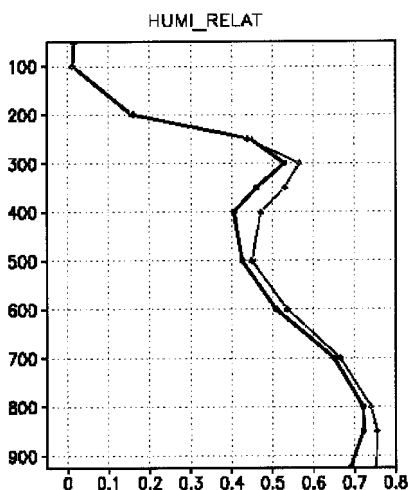
Obr. 11 Vertikální profil časového a prostorového průměru zonální složky větru: skutečnost (tučně) a modelová simulace (tenkou čarou).

Fig. 11. Vertical profile of temporal and spatial mean of the zonal wind component: real state (bold) and model simulation (thin line).



Obr. 12 Jako na obr. 11, ale pro meridionální složku větru.

Fig. 12. As in Fig. 11., but for meridional wind component.



Obr. 13 Jako na obr. 11, ale pro relativní vlhkost.

Fig. 13. As in Fig. 11., but for relative humidity.

Meridionální přenos (kladné hodnoty znamenají jižní vítr; obr. 12) vykazuje o něco větší chyby: ve spodní troposféře i okolo tropopauzy má vítr v modelu slabší jižní složku. Největší problémy má model se simulováním vlhkosti (obr. 13): relativní vlhkost je v troposféře nadhodnocena, přičemž chyba je největší v mezní vrstvě (v hladině 925 hPa dosahuje až 7 %). V blízkosti tropopauzy mění chyba vlhkosti znaménko a přechází do slabě záporných hodnot ve stratosféře.

#### 4. ZÁVĚRY

Projekt ALADIN-Climate představuje první pokus o vývoj regionálního klimatického modelu v zemích bývalého východního bloku, a současně první regionální model, vyvíjený pro oblast střední Evropy. V prvních integracích byl tento model, až na detaily shodný s provozní verzí prognostického modelu ALADIN, vnořen do analýz. Srovnání výstupů z těchto integrací s pozorováními ukazuje, že model je schopen podstoupit dlouhé (zde měsíční) integrace bez náznaků systematického posunu klimatu nebo instability řešení. Pole cirkulace ve volné troposféře model ALADIN-Climate oproti řídicím analýzám téměř nedeformuje a jen velmi málo se od nich odchyluje. Zda je model současně s tím schopen, díky schopnosti simulovat jevy mezoměřítka, vyvíjet svou vlastní klimatologii, bude moci ukázat až jeho vnoření do výstupů globálního klimatického modelu, plánované na nejbližší budoucnost. Schopnost modelu ALADIN-Climate simulovat přízemní teplotu a srážky je srovnatelná s dalšími obdobnými modely. Převážně kladné systematické chyby srážek jsou pravděpodobně způsobeny příliš vysokou relativní vlhkostí zejména ve spodní troposféře, neboť synoptické procesy a obecně atmosférickou cirkulaci simuluje model velmi přesně.

Projekty předpokládají ukončení vývoje modelu ALADIN-Climate do konce roku 2003. Poté by model již mohl být k dispozici k využití pro konstrukci scénářů klimatické změny pomocí vnoření do výstupů z integrace GCM ARPEGE pro budoucí klima. Model může fungovat rovněž jako nástroj pro regionalizaci klimatických (sezonních a delších) předpovědí z globálních modelů, a také jako prostředek pro řešení vědeckých problémů, např. studium zpětných vazeb v klimatickém systému, modelování extrémních klimatických událostí (horké vlny, povodňové epizody, sucha) či vývoj a testování fyzikálních parametrizací.

#### Poděkování

Tato práce byla finančně podporována Grantovou agenturou ČR (projekt 205/01/0804) a Ministerstvem životního prostředí ČR (projekt VaV/740/7/01).

#### Literatura

- [1] BUBNOVÁ, R. – HELO, G. – BÉNARD, P. – GELEYN, J.-F., 1994. Integration of the fully compressible equations with orography in the framework of the ARPEGE/ALADIN NWP. *Meteorologické Zprávy*, roč. 47, s. 67–76. ISSN 0026–1173.
- [2] CAYA, D. – LAPRISE, R., 1999. A semi-implicit semi-Lagrangian regional climate model: The Canadian RCM. *Monthly Weather Review*, Vol. 127, s. 342–362. ISSN 0027–0644.
- [3] CHRISTENSEN, J.H. – MACHENHAUER, B. – JONES, R.G. – SCHÄR, C. – RUTI, P.M. et al., 1997. Validation of present-day regional climate simulations over Europe: LAM simulations with observed boundary conditions. *Climate Dynamics*, Vol. 13, s. 489–506.



- [4] CHRISTENSEN, O.B., – CHRISTENSEN, J.H. – MACHENHAUER, B. – BOTZET, M., 1998. Very high-resolution regional climate simulations over Scandinavia – present climate. *Journal of Climate*, Vol. **11**, s. 3204–3229. ISSN 0894–8755.
- [5] CHRISTENSEN, O.B. – GAERTNER, M.A. – PREGO, J.A. – POLCHER, J., 2001. Internal variability of regional climate models. *Climate Dynamics*, Vol. **17**, s. 875–887.
- [6] DÉQUÉ, M. – DREVETON, C. – BRAUN, A. – CARIOLLE, D., 1994. The ARPEGE/IFS atmosphere model: a contribution to the French community climate modelling. *Climate Dynamics*, Vol. **10**, s. 249–266.
- [7] DÉQUÉ, M. – MARQUET, P. – JONES, R.G., 1998. Simulation of climate change over Europe using a global variable resolution general circulation model. *Climate Dynamics*, Vol. **14**, s. 173–189.
- [8] DICKINSON, R.E. – ERRICO, R.M. – GIORGI, F. – BATES, J.T., 1989. A regional climate model for the western United States. *Climatic Change*, Vol. **15**, s. 383–422. ISSN 0165–0009.
- [9] DUBROVSKÝ, M., 1996. Validace stochastického generátoru Met&Roll. *Meteorologické Zprávy*, roč. **49**, s. 129–138. ISSN 0026–1173.
- [10] DUBROVSKÝ, M., 1997. Creating daily weather series with use of the weather generator. *Environmetrics*, Vol. **8**, s. 409–424.
- [11] DUBROVSKÝ, M. – ŽALUD, Z. – ŠŤASTNÁ, M., 2000. Sensitivity of CERES-Maize yields to statistical structure of daily weather series. *Climatic Change*, Vol. **46**, s. 447–472. ISSN 0165–0009.
- [12] GIORGI, F., 1990. Simulation of regional climate using a limited area model nested in a general circulation model. *Journal of Climate*, Vol. **3**, s. 941–963. ISSN 0894–8755.
- [13] GIORGI, F., – MARINUCCI, M.R. – BATES, G.T., 1993. Development of a second generation regional climate model (RegCM2) I: Boundary layer and radiative transfer processes. *Monthly Weather Review*, Vol. **121**, s. 2794–2813. ISSN 0027–0644.
- [14] GIORGI, F., – MARINUCCI, M.R. – BATES, G.T. – DECANIO, G., 1993. Development of a second generation regional climate model (RegCM2) II: Convective processes and assimilation of lateral boundary conditions. *Monthly Weather Review*, Vol. **121**, s. 2814–2832. ISSN 0027–0644.
- [15] GIORGI, F., – BATES, G.T. – NIEMAN, S.J., 1993. The multiyear surface climatology of a regional atmospheric model over the western United States. *Journal of Climate*, **6**, s. 75–95. ISSN 0894–8755.
- [16] GIORGI, F., – HURRELL, J.W. – MARINUCCI, M.R. – BENISTON, M., 1997. Elevation dependency of the surface climate change signal: A model study. *Journal of Climate*, **11**, s. 288–296. ISSN 0894–8755.
- [17] GIORGI, F. – MEARN, L.O., 1999. Introduction to special session: Regional climate modeling revisited. *Journal of Geophysical Research*, Vol. **104**, s. 6335–6352.
- [18] GIORGI, F. – HEWITSON, B., – CHRISTENSEN, J., – HULME, M., STORCH, H. von et al., 2001. Regional climate information – evaluation and projections. In: *Climate Change. The Scientific Basis*. Houghton, J.T. et al. Cambridge: Cambridge University Press, s. 583–638.
- [19] HANČAROVÁ, E. – METELKA, L. – MRKVICA, Z. – PAVLÍK, J. – POZLER, R. et al., 1999. Katastrofální povodeň v podhůří Orlických hor ve dnech 22.- 25. 7. 1998. *Meteorologické Zprávy*, roč. **52**, s. 1–12. ISSN 0026–1173.
- [20] HUTH, R., 2000. Využití statistického downscalingu při konstrukci scénářů změny klimatu v České republice. Část I. Metodické studie. *Meteorologické Zprávy*, roč. **53**, s. 129–136. ISSN 0026–1173.
- [21] HUTH, R., 2002. Statistical downscaling of daily temperature in central Europe. *Journal of Climate*, Vol. **15**, s.1731–1742. ISSN 0894–8755.
- [22] KATO, H. – HIRAKUCHI, H. – NISHIZAWA, K. – GIORGI, F., 1999. Performance of NCAR RegCM in the simulation of June and January climate over eastern Asia and the high-resolution effect of the model. *Journal of Geophysical Research*, Vol. **104**, s. 6455–6476.
- [23] KUNKEL, K.E. – ANDSAGER, K. – LIANG, X.-Z. – ARMITT, R.W. – TAKLE, E.S. et al., 2002. Observations and regional climate model simulations of heavy precipitation events and seasonal anomalies: A comparison. *Journal of Hydrometeorology*, Vol. **3**, s.322–334.
- [24] LAPRISE, R. – CAYA, D. – GIGUÈRE, M. – BERGERON, G. – CÔTÉ, H. et al., 1998. Climate and climate change in western Canada as simulated by the Canadian Regional Climate Model. *Atmosphere – Ocean*, Vol. **36**, s. 119–167.
- [25] LEUNG, L.R., – GHAN, S.J., 1999. Pacific Northwest climate sensitivity simulated by a regional climate model driven by a GCM. Part I: Control simulations. *Journal of Climate*, Vol. **12**, s. 2010–2030.
- [26] LEUNG, L.R., – GHAN, S.J., 1999. Pacific Northwest climate sensitivity simulated by a regional climate model driven by a GCM. Part II: 2 x CO<sub>2</sub> simulations. *Journal of Climate*, Vol. **12**, s. 2031–2053.
- [27] LISTON, G.E. – PIELKE, R.A., 2000. A climate version of the Regional Atmospheric Modeling System. *Theoretical and Applied Climatology*, Vol. **66**, s. 29–47.
- [28] LOPEZ, P. – SCHMITH, T. – KAAS, E., 2000. Sensitivity of the Northern Hemisphere circulation to North Atlantic SSTs in the ARPEGE Climate AGCM. *Climate Dynamics*, Vol. **16**, s. 535–547.
- [29] LÜTHI, D. – CRESS, A. – DAVIES, H.C. – FREI, C. – SCHÄR, C., 1996. Interannual variability and regional climate simulations. *Theoretical and Applied Climatology*, Vol. **53**, s. 185–209.
- [30] MCAVANEY, B.J. – COVEY, C. – JOUSSAUME, S. – KATSOV, V. – KITO, A. et al., 2001. Model evaluation. In: *Climate Change. The Scientific Basis*. Houghton, J.T., et al. Cambridge: Cambridge University Press, s. 471–523.
- [31] Météo France: Arpège-Climat, version 3. IV. Validation climatique. Toulouse: 122 s.
- [32] MURPHY, J., 1999. An evaluation of statistical and dynamical techniques for downscaling local climate. *Journal of Climate*, Vol. **12**, s. 2256–2284.
- [33] NOGUER, M. – JONES, R. – MURPHY, J., 1998. Sources of systematic errors in the climatology of a regional climate model over Europe. *Climate Dynamics*, Vol. **14**, s. 691–712.
- [34] ROTACH, M.W., – MARINUCCI, M.R. – WILD, M. – TSCHUCK, P. – OHMURA, A. et al., 1997. Nested regional simulation of climate change over the Alps for the scenario of a doubled greenhouse forcing. *Theoretical and Applied Climatology*, Vol. **57**, s. 209–227.
- [35] VÁŇA, F., 1998. Fyzikální parametrizace v modelu ALADIN. *Meteorologické Zprávy*, roč. **51**, s. 33–44. ISSN 0026–1173.
- [36] WILLMOTT, C.J. – MATSUURA, K.: Terrestrial air temperature and precipitation: Monthly and annual time series (1950–1999). [http://climate.geog.udel.edu/~climate/html\\_pages/README.ghec\\_ts2.html](http://climate.geog.udel.edu/~climate/html_pages/README.ghec_ts2.html)

Lektor RNDr. V. Květoň, CSc, rukopis odevzdán v prosinci 2002.

# PŘEDPOVĚĎ PLOŠNÝCH SRÁŽEK S VYUŽITÍM STATISTICKÉHO POSTPROCESSINGU MODELU ALADIN-LACE

**Forecasting of area precipitation using statistic postprocessing of the ALADIN-LACE model.** Statistical post-processing models of numerical weather prediction (NWP) model outputs are developed to improve the forecast of the mean area of 6-h accumulated precipitation. The post-processing models use prognostic fields of the ALADIN/LACE (Aire Limitée Adaptation Dynamique Développement InterNational / Limited Area Modelling in Central Europe) NWP model and the forecast is performed for the warm season and six river basins. Lead times are +12, +18, +24, +30, +36, +42 and +48 hours. Data from a dense network of rain gauges and radar-derived precipitation are used to calculate basin average precipitation amounts. Data from three warm seasons (April to September, 1999-2001) are used to develop and verify post-processing models.

Three regression models, focused on the forecast of large precipitation, are developed within a model output statistics (MOS) approach and their results are compared with the forecasts of the NWP model. In contrast to the standard MOS application the developed regression models improve the accuracy of NWP model forecast for large precipitation. The best regression model decreases root-mean-square-error (RMSE) about 20% and 15% for actual mean area precipitation  $\geq 1$  mm and  $\geq 5$  mm, respectively. When forecast (by the NWP model or regression model) or observed mean area precipitation exceeds 1 mm and 5 mm the decrease of RMSE is about 35% and 45%, respectively.

**KLÍČOVÁ SLOVA:** srážky atmosférické – předpovídání – model předpovědní – metody – postprocessing statistický

## 1. ÚVOD

Základním nástrojem pro kvantitativní krátkodobou předpověď srážek (QPF - quantitative precipitation forecast) jsou numerické modely předpovědi počasí (NWP modely). I přes velký pokrok v oblasti numerického modelování v posledním desetiletí zůstává QPF jedním z nejobtížnějších úkolů meteorologie. Předpověď srážek je obzvláště složitá v teplé polovině roku, kdy jsou srážkové procesy ovlivněny konvekcí.

Existují dva postupy, jak zpřesnit QPF. První spočívá v dalším zdokonalování NWP modelů a zpřesňování vstupních dat. Tento vývoj neustále probíhá, jedná se však o proces dlouhodobý a zásadní zlepšení v lokální QPF nelze v nejbližších letech očekávat. Druhou možností je tzv. postprocessing výstupů NWP modelů. Postprocessingové modely (PM) popisují vztah mezi prognostickými výstupy NWP modelů (prediktory) a předpovídanou veličinou (prediktandem). Výhodou PM je možnost přizpůsobit formu předpovědi přímo požadavkům uživatele, a proto se také někdy tyto postupy nazývají interpretační modely.

Předpověď srážek se může vztahovat k jednotlivým místům (bodům), reprezentovaným srážkoměrnými stanicemi, nebo k zadané ploše. Výhodou bodové předpovědi je, že ji lze porovnat s příslušným pozemním měřením. Přitom jsou však porovnávána bodová měření s uzlovými modelovými hodnotami, které zpravidla reprezentují průměrné srážky v oblasti, jejíž rozměr závisí na vzdálenosti uzlů. Další nevýhodou je skutečnost, že naměřené bodové hodnoty jsou velmi variabilní jak v čase (zejména v teplé polovině roku), tak v prostoru. To je důvod, proč se formulace předpovědi většinou omezuje na pravděpodobnostní nebo kategorickou předpověď překročení zadaných prahových hodnot.

Na rozdíl od bodových hodnot jsou plošné hodnoty srážek (průměrné srážky na zadané ploše) časově i prostorově méně variabilní. Lze tedy očekávat, že kvantitativní předpověď plošných srážek bude úspěšnější než předpověď bodových. Plošné hodnoty srážek také lépe odpovídají požadavkům hydrologických modelů. Nevýhodou plošné předpovědi je sku-

tečnost, že tyto srážky nelze přímo měřit, ale že musí být odvozeny z bodových srážkoměrných měření a (nebo) z radarových srážkových odhadů. Proto výsledky PM mohou být do určité míry závislé na způsobu odhadu skutečných plošných srážek.

Z hlediska vývoje statistických PM existují dva principiálně odlišné přístupy. Perfect Prog metoda (PPM; [13]) při vývoji modelu využívá prediktory naměřené nebo vypočtené z objektivních analýz z odpovídajícího termínu nebo termínů. Při přípravě předpovědi se pak využívají prognostické prediktory vypočtené z výstupů NWP modelu. Výhodou tohoto postupu je existence rozsáhlé databáze dat, ze kterých lze odvodit robustní vztahy mezi prediktory a prediktandy. Zásadní nevýhodou je skutečnost, že odvozené modely neuvážují chyby NWP výstupů a jejich závislost na délce předpovědi. Také soubor možných prediktorů je omezenější, neboť objektivní analýzy neobsahují všechny veličiny, které jsou dostupné z NWP modelu. PPM je motivována úvahou, že zdokonalování NWP modelů povede k tomu, že prognostická pole alespoň základních veličin se budou blížit naměřeným hodnotám (objektivním analýzám).

V současné praxi se při vývoji PM častěji aplikuje postup MOS (model output statistics; [7]), který využívá archivované prognostické výstupy NWP modelu. Odvozený PM zohledňuje systematické chyby NWP modelu a jejich závislost na délce předpovědi. K odvození stabilního PM je potřeba mít k dispozici dostatečně rozsáhlý archiv výstupů z NWP modelu. Teoreticky se požaduje, aby prediktory byly odvozeny z neměněného NWP modelu, avšak zkušenosti ukazují, že tato podmínka není nezbytná. Běžné modifikace NWP modelů, které neustále probíhají, nemají ve většině případů zásadní vliv na odvozené PM. Nicméně požadavek na dostatečně rozsáhlý archiv NWP dat je hlavní nevýhodou MOS. Proto se často používá postup tzv. regionalizace [1], kdy se jeden regresní model vyvíjí pro více prediktandů, jejichž charakteristiky jsou podobné. Např. se vyvíjí jeden regresní model pro všechny horské stanice. Tento postup sice výrazně zvětšuje

množství dat, a tím i robustnost odvozeného statistického modelu, ale zároveň omezuje možnost lokální opravy původní předpovědi, což je podstata statistického postprocessingu. Z toho důvodu je při aplikaci regionalizace nezbytná opatrnost.

MOS a PPM se zpravidla aplikují ve spojení se statistickými regresními modely (MOS: např. [1, 12, 14, 15, 19, 20]; PPM: [2, 13, 21]). Kromě regresních modelů byly pro předpověď srážek aplikovány i neuronové sítě (např. [8, 9, 16]), přičemž způsob odvození modelových parametrů byl obdobný jako u MOS.

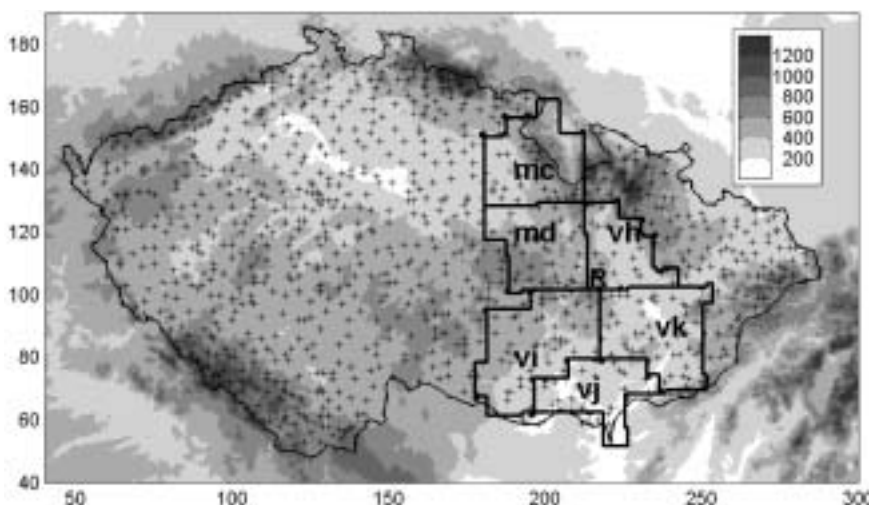
Tento příspěvek se zabývá aplikací MOS s cílem zlepšit kvantitativní předpovědi 6hodinových plošných úhrnů srážek. Předpovídanou veličinou je průměrná hodnota srážky na zadané ploše pro daný šestihodinový interval. Z důvodu zjednodušení budeme v následujícím textu pod pojmem plošná srážka nebo srážkový úhrn vždy rozumět *průměrnou hodnotu srážky v uvažované oblasti v daném termínu*. Metoda MOS je aplikována na výstupy NWP modelu ALADIN-LACE a je zaměřena především na předpověď významných srážkových úhrnů, které jsou důležité z hlediska hydrologických aplikací. Metoda je testována na šesti vybraných oblastech v České republice (ČR).

## 2. FORMULACE PŘEDPOVĚDI A POUŽITÁ DATA

Pro předpověď 6hodinových úhrnů srážek pro šest zadaných oblastí z území ČR (obr. 1) byla využita prognostická pole NWP modelu ALADIN-LACE s počátkem integrace v 00 UTC. Srážkové úhrny (sumy za posledních 6 hodin integrace) byly stanoveny pro následující délky integrace NWP modelu: +18, +24, +30, +36, +42 a +48 (v hodinách; znaménko + je nadále použito k vyjádření délky předpovědi). Pro každou ze šesti oblastí byla tedy sledována kvalita předpovědi plošného úhrnu v šesti předpovědních termínech. Předpověď byla počítána pro teplou polovinu roku (duben až září) a byla použita data ze tří sezon 1999–2001.

### 2.1 Prediktand

Předpovídanou veličinou (prediktand) je hodnota srážek akumulovaných za 6 hodin v dané oblasti. Pro odhad hodnot prediktandů byla použita měření srážkoměrných stanic z území ČR, které měří denní úhrny srážek, tj. sumy srážek od 06 do 06 UTC, a srážkové odhady odvozené z dat radaru Skalky (Doppler C band Gematronik METEOR 360 AC; [10]). Po-



Obr. 1 Umístění oblastí a polohy srážkoměrných stanic s vyznačenou orografií. Polohu radaru Skalky označuje R.

Fig. 1. River basins, gauges positions and topography. The radar position is indicated by R.

loha srážkoměrných stanic a uvažované oblasti jsou zobrazeny na obr. 1. Postup výpočtu spočíval v odhadu denních úhrnů s využitím dat ze srážkoměrných stanic a v jejich následném rozdělení do příslušných 6hodinových intervalů pomocí odvozených radarových srážek.

Pro výpočet radarových odhadů srážek (dále jen radarových srážek) byl použit postup, který je využíván v Českém hydrometeorologickém ústavu (ČHMÚ; [10]). Radarové srážky byly počítány v síti 256 x 256 pixelů, přičemž každý pixel má rozměr 2 km x 2 km. Pro každou oblast a pro každý den byly z hodnot v odpovídajících pixlech vypočteny 6hodinové úhrny radarových srážek  $R_{00-06}$ ,  $R_{06-12}$ ,  $R_{12-18}$ ,  $R_{18-00}$  odpovídající intervalům 00-06, 06-12, 12-18 a 18-00 UTC.

Denní úhrny srážek naměřené na stanicích byly metodou kriging ([6, 18]) interpolovány do uzlů radarové sítě a z odpovídajících pixelových hodnot byly vypočteny denní srážkové úhrny v dané oblasti. Rozdělení denních úhrnů na čtyři 6hodinové bylo provedeno v poměrech, které odpovídaly 6hodinovým radarovým srážkám. Například srážkový úhrn v intervalu 12–18 UTC byl vypočten podle vztahu

$$S_{12-18} = \frac{G}{R_{06-12} + R_{12-18} + R_{18-00} + R'_{00-06}} R_{12-18} \quad (1)$$

kde  $G$  je denní úhrn srážek začínající den  $D$  v 06 UTC,  $R_{a-b}$  jsou 6hodinové srážkové úhrny (od  $a$  do  $b$ ) dne  $D$  a  $R'_{a-b}$  je 6hodinový úhrn srážek dne  $D+1$ .

Základní statistické charakteristiky 6hodinových srážek

Tab. 1 Relativní četnost případů [%], kdy pro uvažované 6hodinové intervaly je úhrn srážek (plošný průměr) v dané oblasti větší nebo roven prahové hodnotě (0, 1 a 5 mm).

Table 1. Frequency of area average precipitation [%] exceeding thresholds 0, 1 and 5 mm in dependence on a daytime and river basin.

Oblast	00-06 UTC			06-12 UTC			12-18 UTC			18-00 UTC		
	>0	≥1	≥5	>0	≥1	≥5	>0	≥1	≥5	>0	≥1	≥5
Mc	25.1	12.3	3.4	23.0	23.0	4.4	29.1	14.8	2.7	30.5	11.9	2.2
Md	38.6	12.1	3.4	38.0	20.6	3.9	43.8	12.6	2.9	49.6	9.0	2.7
Vk	22.7	10.9	2.4	22.0	20.1	3.6	22.0	12.3	3.6	22.3	10.2	2.2
Vi	28.5	11.1	1.7	27.4	16.5	4.4	33.2	12.8	4.6	34.6	9.4	2.9
Vh	31.9	9.7	2.7	32.4	16.7	2.2	32.4	12.1	3.1	32.4	7.0	1.7
Vj	21.7	11.4	2.4	21.5	15.7	3.6	21.5	11.9	4.1	21.5	10.2	1.9
Celkem	28.1	11.2	2.7	27.4	18.8	3.7	30.3	12.8	3.5	31.8	9.6	2.3

Tab. 2 Střední hodnoty plošných srážek (plošný průměr) větších nebo rovných 1 a 5 mm v závislosti na oblasti a denní době.

Table 2. Mean value of area average precipitation exceeding thresholds 0, 1 and 5 mm in dependence on a daytime and river basin.

Oblast	Srážky $\geq 1$ mm				Srážky $\geq 5$ mm			
	00-06	06-12	12-18	18-00	00-06	06-12	12-18	18-00
Mc	4.35	3.59	3.76	3.13	8.99	9.06	10.33	6.59
Md	4.10	3.69	4.05	4.25	8.85	8.82	10.17	8.81
Vk	3.98	3.52	4.10	3.25	8.75	9.36	8.20	7.53
Vi	3.36	3.68	4.54	4.20	8.44	7.80	8.46	8.98
Vh	3.60	3.09	3.72	4.05	7.25	8.49	8.52	8.39
Vj	3.44	3.99	4.17	3.31	7.53	8.97	7.68	7.63
Celkem	3.82	3.59	4.05	3.64	8.35	8.75	8.74	8.06

jsou pro jednotlivé oblasti uvedeny v tabulkách 1 a 2. Z tabulek vyplývá, že pouze v přibližně 30 % termínů jsou zaznamenány nenulové srážky. Plošné srážky o velikosti alespoň 1 mm se vyskytují v 10–20 % případů, srážky od 5 mm pak v přibližně 3 % případů. Na základě těchto údajů lze pro uvažované oblasti považovat plošné srážky o velikosti alespoň 1 mm za nadprůměrné a srážky o velikosti alespoň 5 mm za vysoké.

## 2.2 Prediktory

Prediktory byly odvozeny z prognostických polí modelu ALADIN-LACE, který byl integrován s horizontálním krokem 12 km a jehož integrační oblast pokrývá převážnou část Evropy. Délka modelové předpovědi je 48 hodin, přičemž každých šest prognostických hodin se archivují uzlové hodnoty následujících veličin:

- Přízemní teplota, relativní vlhkost, horizontální složky větru, tlak vzduchu redukováný na hladinu moře, srážkové úhrny za posledních 6 hodin (odděleně konvektivní a velkoplošné srážky).
- Geopotenciál, horizontální a vertikální složky větru, teplota a relativní vlhkost v hladinách 925, 850, 700, 500 a 300 hPa.
- Z těchto archivovaných dat byly vypočteny následující odvozené veličiny (viz např. [3]):
- Specifická vlhkost, divergence větru, deformace větru, horizontální rychlost větru, relativní vorticity, ekvivalentní potenciální teplota, frontogenetická funkce, horizontální toky specifické vlhkosti v hladinách 925, 850, 700, 500 a 300 hPa.
- Advekce relativní vorticity, teploty a specifické vlhkosti v hladině 700 a 500 hPa.
- Velikost horizontálního gradientu relativní vlhkosti a teploty v hladině 850 a 500 hPa.
- Vertikální střih větru mezi hladinami 500-700 hPa a 700-850 hPa.
- Indexy stability (K index, Showalter, Faust), vertikální gradient ekvivalentní potenciální teploty mezi hladinami 700-500 a 850-700 hPa.
- Vertikálně integrovaná specifická vlhkost a vertikálně integrované toky specifické vlhkosti od zemského povrchu do 500 hPa.
- Průměrná relativní vlhkost a průměrná vertikální rychlost ve vrstvě 925 až 500 hPa.

Z výše uvedených veličin byl pro každý předpovědní čas sestaven soubor základních prediktorů. Ke každé oblasti byly přiřazeny uzlové body ležící uvnitř oblasti nebo do vzdálenosti 6 km od její hranice a hodnota prediktoru byla vypočtena jako průměr hodnot dané veličiny v příslušných uzlech.

Kromě toho pro srážky (konvektivní, velkoplošné a celkové) a pro relativní vlhkost byly také jako prediktory použity hodnoty maximální. Prediktory byly vypočteny z prognostických časů, které odpovídaly počátku a konci doby akumulace srážek; například pro předpověď akumulovaných srážek v čase +18 byly použity prognostické veličiny z +18 a +12 hodin. Kromě prediktorů vypočtených z obou termínových hodnot byly do množiny základních prediktorů zahrnuty i jejich průměry. Pro každou délku předpovědi soubor základních prediktorů obsa-

hoval více než 300 veličin.

Pro každou oblast a každou délku integrace bylo celkem k dispozici 413 hodnot prediktandů a jím odpovídajících prediktorů.

## 3. REGRESNÍ MODELY

Pro předpověď plošných srážek s použitím přístupu MOS byly vyvinuty čtyři statistické postprocessingové modely. Vztah mezi prediktory a prediktandem byl vyjádřen pomocí standardní vícerozměrné lineární regrese. Jednotlivé regresní modely se však lišily způsobem, jakým byly jejich parametry odvozeny.

Regresní model odvozený s využitím všech dostupných dat (standardní aplikace MOS) je ovlivněn četností jednotlivých srážkových kategorií. Velká četnost velmi nízkých srážek způsobuje, že model sice zlepšuje přesnost předpovědi vyjádřenou střední kvadratickou chybou, ale toto zlepšení se projevuje především u nízkých hodnot srážek, které nejsou významné z hlediska praktických aplikací. Proto jsou v této práci prezentovány postupy zaměřené na předpověď vysokých srážkových úhrnů s relativně malou frekvencí výskytu.

Lineární regresní modely mají obecný tvar

$$p = a_0 + a_1 h_1 + a_2 h_2 + \dots + a_n h_n, \quad (2)$$

kde  $h_i$ ,  $i = 1, \dots, n$ , jsou hodnoty prediktorů,  $p$  je výstup modelu a  $a_i$  jsou modelové parametry, při jejichž odvození byly užity následující čtyři způsoby výpočtu.

### (i) Standardní metoda (REGB)

Koeficienty  $a_i$ ,  $i = 1, \dots, n$ , jsou vypočteny standardním způsobem, tj. minimalizací funkcionálu

$$\Theta(a_0, \dots, a_n) = \sum_{k=1}^N (p_k - y_k)^2, \quad (3)$$

kde

$$p_k = a_0 + a_1 x_{k,1} + a_2 x_{k,2} + \dots + a_n x_{k,n}, \quad (4)$$

$x_{k,j}$  jsou hodnoty  $j$ -tého prediktoru ( $j = 1, \dots, n$ ) v termínu  $k$ ,  $y_k$  jsou hodnoty prediktandu v termínu  $k$  ( $k = 1, \dots, N$ ) a  $N$  je počet termínů v kalibračním souboru dat (viz kapitola 4).

### (ii) Metoda (REG1)

Při minimalizaci funkcionálu (3) se uvažují pouze data  $(y_k, x_{k,1}, \dots, x_{k,n})$ ,  $k = 1, \dots, N$ , pro která platí:

$$y_k \geq H_A \text{ a } |y_k - m_k| < H_B \max(y_k - m_k, 1), \quad (5)$$

kde  $m_k$  je předpověď modelu ALADIN-LACE pro termín  $k$ ,  $H_A$  a  $H_B$  jsou zadané konstanty. Smyslem podmínky (5) je při

odvození koeficientů uvažovat pouze případy s dostatečně významnými srážkami (levá podmínka) a vyloučit ty případy, kdy NWP předpověď byla výrazně chybná (pravá podmínka). Model REG1 tedy závisí na volbě hodnot  $H_A$  a  $H_B$ .

(iii) Metoda (REG2)

Tato metoda minimalizuje funkcionál

$$\Psi(a_0, \dots, a_n) = \sum_{k=1}^N (p_k - y_k)^2 + \sum_{s=1}^S v_s (q_s - d_s)^2, \quad (6)$$

kde

$$q_s = \sum_{p_k > H_s} p_k, \quad (7)$$

$$d_s = \sum_{y_k > H_s} y_k, \quad (8)$$

$v_s$  je zadaná váha a  $H_s$  je zadaná hodnota srážek pro  $s = 1, \dots, S$ . V sumách (7, 8) se sčítá přes všechna  $k$ , která splňují příslušnou podmínku. Smyslem druhého členu ve funkcionálu (6) je modifikovat frekvenční rozdělení výstupů regresního modelu tak, že je penalizován rozdíl mezi sumou předpověděných a skutečných hodnot srážkových úhrnů nad zadanou mez  $H_s$ . Model REG2 závisí na volbě hodnot  $H_s$  ( $s = 1, \dots, S$ ) a vah  $v_s$ .

(iv) Metoda (REG3)

Aplikace tohoto modelu je motivována jednoduchou geometrickou úvahou. Porovnáme-li výstupy REGB se skutečnými srážkami (např. obr. 2 pro předpověď na 18 hodin), vidíme, že REGB jednoznačně podceňuje skutečnost pro srážky

větší než přibližně 2 mm a směrnice závislosti mezi předpověděnými a skutečnými srážkami je výrazně nižší než 1 (na obr. 2 je směrnice rovna 0.67). Cílem této metody je upravit tuto závislost.

Metoda REG3 modifikuje prediktand. Ve vztahu (3) je místo  $y_k$  použito

$$y'_k = \lambda y_k, \quad (9)$$

kde  $\lambda$  je zadaná konstanta. Vzhledem k linearitě modelu (2) jsou koeficienty modelu REG3  $\lambda$ -násobkem koeficientů modelu REGB. Použitím  $\lambda > 1$  se proto úměrně zvýší předpovědi srážek, což pozitivně ovlivní předpověď nadprůměrných srážek. Na druhé straně dochází k nadhodnocení velmi nízkých, ale velmi četných, srážkových úhrnů. Toto nadhodnocení je sice významné např. z hlediska ročních úhrnů, ale z hlediska jednotlivých předpovědí silných srážek je zanedbatelné.

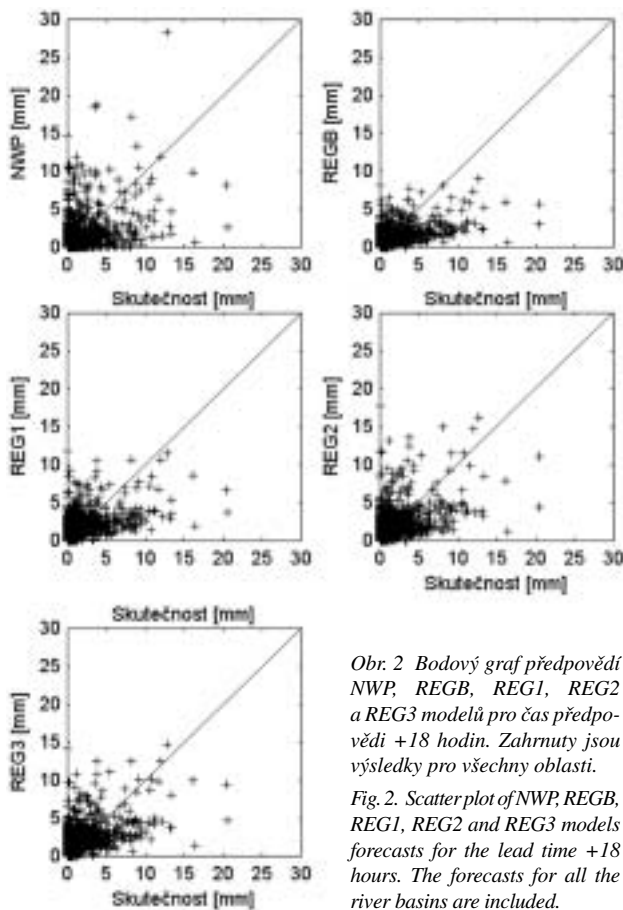
Rozdíly mezi výše uvedenými metodami a standardní aplikací REGB lze shrnout následujícím způsobem. Metoda REG1 využívá standardní minimalizační algoritmus pouze pro vybraná data. Metoda REG2 sice využívá veškerá data, ale modifikuje minimalizovaný funkcionál tak, aby zohlednil četnost silných srážek. Metodu REG3 lze částečně přirovnat k vážené regresi, která zvyšuje váhu silných srážek. Na tomto místě je vhodné se zmínit, že byl testován i lineární regresní model s vahami. Nepodařilo se však najít vhodný výběr vah, který by vedl k lepším předpovědím než výše popsané modely.

#### 4. VÝVOJ STATISTICKÝCH MODELŮ A MNOŽINA POTENCIÁLNÍCH PREDIKTORŮ

Nejednoznačný vztah mezi prediktory a prediktandy a počet dat použitých při odvození regresních rovnic ovlivňují přesnost a stabilitu statistického modelu při aplikaci na nezávislých datech. V našem případě se ukázalo, že rozsah dat není dostatečný, aby bylo možné pro každou oblast a pro každou délku předpovědi vyvinout samostatný regresní model. Testy ukázaly, že takový regresní model by musel využívat malého počtu prediktorů (2–3), aby jeho výstupy byly stabilní. Proto byla použita metoda regionalizace a byl vyvíjen jeden regresní model pro všechny oblasti, tj. celkem 6 modelů místo původních 36. Výhodou tohoto postupu je nejen výrazné zvětšení počtu dat použitých pro odvození modelu, ale i možnost aplikovat model i na jiné oblasti. Na druhé straně tento přístup explicitně nemodeluje individuální vlastnosti konkrétní oblasti.

Pro každou délku předpovědi byl soubor dat rozdělen na kalibrační a verifikační data. Kalibrační data byla použita k odvození regresních modelů, tzn. k výběru prediktorů a k výpočtu regresních parametrů. Verifikační data byla použita k výpočtu chyb modelu na nezávislých datech. Vzhledem k relativně malému rozsahu dat byla použita metoda křížové verifikace (např. [5]). Data byla rozdělena na  $N$  přibližně stejných částí, přičemž  $N-1$  částí bylo použito jako kalibrační množina, zatímco zbylá část sloužila k verifikaci. Postupně byl výpočet proveden pro všechny varianty výběru, takže nezávislá předpověď byla k dispozici pro všechny termíny. V následujících výpočtech bylo užito  $N = 10$ .

K výběru prediktorů byla použita metoda krokové regrese s postupným zařazováním prediktorů (forward screening algorithmů FSA; [22]) ve spojení s modelem REGB. Tato metoda postupně vybírá nejlépe korelované prediktory s prediktandem (při výběru prvního prediktoru) a s reziduem, tj.



Obr. 2 Bodový graf předpovědi NWP, REGB, REG1, REG2 a REG3 modelů pro čas předpovědi +18 hodin. Zahrnuty jsou výsledky pro všechny oblasti.  
Fig. 2. Scatter plot of NWP, REGB, REG1, REG2 and REG3 models forecasts for the lead time +18 hours. The forecasts for all the river basins are included.

rozdílem mezi prediktem a výstupem REGB, který využívá dosud vybrané prediktory. Základní soubor prediktorů (viz část 2.2) byl příliš rozsáhlý a obsahoval veličiny, které nepochybně nejsou vhodnými prediktory pro předpověď srážek. Proto byl následujícím postupem počet prediktorů výrazně zúžen. Jako v případě verifikace, byla data rozdělena na  $N = 10$  dílů a pro každou kombinaci  $N-1$  dílů bylo vybráno 3, 5 a 10 nevhodnějších prediktorů metodou FSA, přičemž se uvažovala pouze data s hodnotou prediktandu  $\geq 1$  mm. Smyslem tohoto omezení bylo vybrat ty prediktory, které jsou důležité pro předpověď silných srážek. Ze všech vybraných prediktorů bylo určeno 30 s nejvyšší četností výskytu, a ty byly zařazeny do souboru potenciálních prediktorů. Smyslem použití různého počtu prediktorů (3, 5 a 10) bylo zohlednit jejich význam, neboť použitá metoda nejprve vybírá prediktory, jejichž lineární kombinace, má nejsilnější vazbu na prediktand. Vybrané prediktory se lišily pro jednotlivé délky předpovědi. Pro ilustraci je v tabulce 3 uveden příklad deseti nejčastěji vybraných prediktorů pro předpověď na +18 hodin.

Tab. 3 Deset nejčastěji vybraných prediktorů pro předpověď průměrných plošných srážek pro +18 hodin. Typ označuje, zda prediktor byl vypočten jako průměr (P) nebo maximum (M) z hodnot v uzlových bodech. Termín značí délku předpovědi, ze které byl prediktor vypočten.

Table 3. Ten the most frequently selected predictors for the forecast of area averaged precipitation for +18 hours. The column Typ indicates whether the predictor was calculated as the mean (P) or maximum (M) of grid point values. The column Termín indicates the lead time of the forecast from which the predictor was calculated.

	Veličina	Typ	Termín
1	Suma konvektivních srážek od +12 do +18 hodin	P	
2	Tlak vzduchu na hladině moře	P	12
3	Relativní vlhkost 500 hPa	M	12
4	Relativní vlhkost 850 hPa	M	12
5	Vertikálně integrovaný tok specifické vlhkosti	P	12
6	Adevkece relativní vorticity 700 hPa	P	12
7	Ekvivalentní potenciální vorticity 700 hPa	P	12
8	Adevkece teploty 850 hPa	P	12
9	K index	P	18
10	Rychlost větru 850 hPa	P	12

## 5. ZPŮSOB VERIFIKACE STATISTICKÝCH MODELŮ

Přesnost předpovědi byla porovnána pomocí střední kvadratické chyby (RMSE), systematické chyby (SER) a korelačního koeficientu (COR),

$$RMSE = \sqrt{\frac{1}{N} \sum_{i=1}^N (y_i - p_i)^2}, \quad (10)$$

$$SER = \frac{1}{N} \sum_{i=1}^N (y_i - p_i), \quad (11)$$

$$COR = \frac{\sum_{i=1}^N \left( y_i - \frac{1}{N} \sum_{j=1}^N y_j \right) \left( p_i - \frac{1}{N} \sum_{j=1}^N p_j \right)}{\sqrt{\sum_{i=1}^N \left( y_i - \frac{1}{N} \sum_{j=1}^N y_j \right)^2 \sum_{i=1}^N \left( p_i - \frac{1}{N} \sum_{j=1}^N p_j \right)^2}}, \quad (12)$$

kde  $p_i$  a  $y_i$  jsou předpověděné a naměřené hodnoty prediktandů v termínu  $i$ . Protože jsme se zaměřili na předpověď významných srážkových úhrnů, byly při výpočtu (10–12) uvažovány ještě následující podmínky:

- $y_i \geq 1$  mm,
- $y_i \geq 5$  mm,
- $p_i \geq 1$  mm nebo  $y_i \geq 1$  mm nebo  $m_i \geq 1$  mm,
- $p_i \geq 5$  mm nebo  $y_i \geq 5$  mm nebo  $m_i \geq 5$  mm,

kde  $m_i$  značí předpověď NWP modelu. Způsob výpočtu chybové charakteristiky je označen odpovídajícím písmenem, např. RMSE(a) značí vypočtené RMSE za podmínky (a). Podmínky (a) a (b) studují chování modelu v případě skutečných srážek zadané velikosti. Smyslem podmínek (c) a (d) je zahrnout do verifikace nejen případy, kdy se vyskytly skutečné srážky zadané velikosti, ale také případy, kdy model falešně předpovídá vysoké úhrny. Důvodem pro zahrnutí podmínek jak pro  $p_i$ , tak i pro  $m_i$  je snaha navzájem porovnat tyto předpovědi na stejných datech. Při porovnávání charakteristik vypočtených za podmínek c) a d) je třeba si uvědomit, že data použitá při výpočtu RMSE, SER a COR závisí na hodnotách  $p_i$ , a proto se liší pro jednotlivé regresní modely.

Pro názornost je při porovnávání RMSE použito relativní RMSE (RRMSE), což je podíl RMSE a průměrné hodnoty prediktandu. Průměr je vypočten z hodnot použitých při výpočtu RMSE. Tento podíl lze interpretovat jako relativní chybu předpovědi [22].

V rámci verifikace byl také aplikován často používaný rozklad RMSE na tři složky (např. [11, 17, 22])

$$RMSE^2 = MSE1 + MSE2 + MSE3 = (r(p) - r(y))^2 + (s(p) - s(y))^2 + 2s(p)s(y)(1 - COR), \quad (13)$$

kde

$$r(a) = \frac{1}{N} \sum_{i=1}^N a_i, \quad (14)$$

$$s(a) = \frac{1}{N} \sum_{i=1}^N (a_i - m(a))^2. \quad (15)$$

První dva členy v (13; průměry a směrodatné odchylky) jsou obvykle považovány za systematické chyby, které lze opravit. Třetí člen pak vyjadřuje skutečnou kvalitu předpovědi.

## 6. VÝSLEDKY

### 6.1 Parametry pro odvození regresních modelů

Detailnímu vyhodnocení regresních modelů předcházela výběr hodnot parametrů  $H_A$ ,  $H_B$ ,  $S$ ,  $H_S$ ,  $v_s$  a  $\lambda$  (viz část 3). Regresní modely REG1, REG2 a REG3 byly odvozeny pro několik subjektivně vybraných hodnot  $H_A$ ,  $H_B$ ,  $S$ ,  $H_S$ ,  $v_s$  a  $\lambda$  a jejich předpovědi byly porovnány pomocí charakteristik (10–12) uvedených v části 5. Výběr konkrétních hodnot parametrů však byl proveden subjektivně, protože neexistovaly optimální hodnoty parametrů, které by zároveň zlepšovaly všechny sledované charakteristiky. Při subjektivním výběru hodnot parametrů se kladl důraz na kvalitu předpovědi velkých srážek, ale zároveň se požadovalo, aby nedošlo k výraznému zhoršení přesnosti předpovědi průměrných a podprůměrných srážkových úhrnů.

Pro REG1 byly vybrány parametry  $H_A = 1$  mm a  $H_B = 0.5$ . Rostoucí hodnota  $H_A$  sice zlepšuje předpověď vysokých srážek, ale toto zlepšení spočívá především v redukci systematické chyby SER, což ve svém důsledku vede k výraznému

nadhodnocení nízkých srážek. Na hodnotě  $H_B$  je závislý rozsah kalibračního souboru, protože nízká hodnota  $H_B$  vyřadí řadu termínů, kdy není splněna podmínka (5).

REG2 byl aplikován s parametry  $S = 1$ ,  $H_S = 5$  mm a  $v_S = H_S \bar{y}$ , kde  $\bar{y}$  je průměrná hodnota prediktandu v kalibračním souboru. Použitá podmínka pro sumu vysokých srážek významně ovlivňuje regresní model i pro nízké hodnoty, a proto není potřeba použít  $S > 1$ .

Třetí model REG3 byl použit s parametrem  $\lambda = 1.5$ . Obdobně jako v případě parametru  $H_A$  nárůst hodnoty  $l$  zlepšuje přesnost předpovědi vysokých srážek především tím, že celkově zvyšuje hodnoty předpovědí. Na rozdíl od REG1, kde se projevuje tendence zvyšovat hodnotu konstanty  $a_0$ , viz (2), zde narůstají všechny parametry regresního modelu.

## 6.2 Porovnání postprocessingových metod s výstupy NWP modelu v závislosti na předpovědním intervalu

Základní charakteristiky výsledků studovaných modelů ukazuje obr. 2. Předpověď NWP modelu přeceňuje a podceňuje srážky přibližně stejným dílem, přičemž variance NWP předpovědi je zřetelně vyšší než variance předpovědi regresních modelů. Nejnižší varianci očividně vykazují výstupy standardního regresního modelu REGB, který sice redukuje nadhodnocené předpovědi NWP modelu, avšak nezlepšuje podceňené předpovědi vysokých srážkových úhrnů. Ostatní

Tab. 4 Porovnání přesnosti předpovědi NWP, REGB, REG1, REG2 a REG3 modelů pro různé délky předpovědi  $D$ . Definice RMSE, MSE1, MSE2, MSE3,  $s(\text{obs})$  a  $s(f)$  jsou uvedeny v části 5 ( $\text{obs}$  značí pozorované hodnoty,  $f$  předpověď).

Table 4. Comparison of NWP, REGB, REG1, REG2 and REG3 model forecasts by the decomposition of RMSE for all lead times. Definitions of RMSE, MSE1, MSE2, MSE3,  $s(\text{obs})$  and  $s(f)$  are given in Section 5 ( $\text{obs}$  stands for observed values,  $f$  stands for forecast values).

D[UTC]	Model	RMSE	MSE1	MSE2	MSE3	S(f)	s(obs)	COR
+18	NWP	1.87	0.0000	0.0052	3.4879	1.75	1.82	0.45
	REGB	1.51	0.0043	0.7250	1.5556	0.97	1.82	0.56
	REG1	1.57	0.0542	0.2633	2.1526	1.31	1.82	0.55
	REG2	1.71	0.1207	0.0346	2.7771	1.64	1.82	0.53
	REG3	1.67	0.2435	0.0739	2.4592	1.55	1.82	0.57
+24	NWP	2.08	0.0000	0.0039	4.3366	1.93	1.87	0.40
	REGB	1.63	0.0039	1.0093	1.6538	0.86	1.87	0.48
	REG1	1.67	0.0193	0.3712	2.3936	1.26	1.87	0.49
	REG2	1.82	0.1109	0.0862	3.1234	1.57	1.87	0.47
	REG3	1.72	0.1498	0.3300	2.4808	1.29	1.87	0.48
+30	NWP	1.86	0.0003	0.0445	3.4263	1.63	1.42	0.26
	REGB	1.28	0.0030	0.6500	0.9780	0.61	1.42	0.43
	REG1	1.52	0.1842	0.1526	1.9603	1.02	1.42	0.32
	REG2	1.48	0.0557	0.0566	2.0800	1.18	1.42	0.38
	REG3	1.34	0.0835	0.2518	1.4670	0.91	1.42	0.43
+36	NWP	1.73	0.0052	0.0074	2.9971	1.51	1.60	0.38
	REGB	1.45	0.0052	0.9258	1.1622	0.64	1.60	0.43
	REG1	1.55	0.1357	0.3314	1.9249	1.02	1.60	0.41
	REG2	1.44	0.0059	0.9057	1.1691	0.65	1.60	0.43
	REG3	1.51	0.1286	0.4152	1.7433	0.95	1.60	0.43
+42	NWP	2.03	0.0072	0.0265	4.0888	1.73	1.89	0.37
	REGB	1.68	0.0024	1.0674	1.7422	0.85	1.89	0.46
	REG1	1.81	0.1092	0.4863	2.6661	1.19	1.89	0.41
	REG2	1.90	0.1624	0.1136	3.3269	1.55	1.89	0.43
	REG3	1.83	0.2286	0.2884	2.8160	1.35	1.89	0.45
+48	NWP	2.52	0.0029	0.1008	6.2607	2.21	1.89	0.25
	REGB	1.73	0.0032	1.3426	1.6376	0.73	1.89	0.41
	REG1	1.81	0.0635	0.5124	2.6983	1.17	1.89	0.39
	REG2	1.93	0.0878	0.2100	3.4398	1.43	1.89	0.36
	REG3	1.80	0.1461	0.6305	2.4564	1.09	1.89	0.41

regresní modely REG1, REG2 a REG3 částečně zlepšují předpověď silných srážek, ale obecně nadhodnocují nízké srážkové úhrny.

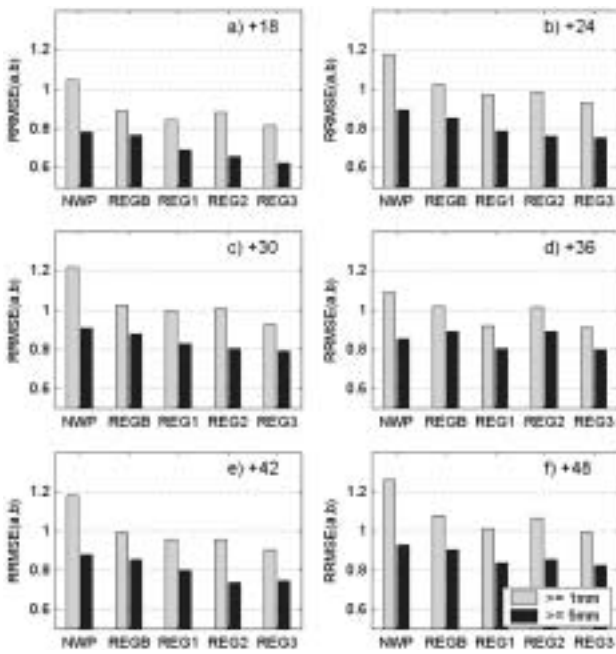
Závěry vyplývající z obr. 2 potvrzují i vyhodnocení předpovědi s využitím rozdělení RMSE na složky (tabulka 4). Předpověď NWP modelu nemá systematickou chybu (MSE1) a variance je srovnatelná s variancí prediktandu (MSE2). Regresní modely také dávají relativně malou systematickou chybu, ale jejich variance je mnohem nižší než u prediktandu. Nižší variance je důsledkem aplikace regrese, která působí jako vysokofrekvenční filtr [4]. Z hlediska přesnosti předpovědi je evidentní, že regresní modely jsou úspěšnější (zřetelně nižší hodnoty RMSE a vyšší hodnoty COR) než NWP model. Nižší variance zvyšuje hodnotu chyby MSE2, ale zároveň snižuje hodnotu MSE3, což znesnadňuje interpretaci chyb při porovnávání přesnosti předpovědi NWP a regresních modelů. Proto dekompozice RMSE podle vztahu (13) není vhodný nástroj k vyhodnocování postprocessingových metod.

Následující série obrázků 3–7 porovnává jednotlivé modely pomocí charakteristik (10–12) a bere v úvahu podmínky (a–d) uvedené v části 5. Porovnání NWP, REGB, REG1, REG2 a REG3 pro skutečné průměrné srážkové úhrny  $\geq 1$  mm a  $\geq 5$  mm je na obr. 3–5. REG1, REG2 a REG3 dávají nižší RMSE a zároveň jsou lépe korelované s prediktandem než NWP model (obr. 3, 4). Naopak z obr. 5 vyplývá, že modely NWP, REG1, REG2 a REG3 podceňují skutečné úhrny přibližně stejně. Z porovnání výsledků modelů REGB a NWP plyne, že REGB je sice lépe korelovan, ale zároveň více podceňuje skutečné hodnoty než NWP model. Důsledkem toho je, že REGB dává nižší RMSE pro úhrny  $\geq 1$  mm, avšak pro práh 5 mm jsou výsledky REGB a NWP srovnatelné.

Hodnoty RMSE, COR a SER i relace mezi těmito hodnotami pro jednotlivé modely závisí na délce předpovědi a na denní době. Zásadní závislost na denní době je patrná u korelace. Předpověď NWP modelu dává rozumné hodnoty korelace pro silné srážky ( $\geq 5$  mm) pouze pro interval 12–18 UTC. Regresní modely jsou však schopny korelaci výrazně zlepšit. Z toho lze usuzovat, že prognostická pole NWP modelu i v těchto termínech obsahují informace o možných významných srážkách.

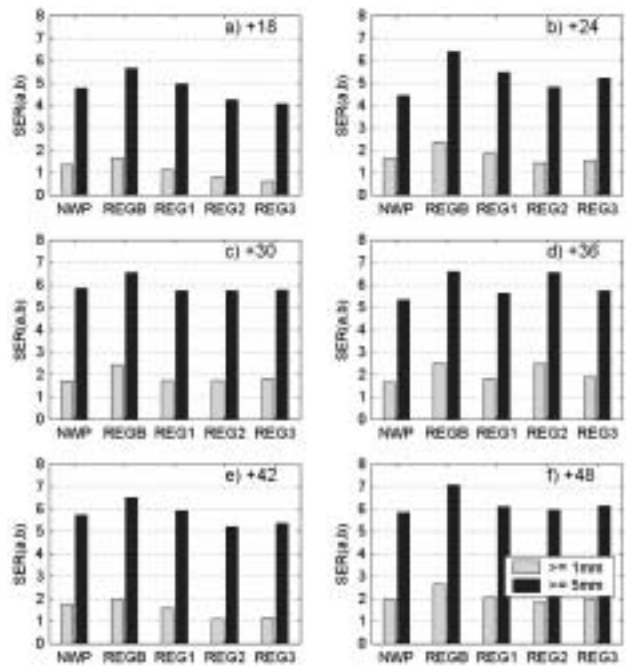
Obrázky 6 a 7 ukazují RRMSE a SER, pokud uvažujeme ty případy, kdy hodnota prediktandu, hodnota NWP modelu nebo porovnávaného regresního modelu je rovna nebo překročí práh 1 a 5 mm (podmínky c) a d)). Zpřesnění předpovědi regresními modely je zde výraznější než na obr. 2. Je zajímavé, že zlepšení nastává i pro práh 5 mm, kdy regresní modely mají větší systematickou chybu (podhodnocují) než NWP model. Jak plyne z obr. 2, NWP model chybně předpovídá vysoké srážky, což se projevuje nízkou hodnotou SER(c, d) a nárůstem RMSE(c, d). Předpověď NWP modelu má podobné rozdělení jako skutečné plošné srážky, avšak jednotlivé předpovědi se liší od skutečnosti.

Výsledky znázorněné na obr. 2–7 ukazují, že statistické postprocessové modely REG1, REG2 a REG3 zlepšují předpověď NWP modelu ve všech sledovaných charakteristikách s výjimkou



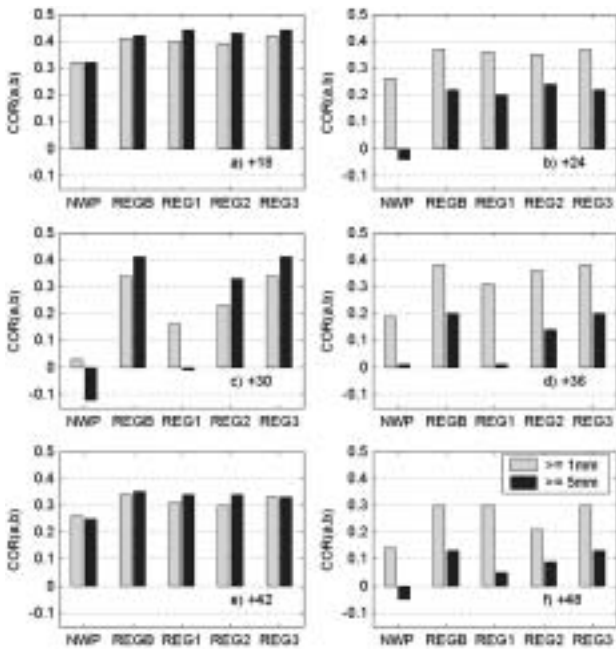
Obr. 3 Hodnoty RRMSE(a,b) pro prahy 1 a 5 mm v závislosti na délce předpovědi (+18 až +48 hodin).

Fig. 3. Relative RMSE of model forecasts (RRMSE; RMSE divided by the mean value of the predictand) for considered lead times. RRMSE(a,b) is calculated from pairs of forecast and observed values where the observed value was equal or exceeded 1 and 5 mm.



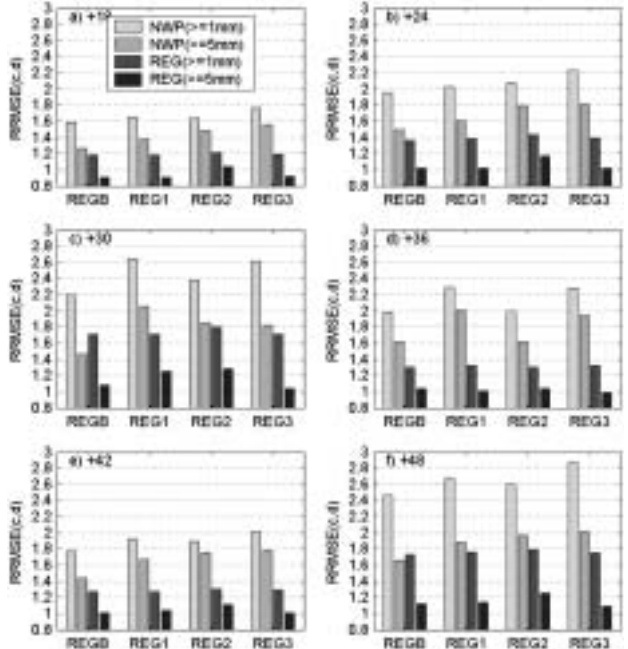
Obr. 5 Hodnoty SER(a,b) pro prahy 1 a 5 mm v závislosti na délce předpovědi (+18 až +48 hodin) pro všechny oblasti dohromady.

Fig. 5. Bias SER for considered lead times. SER(a,b) is calculated from pairs of forecast and observed values where the observed value was equal or exceeded 1 and 5 mm.



Obr. 4 Hodnoty COR(a,b) pro prahy 1 a 5 mm v závislosti na délce předpovědi (+18 až +48 hodin).

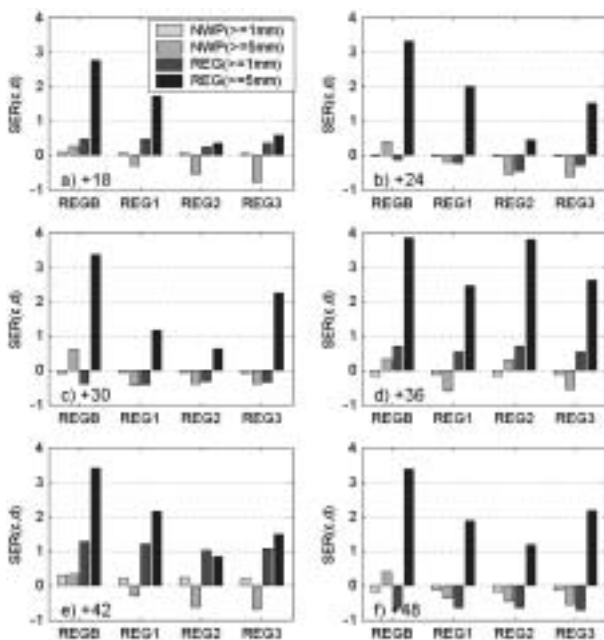
Fig. 4. Correlation coefficients (COR) of forecast and observed values for considered leading times. COR(a,b) is calculated from pairs of forecast and observed values where the observed value was equal or exceeded 1 and 5 mm.



Obr. 6 Hodnoty RRMSE(c,d) pro prahy 1 a 5 mm v závislosti na délce předpovědi (+12 až +48 hodin) pro všechny oblasti dohromady.

Fig. 6. RRMSE(c,d) for 1 and 5 mm thresholds and for considered lead times. RRMSE(c,d) is independently calculated for each REGb, REG1, REG2 and REG3 model. Calculating RRMSE(c,d) only data when forecast (by the NWP model or compared REGx model) or observed mean area precipitation exceed  $\geq 1$  mm and  $\geq 5$  mm are used.





Obr. 7 Systematická chyba  $SER(c,d)$  v závislosti na délce předpovědi.

Fig. 7. Bias  $SER(c,d)$  for considered lead times. The same data are used as in Fig. 6.

$SER(c, d)$ . Z porovnání výsledků  $RMSE(a, b)$ ,  $RMSE(c, d)$  a  $COR(a,b)$  pro všechny délky předpovědi vyplývá, že nejlepší výsledky jsou dosaženy modelem REG3.

### 6.3 Porovnání postprocessingových metod s výstupy NWP modelu v závislosti na oblasti

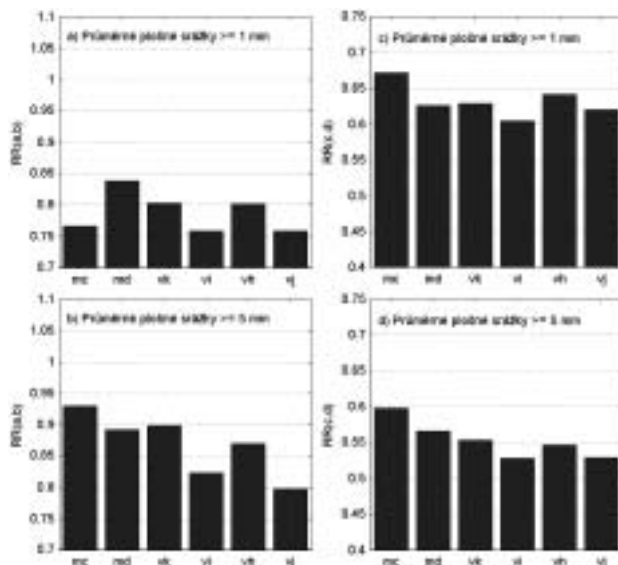
V této části je porovnávána přesnost metod v závislosti na oblasti pro všechny délky předpovědi dohromady. Pro každou oblast a délku předpovědi byla vypočtena relativní chyba RR vzhledem k chybě NWP modelu, tj. podíl chyby postprocessingové metody a chyby NWP modelu. Pro každou oblast byla dále určena průměrná hodnota RR přes všechny termíny. Na obr. 8 jsou zobrazeny výsledky pro model REG3 a pro oba typy výpočtu chyby  $RMSE(a, b)$  a  $RMSE(c, d)$ . REG3 zlepšuje předpověď NWP modelu přibližně o 20 % a 15 % pro průměrné plošné srážkové úhrny  $\geq 1$  a  $\geq 5$  mm (obr. 8, levý sloupec). Ještě výraznější zlepšení nastává, pokud uvažujeme chybu  $RMSE(c, d)$ , protože regresní model koriguje vysoké srážkové úhrny, které chybně předpověděl NWP model.

Pro všechny oblasti je chyba předpovědi modelem REG3 menší než chyba NWP modelu. Relativní zlepšení předpovědi vyjádřené hodnotou RR se liší pro jednotlivé oblasti a závisí na použité metodě výpočtu chyby (obr. 8 a, b, c a d). Protože rozdíly mezi RR pro jednotlivá povodí nejsou markantní a pohybují se do 15 %, lze konstatovat, že zvolený postup regionalizace založený na vývoji a aplikaci jednoho statistického modelu pro všechny oblasti byl oprávněný.

## 7. ZÁVĚR

Výsledky prokazují, že statistický postprocessing zlepšuje přesnost předpovědi plošných srážek ve srovnání s přímými výstupy numerického modelu ALADIN-LACE. Protože cílem předpovědi je především prognóza vysokých srážkových úhrnů, nelze aplikovat standardní způsob odvození regresních modelů. Ten sice vede k celkovému zpřesnění předpovědi, ale to spočívá v přesnější předpovědi malých srážek, a naopak k výraznému podcenění velkých srážkových úhrnů.

Byly testovány tři postupy odvození lineárního regresní-



Obr. 8 RR jsou průměrné relativní chyby  $RMSE$  modelu REG3 (relativní vzhledem k chybám NWP modelu) pro jednotlivé oblasti a pro oba typy výpočtu chyby  $RMSE(a,b)$  a  $RMSE(c,d)$ . Průměr je přes všechny délky předpovědi (+18, +24, +30, +36, +42 a +48 h.).

Fig. 8. Mean relative  $RMSE$  (RR; the ratio of  $RMSE$ s obtained by REG3 and the NWP model) for the river basins. The mean is calculated over all lead times (+18, +24, +30, +36, +42 a +48 hrs.).

ho modelu zaměřené na předpověď silných srážek. Vzhledem k omezenému rozsahu archivovaných dat byl vyvinut vždy jeden regresní model pro všechny oblasti, pro které se předpovídaly plošné srážky. Nejlepší výsledky v porovnávaných charakteristikách vykazoval model REG3, avšak i zbývající dva modely zlepšovaly přímou předpověď NWP modelu.

Zlepšení předpovědi lze rozdělit do dvou částí. Regresní postprocessingové modely zpřesňují předpověď nadprůměrných a vysokých plošných srážek. V průměru se chyba předpovědi sníží o přibližně 20 % pro průměrné plošné srážky  $\geq 1$  mm a o 15 % pro srážky  $\geq 5$  mm. Druhá a výraznější zlepšení předpovědi však spočívá v tom, že regresní modely korigují chybné předpovědi NWP modelu vysokých srážek. Pokud při verifikaci uvažujeme všechny předpovědi, kdy skutečnost nebo předpověď (regresního modelu nebo NWP modelu) přesáhne nebo je rovna prahovým hodnotám 1 mm a 5 mm, pak relativní zlepšení přesnosti předpovědi je 35 % a 45 %.

Zlepšení předpovědi aplikací regresních postprocessingových modelů ve srovnání s přímými výstupy ALADIN-LACE závisí na délce předpovědi a denní době a liší se pro jednotlivé oblasti. Rozdíly v úspěšnosti postprocessingu pro jednotlivé oblasti však nejsou zásadní a pohybují se do 15 %. Tato skutečnost potvrzuje, že použitý postup založený na přípravě jednoho statistického modelu pro všechny oblasti je vhodný. Výhodou přípravy jednoho regresního modelu pro všechny oblasti je výrazné zvětšení rozsahu dat, ze kterých je model vyvíjen. Lze dále předpokládat, že odvozený model se bude moci aplikovat i v okolních oblastech, které nebyly použity při vývoji modelu.

### Poděkování

Výsledky v tomto článku byly získány s podporou grantu GA AVČR S3042101. Autor děkuje ČHMÚ za poskytnutí radarových dat, srážkoměrných dat a výstupů s numerického modelu ALADIN-LACE, bez kterých by tato práce nemohla vzniknout. Autor též děkuje RNDr. D. Řezáčové, CSc. za

celou řadu cenných připomínek, které byly využity při přípravě textu. V neposlední řadě autor děkuje doc. RNDr. J. Kalvové, CSc., jejíž připomínky umožnily odstranit některé chyby a nepřesnosti v textu.

#### Literatura

- [1] ANTOLIK, M. S., 2000. An Overview of the National Weather Service's centralized statistical quantitative precipitation forecasts. *Journal of Hydrology*, Vol. **239**, s. 306–337.
- [2] ASHOK, K. – PARVINDER M. – SINGH, V., 1999. An operational model for forecasting probability of precipitation and yes-no forecast. *Weather and Forecasting*, Vol. **14**, s. 38–48.
- [3] BLUESTEIN, H. B., 1992. Synoptic-dynamic meteorology in midlatitudes. Volume I. Principles of kinematics and dynamics. Oxford: Oxford University Press. 431 s.
- [4] DALEY, R., 1991. Atmospheric data analysis. Cambridge: Cambridge University Press. 457 s.
- [5] ELSNER, J. B. – SCHMERTMANN, C. P., 1994. Assessing forecast skill through cross validation. *Weather and Forecasting*, Vol. **9**, s. 619–624.
- [6] GANDIN, L., S., 1963. Objective analysis of meteorological fields. Leningrad: Gidrometeorologicheskoe izdatel'stvo. 245 s.
- [7] GLAHN, H. R. – LOWRY, D. A., 1972. The use of model output statistics (MOS) in objective weather forecasting. *Journal Applied of Meteorology*, Vol. **11**, s. 1203–1211.
- [8] HALL, T., 1996. BRAINMAKER: A new approach to quantitative and probability of precipitation forecasting. NWS Southern Region Tech. Attachment SR/HSD 96-2, Scientific Service, Silver Spring, MD, 27 s.
- [9] HALL, H. E. – BROOKS, – DOSWELL, CH. A., III, 1999. Precipitation forecasting using neural network. *Weather and Forecasting*, Vol. **14**, s. 338–345.
- [10] HAVRÁNEK, P. – KRÁČMAR, J., 1996. New weather radar station in central Moravia. *Meteorologické Zprávy*, roč. **49**, s. 81–84.
- [11] HOU, D. – KALNAY, E. – DROEGEMEIER, K. K., 2001. Objective verification of the SAMEX '98 Ensemble Forecasts. *Monthly Weather Review*, Vol. **127**, s. 73–91.
- [12] CHARBA, J. P., 1998. The LAMP QPF product. Part I: Model development. *Weather and Forecasting*, Vol. **13**, s. 934–965.
- [13] KLEIN, W. H. – LEWIS, B. M. – ENGER, I., 1959. Objective prediction of five day mean temperature during winter. *Journal of Meteorology*, Vol. **16**, s. 672–682.
- [14] KNUEPFER, K., 1996. Methodical and predictability aspects of MOS systems. Preprints, 13<sup>th</sup> Conf. On Probability Statistics in Atmosphere Sciences. San Francisco: CA. Amer. Meteor. Soc., s.190–197.
- [15] KRZYSZTOFOWITZ, R., – DRZAL, W. J. – DRAKE T. R. – WEYMAN, J. C. – GIORDANO, L. A., 1993. Probabilistic quantitative precipitation forecasts for river basins. *Weather and Forecasting*, Vol. **8**, s. 424–439.
- [16] KULIGOWSKI, R. J. – BARROS, A. P., 1998. Localized precipitation forecast from a numerical weather prediction model using artificial neural networks, *Weather and Forecasting*, Vol. **13**, s. 1194–1204.
- [17] MURPHY, A. H., 1988. Skill scores based on the mean square error and their relationships to the correlation coefficient. *Monthly Weather Review*, Vol. **116**, s. 2417–2424.
- [18] SEO, D. J. – KRAJEWSKI, W. F. – AZIMI-ZONOZO, A. – BOWLES, D. S., 1990. Stochastic interpolation of rainfall data from rain gauge and radar using cokriging. 1. design of experiments. *Water Resources Research*, Vol. **26**, s. 915–924.
- [19] SIGREST A. A. – KRYSZTOFOWITZ R., 1998. Spatially averaged versus point precipitation in Monongahela basin: statistical distinctions for forecasting. *Weather and Forecasting*, Vol. **13**, s. 1063–1077.
- [20] SOKOL Z., 2003. MOS based precipitation forecasts for river basins. *Weather and Forecasting*. [ V tisku.]
- [21] VISLOCKY R. L. – YOUNG, G. S., 1989. The use of perfect prog. forecasts to improve model output statistics forecasts of precipitation probability. *Weather and Forecasting*, Vol. **4**, s. 202–209.
- [22] WILKS D. S., 1995: Statistical methods in the atmospheric sciences. Academic Press. 467 s.

Lektorka doc. RNDr. J. Kalvová, CSc., rukopis odevzdán v květnu 2003.

## VÝROČÍ POKROKŮ ČESKÉ BIOKLIMATOLOGIE

V tomto roce si připomínáme 80. výročí několika významných počínů v české, resp. československé bioklimatologii, které ukazují, jak se u nás poměrně brzy od vzniku samostatného státu rozmáhala věda. V roce 1923 byla zásluhou přednosty Agrometeorologické a pedologické sekce Moravského zemského výzkumného ústavu zemědělského v Brně a honorovaného docenta Vysoké školy zemědělské v Brně, Václava Nováka (1888–1967) a s přispěním jiných zemských výzkumných ústavů vybudována celostátní fenologická služba. Není pozoruhodné jen to, že patřila k nejstarším v Evropě (starší byla snad jen v Itálii z roku 1922), ale že nebyla zaměřena botanicky, nýbrž k zemědělským potřebám. Příčiněním V. Nováka a Josefa Šimka z brněnského pracoviště byly vydány první české fenologické ročenky nazvané „Fenologické pozorování na Moravě a ve Slezsku v r. 1923 a 1924“ (Zprávy výzkumných ústavů zemědělských, č. 16, Praha 1926. 72 s.), jejichž přílohou byly fenologické mapy. Mapy příchodu jara, počátku jarních polních prací a žitných žní sestavené na zákla-

dě fenologických dat z roku 1923 (měřítko 1 : 750 000), jsou první mapové dokumenty svého druhu u nás a znamenají tedy začátek naší fenokartografie.

Před 80 lety byly vydány také dvě závažné bioklimatologické publikace charakteru učebnic, jaké do té doby odborná veřejnost postrádala. Autorem knížky *Základy zemědělské meteorologie a bioklimatologie* (Publikace Ministerstva zemědělství, roč. 1923, č. 29, Praha 1923, 128 s.) byl Josef Kopecký (1865–1935), profesor Vysoké školy zemědělského a lesního inženýrství v Praze, spisu *Stručný nárys klimatologie a balneologie* (Příruční knihovna časopisu *Praktický lékař*, sv. 1, Praha 1923, 164 s.) Vladislav Mladějovský (1866–1935), profesor balneologie a klimatologie na Univerzitě Karlově v Praze. Úkolem obou příruček, vycházejících zajisté z přednášek obou učitelů, nebylo jen poskytnout texty jejich studentům, nýbrž obecně vzbudit zájem o nové obory a uvést do bioklimatologické problematiky zemědělské odborníky a praktické lékaře, kteří již působili v terénu.

Karel Krška

## TYCHO BRAHE (1546–1601) JAKO METEOROLOG

**Tycho Brahe (1546–1601) as a meteorologist.** A brief description is presented of the activities of Tycho Brahe and his „family“ in meteorology. Weather observations on the isle of Hven (today Ven) include the period from 1582–1597 with data on weather missing only in 2 % of all days. The observations were usually done by Tycho’s assistants or disciples. The sole instrument of those times was wind vane to detect wind direction (Fig. 4). The second part of the contribution is devoted to an analysis of T. Brahe’s entry into his copy of Regiomontannu’s Ephemerides about the severe winter of 1495/96 (Fig. 5).

**KLÍČOVÁ SLOVA:** meteorologie – historie – Dánsko

### 1. ÚVOD

Zakladatel moderní astronomie Tycho Brahe (1546–1601), jehož křestní jméno je známo spíše v latinizované podobě Tycho, je v povědomí české veřejnosti neodmyslitelně spjat s rudolfínskou Prahou. Ovšem tento slavný Dán nebyl pouze astronomem. Byl totiž výraznou osobností, která působila v široké části vědeckého spektra své doby. Proto je cílem tohoto článku nastínit jeho dosud poměrně málo známý přínos meteorologii, který nesporně převýšil příspěvek Tadeáše Hájka z Hájku [14, 15, 3], Rudolfova osobního lékaře a přírodovědce, na jehož naléhání velký astronom přijel do Prahy, aby zde prožil poslední dva roky života v císařových službách [21].

Tycho Brahe (obr. 1) měl několik důvodů, aby se zajímal o počasí a meteorologii vůbec. Za prvé věděl, že kvalita jeho pozorování oblohy závisí na atmosférických podmínkách. Za druhé, přestože jeho postoj k astrologii byl spíše skeptický, chtěl na základě sledování meteorologických jevů a jejich srovnávání s vydanými astrologickými prognózami verifikovat

spolehlivost astrometeorologických závěrů. Konečně zájem T. Brahe o jevy v atmosféře byl filozofického rázu. Pohlížel totiž na atmosféru jako na přechodnou zónu mezi světem nebeských těles a pozemskými jevy, proto shromažďoval denní meteorologická pozorování kvůli poznání, jaká je atmosféra ve skutečnosti a jaká je provázanost obou světů [19].

### 2. POČASÍ NA HVENU V LETECH 1582–1597

Tycho Brahe žil ještě v období před vynalezením hlavních meteorologických přístrojů – tlakoměru a teploměru. Jeho soustavná denní pozorování byla tudíž vizuální – s výjimkou měření směru větru na jeho observatoři Uraniborg pomocí větrné korouhve (směrovky). Význam tamních pozorování počasí spočívá jak v délce jejich trvání, tak v okolnosti, že byla prováděna na stejném místě, na ostrově Hven – dnes nazývaném Ven – v průlivu Öresund (obr. 2).

Dochovaný meteorologický deník byl poprvé editován in extenso v roce 1876, později jej zahrnul i do své edice Tychoňových sebraných spisů I. L. E. Dreyer a I. Raeder [6]. Ta se stala východiskem našeho rozboru.

Zdá se, že většině dosavadních badatelů unikalo, že řada pozorování z Hvenu je datována podle juliánského kalendáře. S přihlédnutím ke gregoriánské opravě o 10 dní pozorování počasí v deníku začíná 1.(11.) října 1582 a končí 22. dubna (2. května) 1597. Dánsko totiž přijalo nový kalendář až v roce 1700, zatímco Čechy již v roce 1584.

Rovněž není přesné tvrzení, že počasí bylo zaznamenáváno (pouze) dánsky. V tomto jazyce je první záznam k 1.(11.) říjnu 1582, který uvádí: „*Dopoledne zataženo a sucho, avšak odpoledne občas dešť a západní vítr*“ (obr. 3). Nelze však přehlédnout, že nemalou část tvoří také záznamy latinské a po několika dnech dokonce německé. Tak hned druhý den řady, 2.(12.) října 1582 následuje po dánském zápisu „*Děšť a silná bouře (vichřice) od západu po celý den*“ latinský dovětek: „*Za oné bouře se odehrála řada ztroskotání na pobřeží Skaane mezi Helsingorem a Landskronou*“ (přel. PhDr. L. Kysučan). Je nasnadě, že druhý poznatek musel být připojen dodatečně. Latinsky jsou dále četné přehledy počasí za období bez denních pozorování. Ve dnech 5.(15.) srpna až 5.(15.) října 1585 je pak meteorologický deník veden výhradně v latině.

Celkem je k dispozici bezmála 5 000 záznamů, z nichž 4 900 se váže k jednotlivým dnům. Pozorování počasí se postupně stávalo podrobnějším. Např. k 6.(16.) březnu 1595 čteme: „*Jihozápadní bouřlivé větry. Přeháňky a opět jasno. Led na pobřeží začal tát. Večer vítr ze západu a jasno celou noc. Led mizí pryč více a více.*“

Téměř patnáctiletá řada pozorování se nevyhnula občasným přerušením. Údaj o počasí chybí ve 109 dnech (2 % z celého období). Někdy byly každodenní záznamy nahraze-



Obr. 1 Anonymní portrét Tychona Brahe z roku 1598, vlepený do strahovského exempláře jeho spisu *Astronomiae instauratae mechanica*.

Fig. 1. Anonymous portrait of Tycho Brahe from 1598, stuck into the Strahov copy of his publication *Astronomiae instauratae mechanica*.



Obr. 2 Lokalizace ostrova Hven (dnes patříciho Švédsku s názvem Ven) a majákové lodi Drogden podle [7].

Fig. 2. Localization of the isle of Hven (belonging now to Sweden and named Ven) and the Drogden lightship according to [7].

ny stručným přehledem počasí za vícedenní období, což se týká 6 % všech dnů. Nejdelší přerušení je de facto od 1.(11.) května do 22. července (1. srpna) 1584, přestože údaje o počasí v deníku nechybí. Nejedná se totiž o pozorování z Hvenu, ale během expedice na Frombork ke zjištění zeměpisné šířky hvězdárny Mikuláše Koperníka.

Ačkoliv poslední záznam o počasí v deníku je z 22. dubna (2. května) 1597, z Hvenu je poslední pozorování z 21.(31.) března 1597: „Dosti značný severní vítr“. Po tomto zápisu v dánštině následuje latinská poznámka: „V dalších dnech bylo počasí proměnlivé, ale vzhledem k jiným povinnostem jsme ho nemohli ani pozorovat, ani zaznamenávat“ (přel. L. K.) Následné údaje o počasí od 11. do 22. dubna juliánského kalendáře se už nepochybně týkají Kodaně.

## 1<sup>o</sup> MUTATIONES AERIS INCIPIENTES MENSE OCTOBRI ANNI 1582.

- OCTOBER.
1. Mørcktt formiddag och tørt, men eftermiddag regn vnder tiden medt weiten bleif.
  2. Regn och weldig Storm then gantfke dag aff weiten. Illa tempestate non pauca sunt facta naufragia ad littora Scania inter Coroniam et Helsingoram.
  3. Medt mørcktt och klartt bebanditt medt stor storm aff Nordueft, dog minder Storm ind den forgangen dag.
  4. Mørcktt och klartt bebanditt, tørtt och fülle Norden wehr.
  5. Mørcktt och klartt bebanditt, tørtt medt fülle Norden wehr, dog imodt afftenen naagitt graeendis.
  6. Mørcktt och tørtt den gantfke dag medt fülle Norden wehr.
  7. Smucktt klartt och fülle Norden wehr om dagen, om afftenen Sudueft grae, och om natten regn.
  8. Mørcktt och tørtt medt temmelig grae aff Sudueft.
  9. Om morgenen Norden, siden vdt paa dagen weften, naagitt graeendis och mørcktt den gantfke dag.
  10. Formiddag klartt och fülle Norden, om eftermiddagen naagitt mørckere medt fülle weften. Om Natten bleif.
  11. Mørcktt och tørtt den gantfke dag medt temmelig bleif aff veftfudueft. ||
  12. Mørcktt och tørtt den gantfke dag medt fterck Synden bleif.
  13. Mørcktt medt fterck Synden grae den gantfke dag, om eftermiddag regn.
  14. Mørcktt och tørtt inthill imodt afftenen, siden klartt medt graeendis nordueft.
  15. Mørcktt medt fterck Øften werd, om eftermiddagen och om natten regn.
  16. Mørcktt den gantfke dag medt famne wærendis Øften bleif, och fachte regn iblant.
  17. Mørcktt och tørtt then gantfke dag medt lempelig grae aff Veften.
  18. Mørcktt och klartt bebanditt tørtt medt fülle weften wehr.
  19. Mørcktt och fachte regn iblant medt storm aff Sudoft.
  20. Mørcktt och tørtt medt temmelig Sudoft windt.
  21. Smucktt klartt och Sudueft om formiddagen, om eftermiddagen mørcktt och klartt huerandenfund medt Synden bleif.
  22. Mørcktt och tørtt den gantfke dag, dog om formiddagen naagitt klartt, medt fterck Synden bleif, om afftenen regn.
  23. Mørcktt den gantfke dag medt regn och taage iblantt och Sudueft.
  24. Mørcktt inthill imodt middag, siden klart then gantfke dag, medt smucktt fülle Nordueft, om afftenen naagen tijdt lang mørcktt och weften, siden klartt och Nordueft igjen. ||
  25. Smucktt klartt och fülle Nordueft then gantfke dag.
  26. Mørcktt och tørtt den gantfke dag medt storm aff Veften, om afftenen naagitt klartt.
  27. Førft om formiddagen mørcktt, siden klartt den gantfke dag, och fülle nordueft.
  28. Mørcktt och tørtt den gantfke dag medt temmelig grae aff Veften, om formiddagen naagen tijdt lang taagitt.
  29. Mørcktt och tørtt medt Sudueft wind.
  30. Mørcktt och tørtt den gantfke dag medt weften bleif.
  31. Mørcktt dagen ygiennom, om afftenen filde regn, medt idelig storm aff veften och Sudueft.

NOUEMBER.

Obr. 3 První strana Tychonova meteorologického deníku z edice [6].

Fig. 3. Front page of Tycho's meteorological diary from the edition [6].

## 3. VĚTRY NA HVENU A JEJICH MĚŘENÍ

O jediném meteorologickém přístroji na Uraniborgu, větrné korouhvi (obr. 4) se v Tychonově spise Přístroje obnovené astronomie píše: „Na věži byl umístěn pozlacený Pegas, který otáčivým ukazatelem pod stropem nejvýše umístěného pokoje ukazuje, odkud vanou větry“ [2, 10].

Není známo, kde se Tycho Brahe pro zhotovení a instalaci tohoto přístroje inspiroval. Jisté je, že jednoduché větrné korouhve užívali při svých plavbách již Vikingové, což by mluvílo pro skandinávskou tradici. Na jihu Evropy znal větrnou korouhev s osou prodlouženou do místnosti a s ukazatelem směru větru již v 1. stol. př. Kr. polyhistor M. T. Varro [11, 22].

Zajímavou časovou shodou je, že v roce 1578, tedy v době výstavby Tychonovy observatoře, vyšel v italské Boloni spis E. Dantiho, obsahující popis zdokonalené větrné korouhve: jednoduchý převod umožňoval umístit větrnou růžici s ukazatelem směru větru na stěnu místo na strop. Nelze však doložit, že T. Brahe Dantiho spis znal.

Pro dějiny české meteorologie je významné, že právě v době pozorování směru větru na Hvenu, v r. 1585, nechal zřídit větrnou korouhev na svém zámku v Bechyni v jižních Čechách Petr Vok z Rožmberka (1539–1611). Protože se přístroj nedochoval, nemůžeme vyloučit, že se jednalo o vylepšenou Dantiho verzi. Nový poznatek k problematice zájmu Petra Voka o sledování větru přinesla práce A. Stejskala [26]. Jedna z položek inventáře rožmberské kunstkomory (de facto muzea) totiž uvádí: „Ein Quadrangl in einem Compas undt windt wierbl in schwarz Ebn holz gessetz 1 Stk.“, neboli blíže neznámé přístroje zasazené do černého ebenového dřeva. Položka inventáře, který vznikl až po smrti posledního Rožmberka v roce 1611, evokuje totiž souvztažnost se zmínkou kronikáře Březana ke zmíněnému roku 1585 o aristokratově zálibě v přístroji na „měření větru“. Mohlo se jednat o jakýsi „větrný mlýnek“ pro kvalitativní indikaci změn rychlosti větru, tedy o anemoskop, který byl primitivním předchůdcem miskového anemometru, jehož vynalezení je datováno rokem 1846. Přitom první známé anemometry, počínaje přístrojem R. Hooka z r. 1667, byly založeny na zcela odlišném principu – vychylování lehké desky tlakovým účinkem větru ze svislé polohy.

Z předběžné analýzy směru větru, pozorovaných na Uraniborgu, vyplývá, že jich bylo rozlišováno zpočátku 8 a až později 16. Kromě směru uváděných pomocí světových stran se v latinské části deníku od srpna do října 1585 setkáváme s dobovými názvy větrů; s kombinací obou způsobů se lze setkat jen málokdy.

V zájmu poznání dobových meteorologických znalostí jsme uspořádali názvy větrů z Tychonova deníku ve směru chodu hodinových ručiček počínaje severem a s jejich identifikací v závorce: Boreas (N), Vulturus (NE), Subsolanus (E), Euronotos (SE), Notos (S nebo SSE), Austroafricus (SSW), Libonotos nebo Zephyrus (W), Corus (WNW nebo NNW), popř. Caurus (NW). Jde o zajímavou směs názvů z větrné růžice latinské a řecké, přičemž tři z větrů jsou z 24dílné větrné růžice římského vojenského stavitele Polia Vitruvia z doby Caesarovy a Augustovy [11, 13]. Lze proto vyslovit domněnku, že Tycho Brahe a jeho stavitel znali Vitruviův spis Deset knih o architektuře a využili jeho poznatků při projektování i stavbě observatoře Uraniborg.

Pozorování směru větru bylo v éře plachetnic důležité i pro dopravu na Hven a v Öresundu vůbec. Svědčí o tom i latinská poznámka z roku 1593: „Téměř po celé tyto dva týdny (8. - 22. září juliánského kalendáře) bylo téměř stejné počasí“ [6].

si, totiž mlhavo a deštivo, přičemž vanul silný Zefýr (W) a Caurus (NW). Takže i lodě, které měly plout do Kodaně, byly na několik dní zadrženy v Helsingoru“ (přel. L. K.)

#### 4. METEOROLOGOVÉ NA URANIBORGU

Běžně se mluví o meteorologickém deníku Tychona Brahe, ale přitom není dodnes jasné, do jaké míry se na pozorování počasí osobně podílel. Podle [16, 23] vedli deník jeho asistenti Olsen a Goldschmidt. To lze nyní upřesnit na základě údajů z monografie J. R. Christiansona [12].

První ze zmíněných asistentů, Elias Olsen Morsing (1550?–1590) byl astronomem i meteorologem. Když přišel na jaře 1583 na Hven, pověřil ho Tycho meteorologickým pozorováním, které poté prováděl od dubna 1583 do dubna 1589.

Jméno druhého uváděného pozorovatele - Goldschmidt - se však překvapivě v deníku vůbec nevyskytuje. Jediné vysvětlení je, že se jednalo o přezdívkou Hanse Crola, Tychonova zlatníka a mechanika, označovaného také Johannes Aurifaber. Ten vedl v letech 1586–1590 astronomické deníky. Koncem roku 1591 na Hvenu zemřel. Kdo však řadu pozorování zahájil a kdo ji ukončil?

Od října 1582 velmi pravděpodobně pozoroval počasí Peter Jacobsen Flemlöse (1554–1598), který byl v Tychonových službách v letech 1577–1588 a byl považován za jeho nejspolehlivějšího asistenta - mj. i v meteorologii. Když v roce 1588 požádal král Frederik II. o vypracování příručky o předpovídání počasí, pověřil Tycho jejím sestavením právě Flemlöseho. Do publikace, založené na astrometeorologických pravidlech a vydané na Hvenu o tři roky později, napsal sám pouze předmluvu. Příručka měla panovníkovi, mecenáši vědy, demonstrovat praktickou aplikaci meteorologického bádání na Uraniborgu.

V dubnu 1590 se zřejmě stal příležitostným pozorovatelem německý student Sebastian Borussus, protože počasí bylo po několik dní zaznamenáváno německy. Ten také asi přeložil Flemlöseho příručku do němčiny.

Konečně v 90. letech pozoroval počasí pravděpodobně Christian Sörensen Longomontanus (1562–1647). V Tychonových službách byl v letech 1589–1597 na Hvenu a 1600–1601 v Čechách. Mluví se o něm jako o praktickém astronomovi, jehož instruktorem po příchodu na Uraniborg byl právě výše zmíněný Elias Morsing. Longomontanovi také diktoval Tycho svou předmluvu k Flemlöseho astrometeorologické příručce.

Nezodpovězena však zůstává otázka osobního Tychonova podílu na meteorologickém pozorování, protože odpověď není snadná. Je nutno mít na paměti, že velkému dánskému astronomovi se podařilo na Hvenu realizovat týmový výzkum v dnešním pojetí. Byl hnací silou všech událostí: zastával roli administrátora, iniciátora projektů, autora i hlavního dohlizitele na hladký chod práce observatoře. Mnoho každodenní vědecké práce padlo na ramena jeho „familie“ žáků a řemeslníků pod vedením starších asistentů. Dnes bychom asi tamní výsledky prezentovali autorsky jako práce Tychona Brahe a kolektivu. Takže soudíme, že Tycho sám se na každodenním pozorování počasí přímo nepodílel, mohl být však autorem některých latinských záznamů.

T. Brahe si byl dobře vědom vlivu počasí na astronomická pozorování. V zájmu potlačení jeho vlivu vybudoval na ostrově druhou observatoř Stjerneborg, kde již byly astronomické přístroje umístěny pod úroveň terénu, aby se snížil stálý vliv větru (chvění) i kolísání teplot venkovního vzduchu.



Obr. 4 Mědirytina Uraniborgu s větrnou korouhví na střeše hlavní věžičky podle [10].

Fig. 4. Copper-engraving of Uraniborg with a wind vane of the roof of the main turret according to [10].

O tom, jak počasí ovlivňovalo práci astronomů, se podařilo najít dvě latinské poznámky z léta 1585 a 1592.

Tak k 17. (27.) srpnu 1585 v deníku čteme, že „Slunce nebylo dostatečně pozorovatelné“ kvůli obloze většinou zakryté mraky. A za dánským zápisem o počasí 23. července (2. srpna) 1592 následuje latinská poznámka: „V následujících dnech až do 2. (12.) srpna 1592 nejsou zaznamenány žádné změny počasí ani větru. V jednotlivých dnech totiž přetrvávalo téměř stejné maximálně teplé (horké) počasí a nevanuly žádné větry. Věřím, že Mars se blížil ke Slunci v souhvězdí Lva. Navíc byly všechny tyto dny bezoblačné, čímž nastal takový sluneční žár, že jsme se - chťějice pracovat na astronomických výpočtech - stáhli z badatelný do observatoře pod zemí a do stínu“ (přel. L. K.).

Dokladem vážného zájmu Tychona a jeho „familie“ o jevy mezi nebem a zemí jsou i pozorování polárních září - např. 12.(22.) prosince 1584 s náčrtem. Podobně byly předmětem pozorování halové jevy - např. kolem Slunce 14.(24.) února 1593 nebo kolem Měsíce 11. (21.) února 1589 rovněž s náčrty.

V roce 1585 pověřil Brahe Morsinga sestavením astrometeorologického kalendáře (almanachu) pro příští rok. Jeho rukopis byl již předán do tamní tiskárny, když byla v říjnu 1585 pozorována kometa. Proto byl ještě ke kalendáři připojen dodatek o této kometě spolu s astrologickým předpovídáním jejího významu, který psal zčásti sám Tycho. Publikace byla sice vydána pod Morsingovým jménem, avšak její výtisky pak rozesílal Tycho Brahe svým učeným přátelům v Evropě.

Tadeáš Hájek z Hájku (1525–1600), Tychonův přítel z Prahy, považoval rovněž astrometeorologii, nehledě k jejím neúspěchům, za matematickou vědu a sám také na jejím základě sestavoval předpovědi počasí. V Čechách pak astrometeorologie vyvrcholila, ale také víceméně skončila s Johannem Keplerem (1571–1630), druhým věhlasným astrono-

mem, spjatým s rudolfinskou Prahou. V jejich době měl astrometeorologický přístup svůj vědecký význam. Spočíval v pozorování skutečného počasí a jeho porovnávání s počasím předpovědaným [14]. Nebo se astronomové snažili dodatečně vysvětlit povětrnostní extrémy na základě zpětné rekonstrukce vzájemného postavení planet, což se např. týká tuhé zimy 1495/6.

### 5. TYCHO BRAHE O ZIMĚ 1495/6

Ve fondech Strahovské knihovny se nachází prvotisk efemerid Johanne Regiomontana pro období 1492–1506 [25]. Kniha nese na foliu a2 vlastnický vpisek „Collegii Caesarei Societatis JESU Pragae Anno 1642“ a „Ex bibliotheca Tichoniana“, což znamená, že se nacházela v soukromé knihovně dánského astronoma Tycho Brahe, po jehož smrti se dostala do knihovny jezuitské koleje v pražském Klementinu. V efemeridách je na foliu 75v, na nepotištěné straně na závěr roku 1495 vepsán latinský příspěvek o počasí v severním Německu a Dánsku (obr. 5). První otázka, kterou jsme si logicky položili, byla, zda jeho autorem je opravdu Tycho Brahe. Podle našeho nového rozboru a srovnání s prokazatelně Tychonovými zápisy v jiných publikacích [19] jsme přesvědčeni, že poznámka o zimě 1495/6 je psána s největší pravděpodobností jeho rukou.

Přípisku v efemeridách si poprvé povšiml strahovský knihovník Cyril Straka v roce 1913 [27]. Uplynulo však více než 80 let, než bylo toto tychonianum dvakrát znovu připomenu-

to: jednak z hlediska kulturně-historického [20], jednak při pokusu využít jeho údaje pro rekonstrukci historického počasí a klimatu v Čechách [3]. Meteorologická interpretace Tychonovy poznámky je však poněkud složitější, než by se zdálo na první pohled. Sestává z několikařádkového textu a astrologického zápisu polohy planet. Protože jeho originální latinskou edici spolu s překladem do angličtiny jsme již publikovali jinde [19], uvedeme pouze překlad do češtiny:

„Tato zima v době zimního slunovratu byla vyplněna tak tuhými mrazy a takové spousty sněhu se všude nahromadily, že lidé na saních pohodlně konali cestu přes nejvyšší střechy/vrcholky selských chalup. A v následujícím létě přišla převeliká nákaza, všeobecně nazývaná francouzský svrab, Němcům a Dánům do té doby nejen neznámá, ale ani neslýchaná, a ta postihla mnoho tisíc lidí. Bylo to přičinou toho, že se všechny planety nacházely v studených a vlhkých znameních, a to obzvláště po vstupu Slunce do počátku zimního slunovratu, z čehož se dá vyvodit jistá předpověď mrazu a hojnosti sněhu. Vzácný případ.“

Slunce ve znamení Kozoroha - studeno a sucho,  
Měsíc ve znamení Štíra - studeno a vlhko,  
Saturn ve znamení Ryb - studeno a vlhko,  
Jupiter ve znamení Štíra - studeno a vlhko,  
Mars ve znamení Ryb - studeno a vlhko,  
Venuše ve znamení Vodnáře a Kozoroha - vlhko,  
Merkur ve znamení Kozoroha - studeno a sucho.

Po řešení otázky Tychonova autorství astrologického vysvětlení extrémně tuhé a sněžné zimy jsme si položili ještě další otázku: týká se zápis opravdu konce roku 1495, když se tento slavný astronom narodil až o půl století později? Nevztahuje se snad jeho poznámka k roku 1595, tedy k období meteorologických pozorování na Hvenu?

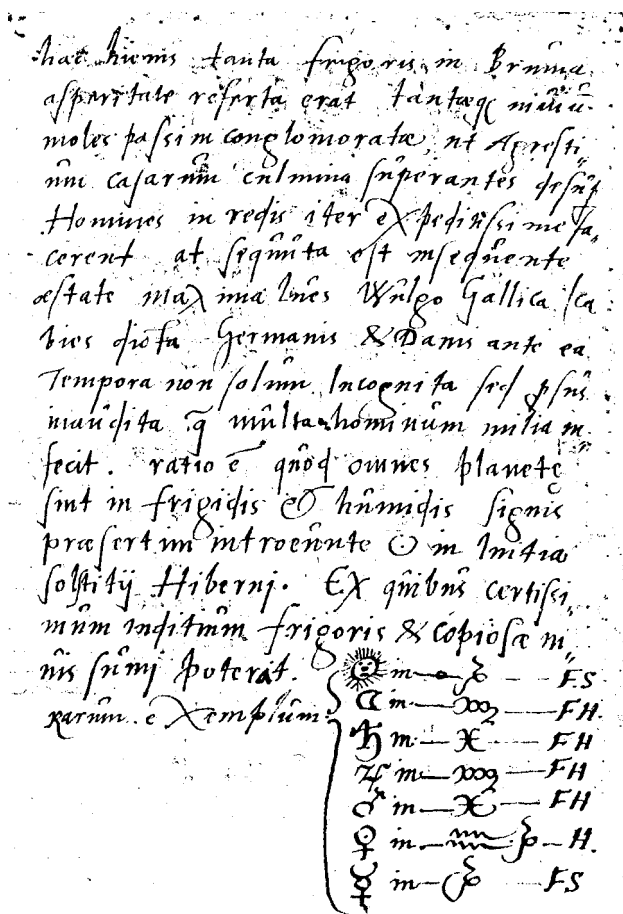
Není ani dnes nic neobvyklého, že si vlastníci knih píší do starých kalendářů nebo jiných knih poznámky ze své současnosti. Protože však záznamy o počasí na Uraniborgu byly řadu let vedeny v samostatném meteorologickém deníku, neměl Tycho žádný důvod pro to, aby si údaje vztahující se k zimě 1595/6 poznamenal do sto let starých efemerid.

Pokusili jsme se tedy doložit z jiných pramenů, jaká byla v Německu, popř. v Dánsku zima 1495/6. Podle [9] byla skutečně velmi tuhá. Sněhová pokrývka v Německu ležela již v listopadu 1495 a velmi chladno bylo od Vánoc až do března 1496. V únoru 1496 byly mrazy tak velké, že se Gdaňská zátoka pokryla ledem a z města Gdaňsk se mohlo na poloostrov Hel jezdit po ledě.

Na západě bylo možné cestovat na saních mezi Pomořany a dánskými ostrovy Falster a Mön. Na severovýchodě umožnil zamrzlý Finský záliv ruskému vojsku úspěšně zaútočit z moře na obránce přístavního města Vyborg [8, 17, 28].

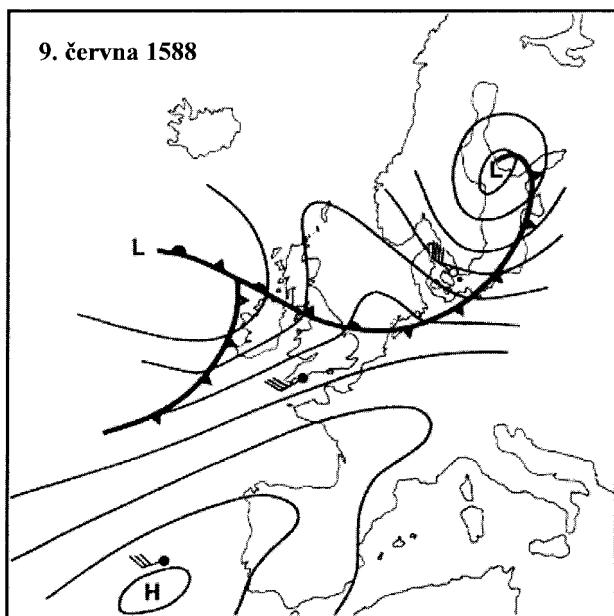
Tycho Brahe musel tedy získat informace o zimě před stolety z historických dokumentů a zajímal se o tento extrém z astrometeorologického hlediska. Pro zimu 1495/6 ostatně mluví také rekonstrukce poloh planet, kterou provedl RNDr. J. Hollan. Až na malou odchylku polohy Měsíce se postavení planet, uváděné v Tychonově zápisu, jednoznačně týká zimního slunovratu 1495. Také velká nákaza pohlavními nemocemi, o níž se v textu hovoří a která byla do té doby u Němců a Dánů neznámá, nepochybně zasáhla tuto část Evropy podle znalce dějin medicíny, doc. dr. P. Svobodného, již koncem 15. století, nikoliv až o celých sto let později.

V každém případě je mylný názor Brázdila a Kotyzy [3], že Tychonův záznam se týká počasí kolem 21. prosince 1495 v Čechách, který vychází ze skutečnosti, že Regiomontanovy



Obr. 5 Stránka z Regiomontanových efemerid [25] se zápisem o zimě 1495/96.

Fig. 5. The page from Regiomontanus's Ephemerides [25] with the entry on the winter 1495/96.



Obr. 6 Rekonstrukce synoptické situace z 9. června 1588 podle gregoriánského kalendáře s využitím shrnutých pozorování na Hvenu: Původní JV vítr s deštěm počátkem dne se stočil na SZ a zesílil, později zeslábl [5]. L = tlaková níže, H = tlaková výše.

Fig. 6. A reconstruction of the synoptic situation for 9 June 1588 of the Greg. Calendar with the use of summarized observations from the isle of Hven: The original south-eastern wind with rain turned to the North-West at the beginning of the day and got stronger; later weakened [5]. L = Low, H = High.

efemeridy se dochovaly v pražské knihovně, a tudíž zachycují počasí v naší oblasti. O průběhu zimy 1495/6 v Čechách jsou zatím známy jen dvě kronikářské zprávy: o celodenní mlze v Praze 11. ledna 1496 a o tom, že se po 29. lednu 1496 v celém okolí tohoto města pro silné mrazy a ledovou pokrývku na tocích zastavily vodní mlýny a stály po celý únor [24].

## 6. VÝZNAM TYCHONOVA METEOROLOGICKÉHO ODKAZU

Dochovaná řada pozorování počasí z ostrova Hven v Öresundu z konce 16. století, kterou nám zanechal Tycho Brahe a jeho spolupracovníci, nemá pouze kulturněhistorický význam. Málo je známo, že během posledních 120 let pomohla k dílčím rekonstrukcím počasí i poznání klimatu nejen severní Evropy v minulosti.

Např. Betin a Preobraženskij [1] se ve svém přehledu tuhosti zim a ledových poměrů v Baltském moři od roku 177 př. Kr. pro roky 1583–1596 opírají právě o údaje z Uraniborgu.

V 70. letech minulého století rekonstruovali odborníci z univerzity v Norwichi pod vedením H. H. Lamba počasí a synoptické situace v Evropě od května do října 1588 mj. také s pomocí dochovaných meteorologických pozorování na Hvenu (obr. 6). Jejich cílem bylo posoudit, jak počasí ovlivnilo španělsko-anglickou námořní válku o nadvládu nad mořem, která jak známo skončila porážkou španělských útočníků [5].

Pokud jde o klimatické poměry v Öresundu, v Tychonově době převládaly podle pozorování z Hvenu jihovýchodní větry. Podle meteorologických pozorování z konce 19. století na místě, kde stávala observatoř Uraniborg, byly po většinu měsíců v roce nejčtenější větry jihozápadní. To by patrně odpovídalo i jinému rozložení tlakových útvarů koncem 16. století než v současnosti: čtenějšímu výskytu anticyklon nad

Fennoskandií a posunutí drah cyklon na jih, takže by měly být na severu tužší zimy. Podle odhadu Ekholma [16] byl zde tehdy chladnější únor asi o 1,4 °C a březen o 1 °C než o 300 let později.

Na okraj dodejme, že v letech 1675–1715, tedy v době tzv. Maunderova minima, byly v Öresundském průlivu mezi Skandinávským poloostrovem a ostrovem Sjaelland podle rekonstrukce z četných lodních deníků v letním období nejčtenější větry západní, které převládaly podle pozorování na majákové lodi Drogden (obr. 1) i v létě v období 1951–1980 [7].

Co říci závěrem? Že největšímu astronomovi 2. poloviny 16. století, který je pochován v Týnském chrámu na Staroměstském náměstí v Praze, patří vedle zásluh o jeho hlavní obor také zásluhy o meteorologii, i když menším, nicméně pozoruhodným dílem. Jeho meteorologický odkaz je dodnes aktuální a není přitom podstatné, že z doby jeho působení v Čechách se už žádná jeho pozorování počasí nedochovala.

### Literatura

- [1] BETIN, V. V. – PREOBRAŽENSKIJ, JU. V., 1962. Surovost zim v Evrope i ledovist Baltiki. Leningrad: Gidrometeoizdat. 109 s.
- [2] BRAHE, T., 1598. Astronomiae instauratae mechanica. Wandesburgi. Strahovská knihovna Praha, sign. A6 XI 56.
- [3] BRÁZDIL, R. – KOTYZA, O., 1995. History of weather and climate in the Czech Lands I: Period 1000-1500. *Zürcher Geographische Schriften*, H. 62, s. 251.
- [4] BRÁZDIL, R. – KOTYZA, O., 1996. Tadeáš Hájek z Hájku a jeho meteorologická pozorování v letech 1557–1558. *Meteorologické Zprávy*, roč. 49, č. 3, s. 85-89.
- [5] DOUGLAS, K. S. – LAMB, H. H. Weather observation and tentative meteorological analysis of the period May to July 1588. Univ. of East Anglia, Norwich, 38 s. + příl.
- [6] DREYER, I. L. E. – RAEDER, I., 1927. Tychonis Brahe Dani Opera omnia, Vol. 9, s. 1-146. Hauniae.
- [7] FRYDENDAHL, K. – FRICH, P., 1996. 50,000 weather observations from Danish logbooks 1675-1715. In: Pedersen, E. S., ed.: North European climate data in the latter part of the Maunder Minimum period A. D. 1675-1715, s. 27-31. Stavanger.
- [8] GIRGUŠ, R. et al., 1966. Wyjatki ze źródel historycznych o nadzwyczajnych zjawiskach hydrologiczno-meteorologicznych na ziemiach polskich w wiekach od X. do XVI. Warszawa, s. 87-89.
- [9] GLASER, R., 2001. Klimageschichte Mitteleuropas. 1000 Jahre Wetter, Klima, Katastrophen. Darmstadt: Primus Verlag, s. 82.
- [10] HADRAVA, P. – HADRAVOVÁ, A., edit., 1996. Tychonis Brahe Astronomiae instauratae mechanica - Přístroje obnovené astronomie. KLP Praha, s. 150-155.
- [11] HRUDIČKA, B., 1928. Kapitoly z meteorologie. Velké Meziříčí, s. 199-200.
- [12] CHRISTIANSON, J. R., 2000. On Tycho's Island. Tycho Brahe and his assistants 1570-1601. Cambridge: Cambridge Univ. Press. 451 s.
- [13] KÖRBER, H.-G., 1987. Vom Wetteraberglauben zur Wetterforschung. Leipzig, s. 65.
- [14] KRŠKA, K., 2000. Tadeáš Hájek z Hájku jako meteorolog. In: Drábek, P., ed.: Tadeáš Hájek z Hájku. Praha, s. 61-66.
- [15] KRŠKA, K. – ŠAMAJ, F., 2001. Dějiny meteorologie v českých zemích a na Slovensku. Praha: Karolinum. 564 s.
- [16] LENKE, W., 1968. Das Klima Ende des 16. und Anfang des 17. Jahrhunderts nach Beobachtungen von Tycho de Brahe auf Hven, Leonhard III. Treuttwein in Fürstenfeld und

- David Fabricius in Ostfriesland. *Berichte D. Deutschen Wetterdienstes*, Nr. 110, 49 s.
- [17] LINGDRÉN, S. – NEUMANN, J., 1982. Crossing of ice-bound sea surface in history. *Climatic Change*, roč. **26**, s. 71–97.
- [18] MUNZAR, J., 1994. Počátky systematických vizuálních pozorování počasí. In: Krška, K., Šamaj, F.: Kapitoly z dějin meteorologie v českých zemích a na Slovensku. *Meteorologické Zprávy*, roč. **47**, č. 6, příloha s. 27–28.
- [19] MUNZAR, J. – PÁŘEZ, J., 2002. Tycho Brahe as a meteorologist. In: Christianson, J. R. et al., edit.: Tycho Brahe and Prague: Crossroads of European science, s. 360–375. H. Deutsch 2002.
- [20] PÁŘEZ, J., 1996. Tychoniana ve Strahovské knihovně. In: Příspěvky ke knihopisu 11, Praha, s. 89–96.
- [21] PÁŘEZ, J., 2001. Tycho Brahe, observatoř Uraniborg na ostrově Hven a Čechy. *Dějiny a současnost*, č. 6, s. 8–12.
- [22] PEJML, K., 1975. 200 let meteorologické observatoře v pražském Klementinu. Praha: Hydrometeorologický ústav, s. 12–12.
- [23] PFISTER, CH. et al., 1999. Daily weather observations in sixteenth century Europe. *Climatic Change*, roč. **43**, s. 126.
- [24] PORÁK, J. – KAŠPAR, J., edit., 1980. Ze starých letopisů českých. Praha: Svoboda, s. 272–273.
- [25] REGIOMONTANUS, I.: Almanach ad annos xv accuratissime calculata 1492–1506. Strahovská knihovna Praha, sign. AG VII 84.
- [26] STEJSKAL, A., 2001. Rožmberská a švaberská kunstkamera na počátku 17. století a její inventář. In: Archivum Trebonense, Státní oblastní archiv v Třeboni, s. 66–85.
- [27] STRAKA, C., 1913. Zápis Tycho Brahe v knihovně Strahovské. *Čas. českého musea*, s. 382–384.
- [28] WEIKINN, C., 1958. Quellentexte zur Witterungsgeschichte Europas von der Zeitwende bis zum Jahre 1850. Bd. I: Hydrographie, Teil 1, s. 457–458. Berlin: Akademie Verlag.

Lektor RNDr. Karel Krška, CSc., rukopis odevzdán v lednu 2003.

## ING. IVAN KOTT – 60 LET

Dne 18. srpna 2003 se dožil v plné svěžesti šedesátiletý inženýr Ivan Kott. Rodák z Mělníka, kde žil až do roku 1958, kdy se rodina přestěhovala do Prahy. Po absolvování jedenáctileté střední školy vystudoval na Agronomické fakultě Vysoké školy zemědělské meliorační obor. Studium ukončil v roce 1965 obhájením diplomové práce Hydrologická studie rybníční soustavy Zbirožského potoka a státní zkouškou s vyznamenáním.

Okamžitě po ukončení VŠZ Praha začal od 1. 7. 1965 pracovat v HMÚ (ČHMÚ) jako agrometeorolog, nejprve v bývalém odboru klimatologické služby v Praze-Smíchově, kde v sedmdesátých letech několikrát zastupoval vedoucího skupiny agrometeorologie a po dočasném přidělení na agrometeorologickou observatoř Doksany, kde prováděl pedologický výzkum, nastoupil od prosince 1979 do operativních informací v Praze-Komořanech. V současné době pracuje v oddělení biometeorologických aplikací odboru klimatologie.

Od počátku svého působení spolupracoval na klimatologických studiích regionů České republiky a mezinárodních agroklimatických projektech. Účastnil se ambulantních měření mikrometeorologických podmínek v porostech různých zemědělských plodin na experimentálních pozemcích Výzkumného ústavu rostlinné výroby v Praze 6-Ruzyni (VÚRV) a observatoře Doksany. V sedmdesátých letech prováděl gamaskopická a neutronová měření vlhkosti půdy a tepelné vodivosti na VÚRV a Výzkumném ústavu závlahového hospodářství. V roce 1980 založil novou výtvarnou podobu infor-

mačního bulletinu Agrometeorologický zpravodaj, která s menšími úpravami přetrvala dodnes.

V průběhu let 1982–1984 spolupracoval na výzkumu znečištění životního prostředí s podnikem Stavební geologie, pro který vytvořil model experimentálního území Samšín (sklolaminát a nerezová ocel). V letech 1985–1987 se účastnil postgraduálního studia Ochrana a tvorba životního prostředí ve vodním hospodářství. Studium ukončil obhájením závěrečné práce na téma Vybrané prvky půdního klimatu a možnosti jejich využití v rámci operativních služeb ČHMÚ.

Významná je i jeho publikační činnost – uveřejnil více než dvacet odborných prací, počínaje článkem Hodnocení signalizace plísně bramborové v letech 1967–1968 (*Meteorologické Zprávy*, 1969, roč. 22), až po odborná vystoupení na semináři v nizozemském Wageningen v letošním roce (viz článek Mezinárodní konference Challenging Times v tomto čísle *Meteorologických Zpráv*).

Již od útlého mládí projevoval umělecké sklony: v dalším hudebním vzdělávání (hra na housle, základy komponování hudby) mu zabránil úraz krční páteře, a tak přesunul své zájmy k výtvarné činnosti. O tom svědčí i to, že absolvoval kurz uměleckého osvětlování pro výtvarnou fotografii a film. V letech 1974–1976 absolvoval kurz malby zátiší a krajinomalby a v letech 1977–1979 kurz kresby a malby portrétu a postavy.

Přejeme jubilantovi, aby alespoň v dosavadním tempu a s tímtež elánem dokončil vše, co si předsevzal, zejména aby mohl předat „digitalizovanou štafetu“ mladším kolegům bez ztráty květiny.

Jiří Nekovář



## PŘEDPOVĚDNÍ SYSTÉM ECMWF, PRODUKTY A JEJICH VYUŽITÍ V PŘEDPOVĚDNÍ SLUŽBĚ ČHMÚ

### 1. ÚVOD

Evropské centrum pro střednědobou předpověď (European Centre for Medium Range Weather Forecast, ECMWF) je produktem stoletého vývoje dynamické a synoptické meteorologie a padesátiletého vývoje numerických předpovědí počasí [1]. Myšlenka jeho vzniku se objevila v 60. letech, kdy se na základě zkušeností s krátkodobou předpovědí a klimatologickou simulací někteří odborníci poprvé pokusili vytvořit střednědobou předpověď počasí. Centrum bylo zřízeno v roce 1973 členskými zeměmi tehdejší EU a bývalou Jugoslávií. Na platformě multinacionální kooperace umožňují společné financování nákladné činnosti (zejména vysoce výkonného superpočítače) a zároveň i sdílení kapacit odborníků-modelářů z členských zemí. Jedině tak se ECMWF daří produkovat kvalitní objektivní střednědobé meteorologické předpovědi a další informace. V současné době je v centru soustředěno 18 členských zemí (Belgie, Dánsko, Finsko, Francie, Holandsko, Irsko, Itálie, Lucembursko, Německo, Norsko, Portugalsko, Rakousko, Řecko, Španělsko, Švédsko, Švýcarsko, Turecko, Velká Británie). Smlouvu o spolupráci (přidružené členství) uzavřely Česká republika, Chorvatsko, Island, Maďarsko, Slovinsko, Srbsko a Černá Hora a dále Světová meteorologická organizace (WMO), Evropská organizace pro využití meteorologických družic (EUMETSAT) a Africké centrum meteorologických aplikací (ACMAD). V ECMWF pracuje přibližně 230 zaměstnanců, roční rozpočet je kolem 25 milionů liber. Operativní předpovědi jsou počítány od roku 1979, ansámblové od roku 1992.

V průběhu minulého roku měli někteří pracovníci ČHMÚ možnost zúčastnit se vybraných školicích kurzů pravidelně pořádaných evropským centrem. Kurzy umožnily podrobnější seznámení nejen se samotnými výstupy ECMWF a jejich použitím v předpovědní praxi meteorologa, ale i s předcházející přípravou dat pro výpočet výchozí analýzy, operativním modelem pro deterministickou předpověď, systémem ansámblových předpovědí, verifikací, předpovědi nebezpečných jevů a sezonními předpovědi.

Účast zároveň umožnila podívat se do fungování špičkového předpovědního pracoviště a výměnu názorů s delegáty kurzu z jednotlivých meteorologických služeb v Evropě o zkušenostech a nových praktických poznatcích z této oblasti včetně možnosti jejich využití. Význam a přínos členství v ECMWF je nutné vysvětlit odborníkům v ČHMÚ i širší zainteresované veřejnosti. S novými produkty a metodami předpovídání se musejí hlavně seznámit provozní předpovědní služby ČHMÚ. K tomu mají sloužit již uskutečněné a nově plánované semináře a interní školení nebo přednášky České meteorologické společnosti. A právě na tato témata se článek zaměřuje.

### 2. PŘEDPOVĚDNÍ SYSTÉM ECMWF

Předpovědní systém ECMWF se skládá ze tří základních částí: příprava a systém asimilace dat, globální cirkulační model a ansámblový předpovědní systém.

Do globálního modelu vstupuje velké množství dat – SYNOP, TEMP, SHIP, BUOYS.... Dopad na zlepšení kvality předpovědí mají letecká a družicová měření, což umožňuje

získat data i z míst s nedostatkem klasických měření. Například díky družicovým měřením se kvalita předpovědi pro jižní polokouli dostala téměř na úroveň kvality předpovědi pro severní polokouli.

Všechna pozorování procházejí důslednou kontrolou kvality dat. Data mohou být vyřazována trvale, dočasně (každý měsíc aktualizace seznamu) i jednorázově, a to na základě srovnání s modelovým polem (předchozí krátkodobou předpovědí), se sousedními pozorováními i s jinými typy dat (hydrostatická kontrola TEMP dat apod.).

Výchozí analýza, tedy vlastně počáteční stav pro výpočet předpovědi, je získávána 4D VAR asimilací dat, která se provádí dvakrát denně na základě dat z období 03 až 15 UTC (asimilační okno) – pro analýzu ze 12 UTC, a z období 15 až 03 UTC – pro analýzu z 00 UTC.

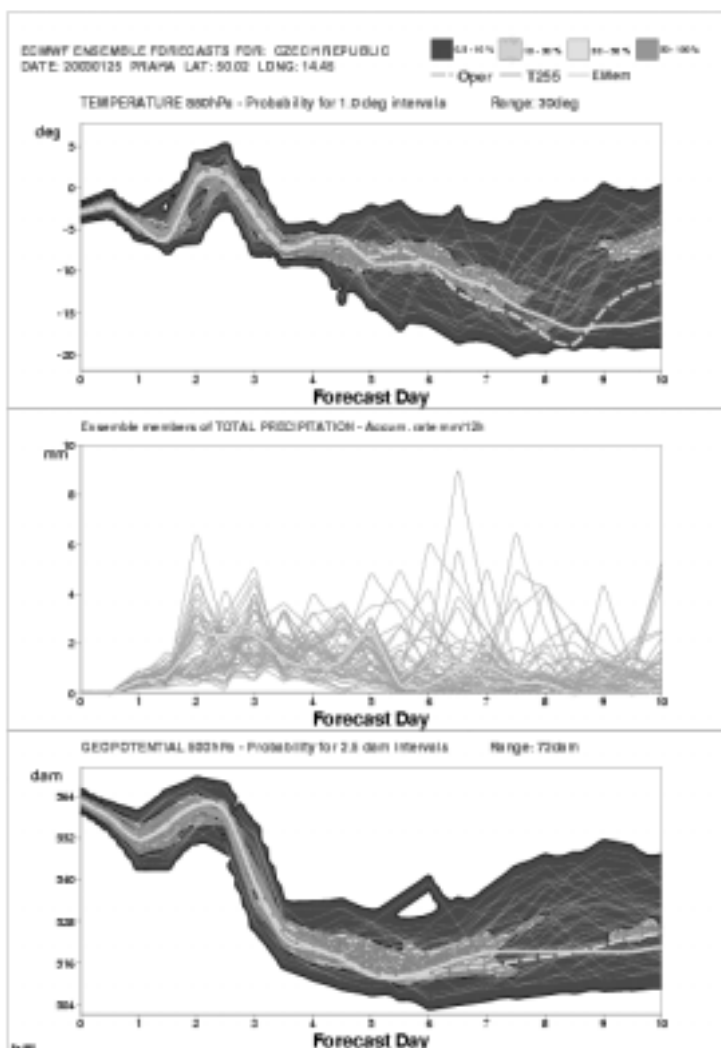
Předpovědi jsou operativně počítány na 10 dní dopředu, a to dvakrát denně z výchozích analýz 12 UTC a experimentálně z 00 UTC. Hlavní (deterministická) předpověď je počítána globálním modelem T511 L60. T511 je tzv. vlnové číslo, které ukazuje na horizontální rozlišení modelu, v tomto případě 40 km, a L60 značí počet hladin modelu, v tomto případě 60 od země až po hladinu 0,1 hPa (ca do výšky 64 km), z čehož 12 hladin je pod úrovní hladiny 850 hPa. Časový krok modelu je 15 minut.

Obecně jsou chyby předpovědí numerických modelů způsobovány jak chybami samotného modelu (omezené rozlišení modelu, ne zcela přesná parametrizace fyzikálních procesů), tak i nepřesnou znalostí výchozího stavu atmosféry (chyby měření, nedostatek pozorování nad oceány apod.). I malé chyby výchozího stavu mohou během několika dní předpovědi narůst v rozsáhlé chyby. Nepřesná znalost výchozího stavu např. v oblasti Ameriky může vést k chybné předpovědi povětrnostní situace a k neúspěšné předpovědi počasí nad Evropou. Tyto chyby se snaží postihnout tzv. systém ansámblových předpovědí (EPS). Spočívá ve spočtení 50 nepatrně pozmeněných (perturovaných) výchozích analýz tak, aby velikost jejich odchylek od neperturované analýzy byla v rozsahu chyb stanovení výchozí analýzy. Jsou počítány metodou singulárních vektorů, která se snaží identifikovat dynamicky nestabilní regiony atmosféry tím, že studuje lineární vývoj perturbací výchozího stavu po dobu 48 hodin a vybírá takové, které rostou nejvíce. Na základě takto získaných 50 analýz je spočteno 50 předpovědí a dále jedna kontrolní předpověď z neperturované analýzy. Všechny jsou spočteny modelem s menším rozlišením T255 L40 (80 km, 40 hladin). Tyto předpovědi tvoří základ systému ansámblové předpovědi (EPS).

### 3. PRODUKTY SYSTÉMU ANSÁMBLOVÉ PŘEDPOVĚDI

Přímý výstup těchto 51 předpovědí (členů EPS) lze vzhledem k jejich počtu a časovému omezení meteorologa jen velmi obtížně použít. Prakticky se meteorolog může v případě velké nejistoty předpovědi jen podívat, jaká část členů dává např. cyklonální a jaká anticyklonální vývoj. Pro usnadnění práce meteorologa jsou předpovědi zpracovávány různými způsoby, přitom se vytvářejí různé produkty:

- Ensemble mean, tedy průměr všech členů ansámblu.
- Clustery (shluky, skupiny) se vytvářejí tak, že se předpovědi rozdělí do několika skupin (dle situace v počtu 1 až 6), přičemž do jednotlivých skupin jsou přiřazovány navzájem



Obr.1 Vlečky (plumes) pro bod Praha z 25. 1. 2003 12 UTC.

podobné předpovědi. Každá skupina je pak charakterizována svým průměrem. Touto metodou dostaneme nejvýše šest různých předpovědí (scénářů) a jejich spolehlivost je úměrná počtu členů, ze kterých byla vytvořena. Rozdělení do skupin se nyní provádí na základě RMS diferencí (odmocnina ze střední kvadratické odchylky) mezi geopotenciálem 500 hPa jednotlivých členů současně pro předpovědi na 120, 144 a 168 hodin.

- Tubes (tuby) nabízí jiný způsob vytváření skupin. Nejdříve se členy EPS, které jsou podobné k průměru všech členů (Ensemble mean), dají do tzv. nulté skupiny a spočte se jejich průměr. Tak dostaneme tzv. Tube 0 (central cluster mean). Ten udává nejpravděpodobnější vývoj, který je všeobecně podobný průměru všech členů ansámblu. Dále se z vyloučených (nepodobných) členů vytvoří Tube 1 až Tube 9 (počet dle situace), uspořádané podle snižujících se odchylek od Tube 0, přitom každá je reprezentovaná jeho nejextrémnějším členem pro lepší vizualizaci odlišných předpovědí. Tubes se (podobně jako cluster) vytvářejí na základě RMS diferencí mezi geopotenciálem 500 hPa jednotlivých členů. Pro každý referenční čas předpovědi (+ 96 h, + 144 h, + 168 h, + 192 h a + 240 h) se vytváří 48hodinová řada končící tímto časem (např. + 48/ + 72/ + 96 h pro referenční čas + 96 h)

Všechny tyto produkty jsou počítány pro 5 různých oblas-

tí (celá Evropa, JZ, SZ, SV a JV Evropa) a výsledky jsou k dispozici ve formě polí geopotenciálu 500 a 1 000 hPa a teploty v 500 a 850 hPa.

Tvorba takového produktu je vždy kompromisem; výhoda zhuštění informací jde na úkor nebezpečí ztráty informací, které v některých povětrnostních situacích mohou být významné. Pro rozdílné meteorologické situace nebo i délku předpovědního období mohou vyhovovat rozdílná zpracování, přičemž neexistuje ideální způsob. Zpracování může být provedeno na větší nebo menší geografické oblasti, na základě rozdílných parametrů, pro jednotlivé předpovědní termíny (kdy dochází ke ztrátě synoptické kontinuity) nebo pro delší (několikadenní) předpovědní období. Jako ideální se jeví tvorba několika způsobů zpracování, kdy meteorolog má možnost volby, který produkt v dané meteorologické situaci použije.

Dalšími produkty EPS jsou tzv. plumes (vlečky - obr. 1), zobrazující předpověď teploty v hladině 850 hPa, celkových srážek po 12 hodinách a geopotenciální výšky 500 hPa jak z hlavního (čárkovaně) a kontrolního (plnou čarou) modelu, tak i z 50 perturbovaných předpovědí (tenkými čarami).

Dalším produktem jsou tzv. meteogramy (obr. 2), zobrazující předpovědi oblačnosti, celkových srážek, rychlosti větru v 10 m a teploty ve 2 m po 6 hodinách. Předpověď hlavního modelu je vyjádřena plnou čarou, kontrolního modelu čárkovanou čarou a předpověď 50 členů EPS pomocí sloupcového grafu (typ je blízký tzv. burzovnímu grafu), ukazujících jejich statistické rozdělení po 25 %.

#### 4. VYUŽITÍ PRODUKTŮ SYSTÉMU ANSÁMBLOVÉ PŘEDPověDI

Výstupy z hlavního modelu nám dávají jednu (deterministickou) předpověď, tedy jen jeden možný scénář vývoje počasí v příštích dnech. Z něho ovšem nepoznáme, jaká je míra nejistoty této předpovědi,

nebo zda může nastat i zcela jiný scénář. V prvních dnech předpovědi je vhodné používat produkty deterministické předpovědi, vycházející z modelu s větším rozlišením, které jsou podrobnější, s rostoucí délkou předpovědního období narůstá význam ansámblových předpovědí, jehož produkty (Ensemble mean, Tube 0) mají lepší konzistenci a na více dnů dopředu i lepší úspěšnost než deterministická předpověď. Produkty ansámblových předpovědí, které se snaží postihnout dopad nepřesné znalosti výchozího stavu atmosféry, ukazují nejen na možné rozdílné scénáře, ale i na míru nejistoty předpovědi. Lze je v zásadě využít třemi způsoby:

- Posouzení míry nejistoty předpovědi vývoj v atmosféře z rozbíhání jednotlivých předpovědí - členů EPS (spread). Na základě toho meteorolog vydá předpověď (kategorickou) se snižováním stupně podrobnosti dle míry nejistoty předpovědi.
- Indikátor možných alternativ vývoje - výsledkem může být vydání podrobnější předpovědi doplněné jednou, popř. více alternativami pro méně předpověditelné období.
- Lokální pravděpodobnostní předpovědi meteorologických prvků využitelné zejména při rozhodování, která jsou spojena s rizikem ekonomických ztrát v závislosti na stavu počasí (ekonomická hodnota předpovědi), pro provádění preventivních opatření, rozhodování zda vydat výstražnou informaci apod.

## 5. DALŠÍ PRODUKTY A SLUŽBY ECMWF

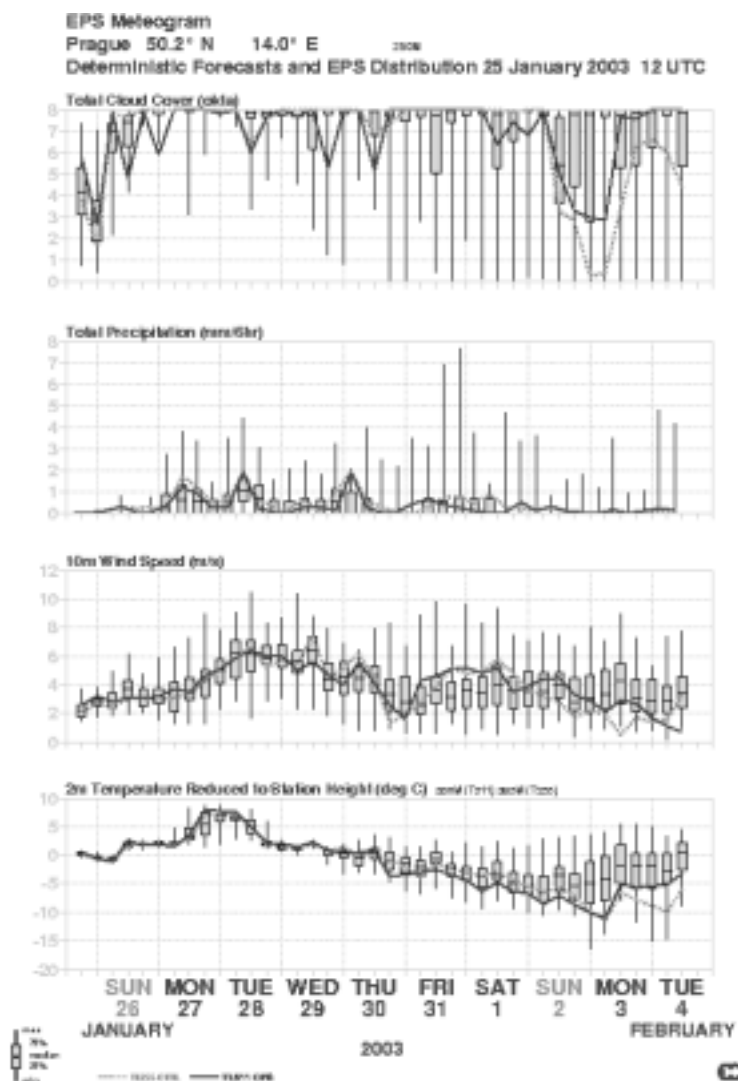
Vedle popsaných základních produktů pokračuje v ECMWF vývoj některých dalších. Pro předpověď extrémních srážek, teplot a větru byl zaveden Extrémní předpovědní index (Extreme Forecast Index – EFI), který udává „extrémnost“ meteorologického prvku ve srovnání s klimatologickým průměrem pro určité místo a období v roce na základě rozložení pravděpodobnosti prvku z EPS. Hodnota indexu se pohybuje od -100 % do +100 % (při -100 % předpověděné hodnoty prvku jsou velmi malé, při 0 % odpovídají klimatickému rozložení, při +100 % jsou extrémně velké). Indexy jsou zobrazovány do map v barevné škále jen tam, kde přesahují zpravidla  $\pm 50\%$ , tedy na první pohled jsou patrné oblasti či regiony, kde lze očekávat velkou odchylku meteorologického prvku od normálu. Vzhledem k malému počtu extrémních jevů je obtížné udělat přesnější hodnocení tohoto indexu.

V některých službách (např. ve Švýcarsku) se používá tzv. Confidence index. Udává důvěryhodnost (spolehlivost) předpovědi počasí na základě automatického vyhodnocení např. lokální předpovědi oblačnosti a srážek jednotlivých členů EPS na jednotlivé dny nebo dle rozložení povětrnostních situací předpovídaných jednotlivými členy EPS.

Od roku 1995 se zde také experimentálně počítají měsíční a sezonní předpovědi, a to až na 6 měsíců dopředu. Přitom se vždy používá atmosférický model s menším rozlišením spřažený s oceánským modelem. Jimi se počítají předpovědi na odpovídající období (např. v případě měsíční předpovědi se počítá dvakrát měsíčně 51 předpovědí - členů na 30 dnů dopředu). Přitom se vychází z dopadu změn teploty povrchu oceánu na atmosférickou cirkulaci a používá se oceánská asimilace dat, perturbace větru a povrchové teploty oceánů. Výstupy sezonních předpovědí jsou v mapové formě teplotních a srážkových odchylek k dispozici na webových stránkách ECMWF [2]. Použití sezonních předpovědí není jednoduché, je třeba pracovat s pravděpodobností a výsledky citlivě interpretovat. Vliv oceánu (povrchové teploty) na atmosféru je větší v tropických oblastech, kde je tak počasí lépe předpověditelné než v mírných zeměpisných šířkách, kde jsou sezonní předpovědi zvláště obtížné. V ECMWF bylo uvedeno, že vliv Atlantského oceánu na Evropu stále není dostatečně prozkoumán. Podle výzkumů se zdá, že velmi silné El Niño (1982, 1997) může mít vliv i na Evropu.

V ECMWF se nachází rozsáhlý archiv meteorologických dat za více než 25 let obsahující přes 250 Tbyte. Obsahuje především analýzy, ale i předpovědi a výzkumné experimenty ve standardních formátech GRIB a BUFR. Pro účely ovládnání a přístupu do archivu byl vyvinut software MARS (Meteorological Archive and Retrieval System). Přístup do něho je možný pomocí web serveru členských zemí nebo po zvláštních linkách, po kterých přijímají data z ECMWF národní meteorologické služby.

V archivu jsou také tzv. reanalýzy, na které se v posledních letech kladl velký důraz. Jsou připraveny s využitím dostupných dat (včetně družicových) pomocí 3D VAR asimilace dat modelem T159 L60, který produkuje analýzy v šes-



Obr. 2 Meteogram pro bod Praha z 25. 1. 2003 12 UTC.

tihodinových intervalech. Poskytují globální analýzy stavu atmosféry, povrchu země, oceánů, včetně rozložení ozonu pro období od poloviny roku 1957, využitelné jako nástroj pro studie atmosférických a hydrologických mechanismů a cyklů, vývoje pozorovacího systému, předpověditelnosti atd.

Pro tento rok je v ECMWF plánován test modelu s vyšším vertikálním rozlišením (L90), výpočty 100 členů EPS, pro výpočet vstupní analýzy použití většího množství družicových dat (MSG, ENVISAT, AIRS ..) a v roce 2004 i zvýšení horizontálního rozlišení u všech modelů (deterministický, EPS). Zároveň budou prováděny experimenty ohledně počtu členů EPS versus rozlišení modelu, popř. i četnosti jejich výpočtu, přičemž základní otázkou je, která varianta bude dávat lepší výsledky s nižšími provozními náklady.

Nejdůležitějšími cíli ECMWF pro období do roku 2008 je postupné prodlužování úspěšnosti střednědobých deterministických i pravděpodobnostních předpovědí počasí tempem jeden den za desetiletí, poskytovat spolehlivé předpovědi nebezpečných jevů postupně na 4 až 5 dnů dopředu, do roku 2004 vyhodnotit úspěšnost sezonních předpovědí na datech za posledních 40 let a zlepšit jejich spolehlivost. Tato zlepšení kvality a přesnosti předpovědí následně přinese podstatný zisk evropským ekonomikám a společnosti.

Tab. 1 Úspěšnost (použitelnost) předpovědi některých jevů v závislosti na délce předpovědního období.

Jev	< D+3	D+3 až D+5	D+5 až D+7	D+7 až D+10
Globální charakter cirkulace	vynikající	vynikající	dobrá	částečně úspěšná
Vznik a zánik blokujících anticyklon	výborná	dobrá	horší	většinou neúspěšná
Cyklony a jejich vývoj	výborná	uspokojivá	málo uspokojivá	—
Fronty a jejich vývoj	dobrá	uspokojivá	—	—
Maximální a minimální teplota / směr a rychlost větru	velmi dobrá	úspěšnost v jednotlivých dnech	úspěšnost v 5denním průměru	
Akumulované srážky / průměrná oblačnost	dobrá	částečná	úspěšnost v 5denních srážkových úhrnech a průměrného pokrytí oblohy	

## 6. MOŽNOSTI A ÚSPĚŠNOST NUMERICKÝCH MODELŮ VE STŘEDNĚDOBÉ PŘEDPOVĚDI

Produkty tzv. systému ansámblové předpovědi mohou poukazovat na možné odlišné scénáře vývoje povětrnostní situace v závislosti na výchozím stavu (pozorování) atmosféry. Umožňují posouzení míry nejistoty předpovědi a vytváření pravděpodobnostních předpovědí. V operativní místnosti ECMWF se denně vyhodnocují aktuální pozorování včetně pozorování, která byla z dalšího použití vyřazena, a výsledné předpovědi. Vyhodnocují se odchylky předpovědi, jejich střední kvadratické chyby i konzistence, a hodnotí se i ve srovnání s výstupy z jiných center. Sledují se případné významné rozdíly (increments) mezi pozorováními a předcházející krátkodobou předpovědí, které mohou mít za následek odlišný vývoj meteorologické situace. Příčiny takových rozdílů jsou pak konzultovány s modelovým odborníkem. Dosti častým zdrojem chyb předpovědi jsou tropické cyklony, které nebyvají pozorováními dostatečně podchyceny a vzhledem ke své energii a dynamice vývoje mají velký dopad na atmosférickou cirkulaci.

Vzniklé chyby se s délkou předpovědního období nejen zvětšují, ale zároveň v důsledku atmosférické cirkulace postupují s prouděním. To znamená, že předpověď pro střední Evropu na dva dny dopředu je obvykle závislá na počátečním stavu nad Evropou a Atlantikem, na tři až pět dnů nad počátečním stavem i nad severní Amerikou a na více než 5 dnů i nad severním Pacifikem.

I když v ECMWF počítají výsledky numerických modelů až na 10 dnů dopředu (model z NCEP ve Washingtonu je zřejmě až na 15 dnů), je všeobecná shoda, že předpovědní délka použitelnosti (smysluplnosti) těchto produktů pro všeobecné předpovědi v současné době je kolem 7 dnů. Po uplynutí tohoto období statistické výsledky klesají ke klimatologickým průměrům. Přitom útvary malých měřítek jsou hůře předpověditelné. Podrobnější přehled je uveden v tab.1. Přitom předpověditelnost se může velmi lišit od situace k situaci. Někdy předpověď na 4 dny dopředu může být chybná i ve velkém měřítku, jindy naopak předpověď na 7 dní dopředu může být úspěšná i v detailech. Vzhledem k tomu, že výskyt nebezpečných jevů je často lokalizován do malých oblastí (někdy při velmi nestabilních podmínkách), lze je předpovídat dle druhu jevu s předstihem zpravidla maximálně na 3 až 5 dnů.

## 7. VYUŽITÍ PRODUKTŮ ECMWF V ČESKÉ REPUBLICE

Předpovědi ECMWF jsou k dispozici ve formě polí ve formátu GRIB, časových řad (meteogramů) ve formátu BUFR i postprocessingových produktů (clusters, tubes), opět ve formátu GRIB. Produkty sezonních předpovědí – anomálie jsou pouze grafické. Data a hotové produkty jsou členským i přidruženým zemím rozšiřovány pomocí zvláštní linky nebo

pomocí webových stránek [2] (s omezením přístupu pro veřejnost k některým produktům). Omezený počet dat je rozšiřován pomocí GTS a dále přes družici Meteosat.

Do ČHMÚ data přicházejí po lince 64 kB/s. Po zpracování jsou meteorologům v předpovědní službě Centrálního předpovědního pracoviště (CPP) k dispozici v tištěné formě přízemní tlaková pole, teploty v hladině 850 hPa, geopotenciální výška a teplota 500 hPa a vlhkost v 700 hPa. Dále jsou pomocí intranetu zobrazovány předpovědi srážek a pravděpodobnosti srážek větších než 1, 5, 10 a 20 mm/24 h. Z webových stránek ECMWF se používají produkty ansámblových předpovědí. Všechny tyto produkty jsou k dispozici zpravidla po 12 hodinách až na 10 dnů dopředu. Pro zobrazování produktů, zejména pro účely jejich zpětného vyhodnocení, se používá software Metview.

I když jsou některé produkty ECMWF používány i při tvorbě krátkodobých předpovědí, jejich hlavní použití je v rozsahu střednědobých předpovědí včetně předpovědí možného výskytu nebezpečných jevů. S přidruženým členstvím České republiky byla délka střednědobých předpovědí vydávaných na CPP v Praze prodloužena celkem o dva dny. Nyní je vydávána na 2. až 4. den s vyhlídkou na 5. až 8. den. Část produktů používají i regionální předpovědní pracoviště, která se zaměřují na regionální předpovědi na tři dny dopředu. Přitom jsou zároveň používány i německý globální model a model z Washingtonu (NCEP). V rozsahu krátkodobých předpovědí jsou předpovědi dále upřesňovány zejména pomocí regionálních modelů ALADIN a německého lokálního modelu LM. Produkty ECMWF byly používány i při předpovědi srážek a vydávání výstražných informací v průběhu povodně v srpnu 2002. Zejména výstupy z tohoto centra výrazně pomohly včas upozornit na nástup druhé povodňové vlny.

Informativně jsou využívány produkty sezonních předpovědí. Výsledky modelu včetně produktů systému ansámblových předpovědí jsou operativně využívány při výběru analogických povětrnostních typů pro měsíční předpověď. Dále jsou na základě produktů ECMWF počítány trojrozměrné trajektorie látek, uniklých při případné radiační nebo velké chemické havárii. Produkty ECMWF jsou také poskytovány Povětrnostnímu ústředí armády ČR.

## 8. ZÁVĚR

Česká republika se po delším úsilí stala přidruženým členem ECMWF, což ČHMÚ umožnilo dostat se k široké škále kvalitních podkladů pro přípravu a tvorbu předpovědí, především střednědobých. Během krátké doby začaly být využívány nejen na Centrálním předpovědním pracovišti, ale některé produkty i na regionálních pracovištích. To umožnilo prodloužit předpovědní období a do určité míry posunout dopředu možnost včasného varování na nebezpečné či limitní hydro-meteorologické jevy.

Pro meteorology u nás jsou novým produktem zejména

produkty tzv. systému ansámblové předpovědi, které mohou ukazovat na možné rozdílné scénáře vývoje povětrnostní situace, a tedy i počasí, umožňují vytvářet pravděpodobnostní předpovědi apod. Tyto produkty poněkud mění způsob předpovídání a prezentace samotných předpovědí ať už veřejnosti nebo speciálním uživatelům. Dále jsme získali možnost účastnit se školicích kurzů, které ECMWF každý rok pořádá jak pro meteorology, kteří produkty používají přímo v předpovědní službě, tak pro pracovníky zaměřující se na vývoj numerických předpovědí.

Z uživatelského hlediska bude třeba i nadále vytvářet nové produkty, nejlépe s použitím kombinace deterministické a pravděpodobnostní předpovědi, v případě předpovědi nebezpečných jevů může být pravděpodobnostní vyjádření lepší. Tvorba produktů může být i automatická a po kontrole meteorologa jednoduše dostupná uživatelům.

#### Literatura:

- [1] PERSSON, A., 2001. User Guide to ECMWF forecast products. *Meteorological Bulletin*, M3.2, ECMWF, 119 s.
- [2] Internetové stránky ECMWF <http://www.ecmwf.int>

František Šopko – Marjan Sandev

## HYDROLOGICKÁ PROBLEMATIKA NA JEDNÁNÍ 14. KONGRESU SVĚTOVÉ METEOROLOGICKÉ ORGANIZACE

Hydrologická problematika byla na 14. kongresu SMO projednávána především v rámci Programu hydrologie a vodních zdrojů (bod 3.5 jednání). Jde o jeden z osmi základních programů SMO, ve kterém se soustřeďuje většina aktivit organizace v oblasti hydrologie a zdrojů sladké vody. Mimo tento program se hydrologická problematika částečně objevuje v dalších vědeckých a technických programech, např. v Programu technické spolupráce, Programu výchovy a výcviku i v programech regionálních. Tyto programy jsou však většinou zaměřeny na podporu meteorologických aktivit.

Soustředění hydrologické problematiky do jednoho bodu umožnilo ucelené projednání všech otázek v rámci vytvořené subkomise, jejíž jednání se účastnili přítomní zástupci hydrologických služeb, většinou hydrologičtí poradci stálých zástupců jednotlivých zemí v SMO, zástupci dalších mezinárodních agencí zabývajících se vodou, jako UNESCO, IAHS, a další experti. Subkomise zasedala dvakrát, za předsednictví ředitele ČHMÚ Dr. Obrusníka a Prof. Zielinského (Polsko). Její závěry a doporučení byly začleněny do dokumentů, které projednávala Komise B a následně schvalovalo plenární zasedání. Celý proces je poměrně zdoluhavý a je mimo možnosti hydrologických zástupců většiny zemí být přítomen po celou dobu jednání Kongresu.

Základní dokument byl připraven Komisí pro hydrologii (Chy) ve spolupráci s příslušným oddělením sekretariátu a přednesen jejím prezidentem, kterým je Dr. Rutashobya z Tanzánie. Dokument vycházel ze závěrů 11. zasedání Chy, které se konalo v listopadu 2000 v Nigérii. Program hydrologie a vodních zdrojů má 5 (pod)programů, které pokračují i v rámci 6. dlouhodobého plánu SMO:

- Programme on Basic Systems in Hydrology (základní systémy)
- Programme on Forecasting and Applications in Hydrology (předpovídání a aplikace)
- Programme on Sustainable Development of Water Resources (trvale udržitelný rozvoj vodních zdrojů)

- Programme on Capacity Building in Hydrology and Water Resources (budování kapacit)
- Programme on Water-related Issues (vazby na ostatní programy)

Vyhlášení uvedených programů má význam hlavně pro usměrňování aktivit jednotlivých služeb a ze strany SMO jsou finančně podporovány spíše symbolicky (vydávání dokumentů, podpora uspořádání seminářů, školení apod.). Zajištění realizace jednotlivých projektů závisí na kapacitních možnostech členských zemí SMO a případné podpoře jiných agencí. Na tomto principu je založen také program WHYCOS (světový pozorovací systém hydrologického cyklu), jehož jednotlivé komponenty HYCOS jsou postupně budovány v různých regionech. České republiky se týkají dva připravované projekty:

- Baltic HYCOS, na kterém spolupracují hydrologické služby v povodí Baltského moře. Tento projekt byl již zpracován a předložen s žádostí o podporu z fondů EU. Na našem území jde o vybudování jedné stanice na Odře.
- Danube HYCOS, který má sdružovat služby v povodí Dunaje pro vytvoření společného monitorovacího systému se zaměřením na předpovídání povodní. Zatím byl zpracován pouze předběžný záměr a není vyjasněn možný finanční zdroj.

Pokračující aktivitou je HOMS (Hydrologický víceúčelový operativní systém), který byl inovován v rámci plánu HOMS pro 21. století. Referenční manuál HOMS byl revidován, včetně vyřazení všech zastaralých a neaktuálních komponentů, a je k dispozici na CD verzi také v Národním centru HOMS v ČHMÚ. Faktkem je, že většina prezentovaných metod a programových prostředků již není poskytována zdarma a není podporována systémem sponzorovaných školení. Přesto může být tento systém užitečným prostředkem pro získávání informací o moderních technologiích v hydrologii a jejich transfer a měl by být i u nás více využíván, než je tomu v posledním období.

V plánu je příprava 6. edice Průvodce pro hydrologické činnosti (Guide to Hydrological Practices), který bude rozdělen do dvou částí. První má obsahovat doporučené návody pro základní činnosti a bude revidována po šesti letech, druhá část obsáhne nové a moderní metody a bude revidována častěji. Současná 5. edice průvodce je k dispozici v ČHMÚ a na jeho pobočkách a je i na CD, vše v anglické verzi. Nová edice má být k dispozici i na internetu.

Značná pozornost je věnována vytváření regionálních a světových databází hydrologických a souvisejících dat jako základ pro řešení společných projektů v oblasti trvale udržitelného rozvoje vodních zdrojů a řešení hydrologických aspektů přírodních katastrof. Základními středisky dat podporovanými SMO jsou:

- globální centrum odtokových dat (GRDC), které provozuje německá služba,
- globální centrum srážkových a klimatických dat (GPCC), v Německu,
- mezinárodní centrum pro hodnocení zdrojů podzemní vody (IGRAC), které buduje Holandsko za podpory SMO a UNESCO.

Kongres přivítal iniciativu kanadské služby na ustavení globální pozemní hydrologické sítě (Global Terrestrial Network – Hydrology) jako metadatabáze nad existujícími světovými monitorovacími programy a datovými centry. Podobných iniciativ je v současné době více (WHYCOS, Světový klimatický program – voda) a situace není zcela přehledná.

Kongres se přihlásil k aktivní pomoci SMO při realizaci závěrů z Celosvětové konference o trvale udržitelném rozvoji v Johannesburgu v srpnu 2002, a to jak v oblasti integrovaného přístupu k redukci přírodních katastrof, tak v oblasti užívání a ochrany zdrojů sladké vody. Rezolucí Generálního zasedání OSN byl rok 2003 vyhlášen Mezinárodním rokem sladké vody.

Nutnost posílení hydrologických aktivit SMO vychází z narůstajícího světového deficitu vody, potíží se zachováním její kvality a rostoucí spotřeby sladké vody. Pohromy vyvolané vodou, jejichž počet v poslední době stoupá, způsobují oběti na životech i materiální ztráty. K lepšímu využití stávajících vodních kapacit je zapotřebí, aby jednotlivé země a regiony komplexně posoudily a ochránily své vodní zdroje. Právě k řešení řady problémů v oblasti hydrologie a hospodaření s vodou může SMO a především národní hydrometeorologické služby přispět. S ohledem na rostoucí zapojení SMO do řešení celosvětových problémů spojených s trvale udržitelným využíváním vodních zdrojů a ochrany před nepříznivými účinky vody Kongres rozhodl přijmout do oficiálního názvu Světové meteorologické organizace podtitul „počasí, klima a voda“.

K hydrologické problematice přijal Kongres dvě rezoluce. Rezoluce 3.5/1 - Program hydrologie a vodních zdrojů přijímá hydrologické komponenty 6. dlouhodobého plánu SMO a vyzývá členské země k podpoře jeho jednotlivých bodů. Podporuje trvalý spolupráci mezi SMO a Mezinárodním hydrologickým programem UNESCO a vyzývá k dalšímu rozvoji spolupráce mezi meteorologickými a hydrologickými službami v regionech a v mezinárodních povodích. Rezoluce 3.5/2 - Panel expertů k problematice sladké vody reaguje na aktuální otázky trvale udržitelného užívání zdrojů sladké vody a inicializuje ustavení světového panelu expertů k této problematice. Předpokládá se připojení dalších agencí OSN a mezinárodních organizací.

Česká hydrologická služba má na celosvětových akcích SMO většinou zastoupení pouze hydrologickým poradcem stálého zástupce ČR v SMO. Přesto se snaží být aktivním členem SMO a soustřeďuje se na práci v rámci Regionální asociace VI – Evropa (RA VI). V rámci RA VI existuje Pracovní skupina hydrologie, jejímž předsedou byl autor tohoto článku zvolen na loňském zasedání v Berlíně, a ta má ve svém programu několik témat, do kterých se mohou zapojit čeští experti. Využil jsem proto přítomnosti zástupců hydrologických služeb evropských zemí k projednání záležitostí Pracovní skupiny hydrologie RA VI, kontaktoval jsem většinu klíčových členů pracovní skupiny a projednal s nimi podrobnější naplnění témat pracovní skupiny pro toto období. Po dohodě s organizátorem příštího zasedání Regionální asociace VI (Německo) jsem dojednal termín uspořádání příštího zasedání Pracovní skupiny hydrologie RA VI na květen 2005 v Praze. Dále jsme s podporou nezávislého zřízené subregionální kanceláře SMO pro Evropu uspořádali mimo oficiální program Kongresu prezentaci o katastrofální povodni v srpnu 2002 v ČR s následnou diskusí, která byla účastníky i sekretariátem SMO kladně hodnocena.

*Jan Kubát*

## **METEOROLOGIE A KLIMATOLOGIE NA JEDNÁNÍ 14. KONGRESU SVĚTOVÉ METEOROLOGICKÉ ORGANIZACE**

Je samozřejmé, že vrcholné jednání Světové meteorologické organizace (SMO) má své těžiště právě v meteorolo-

gických a klimatologických disciplínách. Je samozřejmé, že toto vrcholné jednání soustředí v jednom kongresovém centru vrcholové představitele téměř všech meteorologických služeb z celého světa. A je samozřejmé, že v kongresovém období probíhají jednání oficiální, neoficiální, důležitá i méně důležitá, odborná i diplomatická a dokonce i jednání užitečná pro běžnou praxi. Pokusím se zde předložit odborné veřejnosti užitečné informace o čtyřech základních odborných meteorologických programech SMO z celkového počtu osmi programů. Nebudu se tedy zabývat programem Hydrologie a vodní zdroje, Vzdělání a výchova, Technická pomoc a Regionální program.

Jedním ze základních programů je Světová služba počasí, kterému bylo na jednání věnováno několik jednacích dní. Předsedajícím byl dr. A. I. Bedrickij z Ruska, který se v závěru kongresu stal novým prezidentem SMO. V jednotlivých částech tohoto stěžejního programu se meteorologické služby zabývají základními pozorovacími systémy, telekomunikačními systémy, měřicími přístroji a pozorovacími metodami, ale i satelity nebo antarktickými aktivitami. Mezi kongresy proběhlo značné množství koordinačních zasedání, jejichž výsledky byly zde diskutovány a většina závěrečných materiálů je k dispozici v knihovně ČHMÚ, protože jsou naši zástupci aktivními členy a experty různých komisí. Druhým velkým programem je Světový klimatický program, jehož jednání řídil dr. A. M. Noorian z Iránu. Přestože je v posledních letech nejznámějším tématem tohoto programu klimatická změna, tak nesmíme zapomínat na otázky související s klimatickými daty nebo klimatickým výzkumem. Kongres věnoval značnou pozornost klimatickým předpovědím a databázovým systémům pro klimatická data. Třetím odborným programem je Program výzkumu atmosféry a životního prostředí, kde byl důraz kladen na problematiku ozonové vrstvy, fyziku a chemii oblaků a zvláštním bodem jednání byla meteorologie tropů. Jednání této části kongresu řídil rovněž dr. A. M. Noorian. Posledním, čtvrtým, základním meteorologickým programem jsou Aplikace meteorologie, rozdělené do meteorologie pro veřejnost, zemědělství, zabezpečení letectva a námořní dopravu. Je zřejmé, že aplikovaná část každé vědy (a meteorologie a klimatologie nemohou být výjimkou) je nejdůležitější a ekonomicky i politicky nejdůležitější. Pod vedením dr. A. I. Bedrického se projednávala problematika předpovědi počasí, vytváření podkladů pro krizové řízení i kontakty s veřejností. Ve spolupráci s Mezinárodní organizací civilního letectví (ICAO) věnuje SMO velkou pozornost zabezpečení leteckého provozu.

Kongresové jednání bylo na všech úrovních bohužel komplikováno neustále existujícím rozdělením světa na „bohatý sever a chudý jih“. Představitelé rozvojových zemí požadují neustálé zvyšování zahraniční pomoci, i zcela základní „povinnosti“ každé meteorologické služby potřebují financovat z vnějších zdrojů. S tímto postojem kontrastuje obrovský objem příspěvkových nedoplatků, ze kterého vyplývá rozpočtové napětí SMO.

Česká republika, reprezentovaná v této organizaci Českým hydrometeorologickým ústavem, je obecně zařazována k vyspělým zemím a naši experti jsou ve Světové meteorologické organizaci uznávanými odborníky. Svědčí o tom např. i to, že ing. J. Kubát je předsedou Pracovní skupiny Hydrologie RA VI SMO a autor tohoto článku zástupcem RA VI v Koordinační skupině pro klimatická data Komise pro klimatologii SMO a reportérem a expertem SMO pro budoucí klimatický databázový systém.

*Radim Tolasz*

#### 14. KONGRES SMO – CESTA KE ZMĚNĚ?

Ve dnech 5.–24. 5. 2003 se v Ženevě konal za účasti více než 800 delegátů reprezentujících 171 členských zemí SMO a dalších 36 mezinárodních organizací 14. kongres Světové meteorologické organizace (SMO). Kongres zhodnotil uplynulé čtyřleté období činnosti SMO a schválil plán práce a rozpočet organizace na další období. Přínosy kongresu v odborné oblasti se zabývaly předchozí informace v MZ. Volby na 14. kongresu však přinesly dlouho očekávané změny hlavních funkcionářů organizace, a proto stojí za podrobnější rozbor.

Kongres již na začátku svého jednání schválil rozšíření Výkonné rady z dosavadních 36 na 37 členů, což znamenalo, že žádná oblast SMO (je jich celkem 6 a jednou z nich je Regionální asociace VI – Evropa) nebude mít méně než čtyři zástupce (dříve tři) a více než devět.

Nejdůležitějším momentem Kongresu byla volba nového generálního sekretáře SMO, neboť po 20 letech nepřetržitého vedení sekretariátu SMO prof. G.O.P. Obasim (Nigérie) měla přinést dlouho očekávanou změnu v této prakticky nejdůležitější vedoucí funkci v SMO. V konečné fázi zbyli po více než roční kampani dva kandidáti na tuto funkci, J. P. Beysson (ředitel Météo France a dosavadní první viceprezident SMO) a E. Mukolwe (Keňa – dosavadní ředitel-koordinátor v SMO). Kandidatura E. Mukolweho byla po 20 letech výkonu této funkce prof. Obasim z Afriky poněkud překvapující. Přesto se očekávala jeho značná podpora delegáty z afrických a dalších rozvojových zemí. Naopak, kandidaturu J. P. Beyssona podporovali především zástupci západo- a středoevropských zemí a dalších vyspělých zemí světa. Proto se očekával poměrně vyrovnaný souboj ve volbách a řada expertů předpokládala, že žádný z obou kandidátů nezíská v konečné fázi potřebnou dvoutřetinovou většinu hlasů.

Volby byly skutečně dramatické a trvaly prakticky celý den. V prvním kole sice o několik hlasů překvapivě zvítězil africký kandidát, ale nezískal potřebnou dvoutřetinovou podporu pro získání funkce ani po několika dalších kolech voleb. Ukázalo se tak, že se při těchto tajných volbách projeví určité politické vlivy. Po přerušení voleb a poradách jednotlivých regionálních asociací SMO, které se snažily najít jiné vhodné kandidáty, pokračovaly volby odpoledne a po dlouhých diskusích a několika neúspěšných snahách o opětné prosazení E. Mukolweho do funkce byl evropskou asociací RA VI navržen nový kandidát M. Jarraud (Francie – dosavadní náměstek generálního sekretáře SMO), který již v prvním kole volby získal potřebnou dvoutřetinovou většinu. Stane se tak od 1. 1. 2004 novým generálním sekretářem SMO.

Došlo tak k poněkud neobvyklé situaci, že byl sice zvolen francouzský kandidát, ale jiný, než se před Kongresem předpokládalo. I přes uvedený průběh a výsledek voleb lze po nástupu nového generálního sekretáře očekávat progresivní změny v činnosti jak sekretariátu, tak celé SMO, jak již nastupující generální sekretář naznačil ve svém projevu ke Kongresu.

Další den se konaly volby prezidenta SMO a tří viceprezidentů, které již byly mnohem jednodušší. Prakticky bez voleb (nebyli protikandidáti) se prezidentem organizace stal A. I. Bedritskij (Ruská federace) a prvním a druhým viceprezidentem A.M. Noorian (Irán) a T. Sutherland (Britská karibská teritoria). Pouze na funkci třetího viceprezidenta SMO byli dva kandidáti - M.A. Rabiolo (Argentina) a A. Diouri (Maroko), zvolen byl první z nich.

V posledním týdnu Kongresu se konaly volby do Výkonné rady (Executive Council – EC) SMO, které jsou velmi složité, neboť delegace všech zemí volí zástupce do EC najednou, a proto trvaly několik hodin. V prvním kole byli

dovoleni kandidáti do počtu čtyř pro každý region SMO. Za Evropu tak již k „automatickým“ členům EC – již dříve zvolenému prezidentu SMO z Ruska a dále prezidentu RA VI z Litvy – přibýlí zástupci Francie a Německa. Problémy nastaly v druhém kole především v evropské a africké oblasti, které měly o 5 kandidátů více, než kolik křesel pro ně v EC zbylo. Obtížnost získání jednoho z 9 míst v EC pro „malou“ evropskou zemi vyplývá z toho, že se do EC prakticky vždy dostanou zástupci velkých zemí (Francie, Spojené království, Německo, Rusko, Itálie a Španělsko plus již dříve zvolený litevský prezident RA VI, což činilo dohromady 7 míst). „Malé“ evropské země tedy „bojovaly“ prakticky pouze o dvě zbývající volná místa. Bylo na ně sedm kandidátů – do EC se nakonec dostali zástupci Švýcarska a Jordánska, které v rámci SMO patří do evropského regionu. Z našich sousedů se do EC nedostali zástupci Polska a Slovenska.

Česká delegace ve volbách do EC podporovala především kandidáty z vyspělých zemí případně osobnosti z dalších zemí – právě tito lidé mohou v činnosti a progresivnosti Výkonné rady v příštích čtyřech letech nejvíce udělat. Důležité bylo projednávání rozpočtu SMO, kde delegace ČR podpořila vyspělé státy, které hradí podstatnou část rozpočtu SMO a prosazovaly nulový nominální nárůst rozpočtu organizace pro nejbližší čtyři roky. Zástupci ČR podpořili i důsledné používání oficiální škály OSN pro určení výše členských příspěvků do SMO tak, jako je tomu u jiných mezinárodních organizací OSN. Vývoj výše příspěvku ČR měl od roku 1995 při přechodu ze škály SMO na škálu OSN příznivý sestupný trend. Ten se však brzy zastaví vzhledem k očekávanému růstu českého HDP.

Další „politickou“ otázkou byla opětná snaha o zvýšení počtu jednacích jazyků, konkrétně o zavedení portugalštiny. Tuto snahu nelze z praktických i ekonomických důvodů podporovat, neboť náklady na překlady a tlumočení tvoří poměrně značnou část nákladů SMO na její činnost. Naštěstí návrh na zvýšení počtu jazyků nebyl Kongresem přijat.

V SMO, která je ve své podstatě technickou organizací, se i na 14. kongresu projevil stále častější jev – snaha o dlouhodobé ovládnutí mezinárodní organizace funkcionáři z rozvojových zemí. Vede je k tomu snaha o získání co největších prostředků SMO na technickou pomoc, která však na druhé straně dlouhodobě nevedla ke snížení náskoku vyspělých zemí. Situace je navíc komplikována tím, že i když vyspělé členské země platí velké příspěvky, tak působením nepříznivého volebního mechanismu a často i neschopností dohodnout se na společném postupu, ztrácejí vliv na činnost organizace. Naopak, některé velmi malé země prakticky s nulovým příspěvkem mohou svým hlasováním ve volbách dlouhodobě ovlivnit celý chod SMO. Tato situace vede v posledních letech k tomu, že se v SMO postupně začíná projevat rozpor mezi vyspělým „Severem“ a rozvojovým „Jihem“. Zároveň při dosavadním neefektivním vynakládání peněz na pomoc službám rozvojovým zemím zbývalo jen málo prostředků na podporu dalšího vývoje meteorologie a příbuzných disciplín. Z tohoto důvodu lze volbu M. Jarrauda za generálního sekretáře, jakožto zástupce vyspělých zemí, velmi přivítat a očekávat změny, které povedou ke zvýšení efektivity a celkové úrovně SMO. Zlepšení činnosti SMO pak povede i k modernizaci a zvýšení efektivity práce hydrometeorologických služeb členských zemí, které musí čelit stále rostoucím požadavkům na své služby a zároveň zvyšování tlaků na snižování nákladů na svou činnost ze strany vlád.

*Ivan Obrusník*

## ZASEDÁNÍ EXPERTNÍHO TÝMU PRO DATOVÉ FORMÁTY A KÓDY A VÝUKOVÝ KURZ PRO AFRICKÉ SLUŽBY

V týdnu od 17. do 21. února 2003 se v Arushi (Tanzanie) konalo třetí zasedání Expertního týmu pro datové formáty a kódy (ET/DR&C) Komise základních systémů (CBS) Světové meteorologické organizace (WMO). V následujícím týdnu se uskutečnil výukový kurz pro pracovníky afrických meteorologických služeb v rámci projektu WMO, jehož cílem je přechod od tradičních znakových kódů k datovým formátům GRIB, BUFR a CREX a postupná eliminace tradičních kódů.

### Zasedání Expertního týmu CBS pro datové formáty a kódy

Zasedání ET/DR&C se konalo v Arushi v hotelu Mount Meru a zúčastnilo se ho sedm členů expertního týmu, včetně zástupců ECMWF a EUMETSAT, a člen sekretariátu WMO. Zasedání ET/DR&C řídil předseda tohoto týmu Jean Clochard (Francie).

#### GRIB 2

Zasedání ET/DR&C projednalo stav validace formátu GRIB 2 (Processed data in the grid-point values expressed in binary form, Edition 2). Další testy byly doporučeny pro některé datové sekvence. Zasedání také doporučilo dva nové postupy pro kompresi dat a upřesnění některých pravidel, např. pro užití lokálních tabulek a sekvencí.

Operativní výměna dalších dat a produktů ve formátu GRIB 2 bude zahájena během roku 2003: Japonsko bude vydávat EPS (Ensemble Prediction Systems) dlouhodobé předpovědi, ECMWF plánuje výměnu EPS pravděpodobnostních předpovědí pomocí GTS. Software je k dispozici pro dekódování produktů EUMETSATu ve formátu GRIB 2. Na zasedání byla provedena revize a doplnění nového návodu „WMO Guide to GRIB 2“.

**BUFR a CREX** (BUFR je univerzální binární datový formát pro prezentaci meteorologických dat, CREX je jeho znaková modifikace).

Jeden z dokumentů, které předložila Česká republika, obsahoval návrh datových sekvencí pro prezentaci radiosondážních dat ve formátu BUFR, včetně snosu sondy a časové identifikace měření v jednotlivých hladinách. Zasedání ET/DR&C zdůraznilo důležitost těchto dodatečných informací pro numerické modely s vysokým rozlišením. Už v 90. letech z iniciativy Dr. M. Škody ČHMÚ předložil návrh na rozšíření kódu TEMP o informaci o skutečné poloze sondy ve význačných hladinách. Tento návrh však nebyl realizován, protože již v té době se začala prosazovat snaha minimalizovat zásadní změny v tradičních kódech a uskutečňovat je využitím flexibility formátu BUFR.

Zasedání ET/DR&C doporučilo také některé úpravy v datových sekvencích pro data SYNOP a SYNOP MOBIL, navržené na základě experimentální výměny dat, které se Česká republika účastní. Dále byl projednán a dopracován návrh datových sekvencí pro prezentaci dat SIGMET ve formátu BUFR, včetně vyjádření prostorového rozložení daných jevů. Zasedání doporučilo tento návrh k dalšímu testování.

Zasedání posoudilo návrh nových deskriptorů a datových sekvencí pro oceánografická data a družicová data. V případě družicových dat se uvažuje o možnosti použití separátního tabulárního systému (Master Table) pro tato data vzhledem k rozsahu nových deskriptorů nutných pro prezentaci těchto dat.

Dále byly posouzeny návrhy vztahující se k nové verzi

kódu BUFR, např. zavedení úplného data v sekci 1 a implementace některých nových operátorů a možný vliv zavedení nové verze BUFRu na proces přechodu od tradičních znakových kódů k datovým formátům BUFR a CREX.

#### Změny v tradičních znakových kódech

V souladu s celkovou strategií WMO jsou změny v tradičních kódech omezeny na minimum (výjimkou jsou letecké kódy). Jedinou úpravou, kterou ET/DR&C doporučil, bylo upřesnění pravidel všech kódů CLIMAT, týkající se zařazení jména kódu a skupiny MMJJJ v případě bulletinu, který obsahuje několik zpráv.

V případě leteckých kódů jsou změny prováděny na základě rozhodnutí Mezinárodní organizace pro civilní letectví (ICAO). Změny v kódech METAR, SPECI a TAF, obsažené v „Amendment 73 to Annex 3“, byly v době zasedání ET/DR&C ještě připomínkovány členskými státy ICAO, a proto nebyly na tomto zasedání projednávány.

#### Výukový kurz pro pracovníky afrických zemí (RA I)

Tohoto výukového kurzu se zúčastnilo 22 pracovníků národních meteorologických služeb ze 17 afrických zemí. Jako lektori byli pozváni tři členové ET/DR&C – E. Červená (Česká republika), Dr. S. Elliot (EUMETSAT) a C. Sanders (Austrálie). Náklady na pobyt lektorů a účastníků kurzu byly hrazeny WMO.

#### Program kurzu:

- Úvodní přednáška, srovnání formátů GRIB, BUFR a CREX s tradičními kódy.
- GRIB 2, struktura, datové sekvence, tabulky.
- GRIB 2, implementace změn a validace.
- CREX, struktura, datové sekvence, tabulky.
- Manuální kódování synoptických dat do CREXu a dekódování CREXových dat.
- BUFR, struktura, datové sekvence, tabulky.
- Demonstrace tvorby dat ve formátu BUFR s použitím staničního softwaru ČHMÚ a slovenského softwaru MPS.
- Strategie WMO pro přechod od tradičních kódů k formátům GRIB, BUFR a CREX.

Během kurzu byla podrobně vysvětlena struktura datových formátů GRIB 2, BUFR a CREX a postupy při zavádění nových parametrů (deskriptorů) a při tvorbě datových sekvencí, čímž byla ukázána flexibilita těchto formátů. Velmi užitečné pro pochopení CREXu a BUFRu byly příklady manuálního kódování a dekódování synoptických dat do a z formátu CREX. Tytéž příklady pak byly použity pro tvorbu dat ve formátu BUFR (s použitím demoverze slovenského softwaru MPS). Tím byla dobře demonstrována analogická struktura CREXu a BUFRu.

*Eva Červená*

## MEZINÁRODNÍ SEMINÁŘ O SNÍŽENÍ ZRANITELNOSTI ZEMĚDĚLSTVÍ A LESNICTVÍ KU KLIMATICKÉ VARIABILITĚ A ZMĚNĚ KLIMATU

Mezinárodní seminář o snížení zranitelnosti zemědělství a lesnictví ku klimatické proměnlivosti a změně klimatu (International Workshop on Reducing Vulnerability of Agriculture and Forestry to Climate Variability and Climate Change) se konal v Kongresovém paláci hlavního města Slovenské republiky Lublaně v říjnu 2002. Pracovní seminář byl



organizován Světovou meteorologickou organizací a Agenturou životního prostředí Slovinska a byl sponzorován řadou národních, regionálních a mezinárodních organizací. Seminář se zúčastnilo 118 odborníků ze 76 zemí a dvou organizací (ACMAD, ICID), kteří vyjádřili své upřímné uznání vlády Slovinské republiky jako hostitelce semináře. Po semináři následovalo pravidelné XIII. zasedání Komise SMO pro zemědělskou meteorologii.

Seminář se vyslovil k řadě důležitých problémů vztahujících se ke zvyšující klimatické proměnlivosti, klimatické změně, zemědělství, lesnictví, zejména ke:

- stavu klimatu a jeho budoucnosti v různých oblastech Země,
- stavu zemědělství a lesnictví a jejich budoucnosti ve vztahu k současné klimatické proměnlivosti a klimatické změně a dosud zpracovaných scénářů budoucnosti,
- stavu agroklimatologických a agrometeorologických informací, sezonním či meziročním prognózám klimatu,
- stavu adaptace zemědělství a lesnictví na měnící se klimatické podmínky a jiné stresové vlivy, které je užitečně informačně pochytit,
- stavu agrometeorologických služeb k daným adaptacím užívajících tradičních a vědeckých znalostí a určení nových informačních potřeb podle vhodných politických podmínek.

Pokud jde o klima, nebývalé globální oteplování během posledního tisíciletí má již za následek zvyšující se globální průměrnou roční teplotu a změny v ovzdušných srážkách. Tyto a související parametry, jako mrazové dny, délka růstové sezony, směřují k nebezpečné změně klimatu s významnými důsledky pro zemědělství a lesnictví. Změna klimatu se projevuje dříve a zejména na většině území tropického pásma. Změny zemského povrchu, změny v globální oceánské cirkulaci, modely předpokládající změny mořské povrchové teploty a změny ve složení globální atmosféry vedou ke změnám ve srážkách. Tyto a další související aspekty vzrůstající klimatické variability budou činit nevyhnutelnou adaptaci zemědělství. Konkrétně, odrůdy polních plodin dnes pěstované běžně v oblasti Sahelu nebudou schopny odolat předpokládanému oteplení půd. Pěstování bude také riskantní kvůli snížení srážek, které očekávají současné modely.

Sezonní a meziroční klimatické prognózy budou rozhodně zdokonalovány. Ale hlavní problém bude do budoucna lepší využití stávajících informací, vytvářených na regionálních klimatických forech, hodnotících výhled na mnoha místech Země. Všeobecné předpovědi jsou kvalitnější, ale pro zlepšení oblastních aplikací těchto předpovědí je zapotřebí zjemnit jejich prostorové měřítko. Mělo by se zlepšit plánování nabídky a poptávky agrometeorologických informací. Měly by se realizovat pilotní projekty podporující aplikace takových informací. Zainteresovaní odborníci musejí být schopni lépe definovat aktuální potřeby předpovědí a dalších informací pro zemědělské komunity. Dobře mohou sloužit pro tyto účely komunikační techniky jak dříve užívané (rozhlas), tak moderní (internet), pokud budou přizpůsobeny lokálním možnostem aplikace.

Můžeme rozlišovat dosavadní farmářské systémy se vrozenou pružností ke klimatickým stresům. Tyto systémy bude dlouhodobě možno přizpůsobit k pestrým a měnícím se podmínkám. Intenzivnější systémy potřebují širší informace, které by měly být silněji podpořeny agrometeorologickými službami pro dané zemědělské producenty. Jde i o adaptace k zemědělským systémům, kde hrají důležitou roli škůdci

a choroby. Jak naznačil Franc But, ministr zemědělství, lesnictví a výživy Slovinska při otvírání pracovního semináře, vědci mají vést politiky v péči o prostředí, ve kterém mohou být účinné zmírňující strategie. Potřeba připravenosti na klimatickou proměnlivost a klimatickou změnu je nutná.

V rozvojových zemích jsou očekávány vyšší výnosy, ale s větším kolísáním a změnami v pěstovaných odrůdách a rocích. Přípravované budoucí modely pěstování mohou mít zásadní význam pro zemědělské společnosti. V mnoha rozvojových zemích jsou již dnešní podmínky pro zemědělství a lesnictví značně kritické kvůli degradaci přírodních zdrojů, užívání nevhodných technologií a jiným stresům. Schopnost adaptace bude nižší jmenovitě v tropech, subtropích a přílehlých oblastech. Produkce potravin zůstane poté problémem v mnoha rozvojových zemích. Nicméně, existuje mnoho příkladů dobrého využití tradičních znalostí, domácích technologií a místních inovací pro zlepšování péstebních systémů. Mnohé další systémy potřebují, aby současná věda a technologie byly adaptovány na budoucí podmínky, přičemž všechny systémy potřebují vhodnou politiku životního prostředí. Např. základní výuka přinášející poučení z dnešních těžkostí přinese farmářům změnu jejich rizikového hospodářství na úrovni farmy. Množství času potřebného k uskutečnění adaptací je objektivně velmi dlouhé, takže všichni zemědělci musejí být aktivní v dostatečném předstihu již nyní.

Role fenologie, včetně její použitelnosti pro studium klimatické změny, v posledním období ve světě stoupá. Role meteorologických služeb, které provozují fenologii ve vlastní službě (sítě pozorování, databáze) je výhodnější. Fenologické metody, postupy a zejména data lze velmi dobře užít i pro dokumentaci i prognózování klimatické změny na přírodu a životní prostředí.

*Jiří Nekovář*

## MEZINÁRODNÍ KONFERENCE CHALLENGING TIMES

Mezinárodní konference Challenging Times (Towards an operational system for monitoring, modelling and forecasting of phenological changes) se uskutečnila ve Wageningenu, Nizozemí, ve dnech 31. 3.–2. 4. 2003.

Konference byla organizována EPN (Evropskou fenologickou sítí) při Univerzitě Wageningen a sponzorována 5. rámcovým programem Evropské komise (program udržitelného rozvoje), Nizozemskou organizací pro vědecký výzkum, Univerzitou Wageningen a Fenologickou komisí mezinárodní biometeorologické společnosti. Zúčastnilo se 88 odborníků ve fenologii z 26 zemí: Austrálie, Belgie, Brazílie, České republiky, Číny, Dánska, Estonska, Finska, Francie, Irsko, Itálie, Japonsko, Mexiko, Moldávie, Německo, Nizozemí, Norsko, Polsko, Rakousko, Rusko, Slovensko, Slovinsko, Španělsko, Švýcarsko, USA a Velká Británie.

Na plenárních zasedáních bylo prezentováno 17 úvodních a hlavních referátů, dalších 36 referátů bylo předneseno ve čtyřech sekcích a 20 posterů bylo představeno na posterové sekci. Pracovníci ČHMÚ J. Valter a I. Kott přednesli přednášku s názvem: A study of local climate fluctuations in a tick habitated hilly microregion Klatovy a na další se podíleli I. Kott s J. Nekovářem ve spolupráci s M.-M. Hirschbergovou a A. Menzelovou z Technické Univerzity Mnichov s názvem: Pheno-, weather- and NDVI-data comparison for selected Czech pheno-stations. Do posterové sekce přispěli P. Lipina

a J. Nekovář prací na téma Clima and pheno data comparison in North Moravia region. P. Bissolli z Německé meteorologické služby prezentoval poster s názvem Selected central European phenophases comparison, zpracovaný ve spolupráci s O. Braslavskou (SHMÚ), E. Kochovou (ZAMG Vídeň) a J. Nekovářem. Plný seznam referátů obsahuje cestovní zpráva z konference uložená v základní knihovně ČHMÚ a tamtéž je k dispozici zájemcům soubor abstraktů přednášek i posterů.

Cílem konference bylo:

1. Identifikovat partnery z různých uživatelských skupin, kteří se mohou podílet na budoucí spolupráci (výzkumníky různých disciplín: zemědělství, lidské zdraví, ekologie, doprava, výuka).
2. Zesílit spolupráci ve tvorbě sítí a výměnu informací.
3. Zjistit požadavky týkající se informačních potřeb různých uživatelů na kvalitu, množství, prostorové a časové rozlišení cílové informace.
4. Zjistit a diskutovat hlavní problémy zaměřené na budoucí fenologický monitoring (nedostatky v technologii, ve standardizaci, ve spolupráci a datových metodách).
5. Zjistit jak různé uživatelské skupiny chtějí a mohou prospět budoucímu monitorování fenologických změn.
6. Ukázat důležitost a přínos fenologických informací.
7. Představit nejnovější vědecké výsledky.

Byl vydán jen sborník abstrakt, přednášky mohou být nabídnuty k publikaci podle dohod autorů s jednotlivými redakcemi odborných časopisů. Bližší údaje nalezne čtenář na internetové adrese: [www.dow.wau.nl/msa/ept/challengingtimes](http://www.dow.wau.nl/msa/ept/challengingtimes).

*Jiří Nekovář*

## METEOROLÓGIA VČERA A DNES

Pokroky meteorológie a ich aplikácie.

Autor Ferdinand Šamaj. Bratislava: Veda, vydavateľstvo Slovenskej akadémie vied 2001. 156 stran.

ISBN 80-224-0673-2.

V edici Svet vedy vyšla kniha erudovaného slovenského autora Ferdinanda Šamaje, která si klade za cíl na pozadí minulého vývoje v oboru meteorologie informovat o jeho pokrocích a jejich významu pro lidskou činnost. Ke splnění tohoto záměru ho předurčují a kvalifikují nemalé odborné předpoklady: jako vysokoškolsky vzdělaný meteorolog působil jako pedagog na Katedře astronomie, geofyziky a meteorologie Univerzity Komenského a více než dvacet let byl ředitelem Slovenského hydrometeorologického ústavu a publikoval desítky studií, odborných prací a článků zejména se zaměřením na problematiku atmosférických srážek. Je také spoluautorem původní monografie Dějiny meteorologie v českých zemích a na Slovensku [1].

Z tohoto díla také nejvíc čerpá zejména v prvním oddílu nazvaném v překladu Ovzduší – složka prostředí, ve kterém žijeme, pracujeme a dýcháme. Jde o rozsahem největší oddíl, zabírající víc než třetinu knihy, seznamující s atmosférou Země, jejím složením, znečištěním, změnami podnebí, stručným vývojem meteorologického poznání ve světě i významnými osobnostmi české a slovenské meteorologie. Autor na mnoha místech prokazuje mimořádnou schopnost lapidární a nezaujaté prezentace, shrnuje nesporná fakta, neuchyluje se k subjektivním dedukcím. Markantní je to např. v podkapitole

Příčiny změny klimatu, ve které shrnuje a charakterizuje čtyři základní hypotézy o příčinách změn a dochází k závěru, že podstatnější změny zaznamenané ve 20. století jsou výsledkem vzájemného působení vícero klimatotvorných činitelů.

Oddíl Mezinárodní spolupráce v meteorologii je uvozen mottem konstatujícím, že počasí se utváří v atmosféře bez ohledu na národní hranice a politické poměry. V tomto smyslu je mezinárodní spolupráce včetně institucionálního zastřešení v podobě Světové meteorologické organizace, sdružující dnes na 180 států, a vytvoření příslušných integrujících nástrojů, jakými jsou funkční mezinárodní programy a systém pomoci méně rozvinutým národním službám, přímo kategoričtím imperativem. Zvláštní pozornost je věnována programům Světové služba počasí a Světový klimatický program, v jehož rámci autor zohledňuje problematiku skleníkových plynů, globálního oteplování, klimatické změny, očekávaných změn podnebí ve střední Evropě i závěry Kjótského protokolu. V následující kapitole jsou popsány aktivity Mezinárodní dekády pro omezování následků katastrof.

Ve třetí a čtvrté kapitole Nová odvětví a činnosti meteorologie a Aplikace meteorologie a jejich ekonomická efektivnost je jistým problémem systém tematického řazení. Je to zřejmé již z obsahové náplně třetí kapitoly:

- nová odvětví meteorologie (numerická předpověď počasí, aerologie, kosmická a radiolokační meteorologie);
- následky znečišťování ovzduší [proč ne pouze znečišťování ovzduší?] (vliv člověka na znečištění ovzduší, sledování čistoty ovzduší);
- možnosti hospodářského využívání prvků počasí (využívání větru, sluneční energie, dopad na životní prostředí);
- umělé zásahy do atmosférických procesů (ochrana před krupobitím, zvýšení množství kapalných a pevných srážek, rozptylování mlh, ochrana před mrazíky).

Musíme konstatovat, že obsahovému prolínání s následující, „aplikační“ kapitolou, (viz hospodářské využívání prvků počasí) šlo zamezit sloučením obou kapitol.

Rozporuplný je výběr a úroveň obrazového doprovodu. Na některých grafech chybí elementární popis – např. obr. 35, znázorňující přímé ekonomické ztráty z přírodních katastrof, pochopíme teprve, když si přečteme text, některé černobílé fotografie (obr. 34, 50, 54) jsou málo kontrastní a zastaralé, bez plakátové fotografie (obr. 25a) symbolizující mezinárodní spolupráci, stejně tak jako bez reprodukcí výtvarných artefaktů na obr. 36 a 42 by se kniha spíše obešla. Část přejatých obrázků navíc trpí nízkou kvalitou reprodukce (obr. 17). Ukazuje se, že výběru ilustrativních obrázků je nutné věnovat přiměřenou pozornost jak se strany autora, tak i nakladatelství. To se týká i technické redakce: od strany 96 nesouhlasí stránkování knihy s obsahem.

Díličí připomínky nemění nic na skutečnosti zmíněné již v úvodu, že recenzovaná kniha přináší velké množství shromážděných a čtivě prezentovaných informací a podává čtenáři výstižný obraz o vývoji, současném stavu a možnostech využívání meteorologie. V tom jistě plní svoji funkci. Splní-li svoje informativní a osvětové poslání, závisí na tom, zda za poměrně vysokou cenu (270,- slovenských korun) najde čtenáře.

### Literatura

- [1] KRŠKA, K. – ŠAMAJ, F., 2001. Dějiny meteorologie v českých zemích a na Slovensku. Praha, Univerzita Karlova v Praze. Nakladatelství Karolinum. 568 s. ISBN 80-7184-951-0.

*Zdeněk Horký*



## EDIČNÍ PLÁN NAKLADATELSTVÍ ČHMÚ NA ROK 2003

EDICE

TITUL

### Práce a studie

Seš. 32 R. Tolasz – M. Stříž: Prostorová analýza srážkového pole za období 1961–1990  
Seš. 33 P. Štěpánek: Homogenizace teploty vzduchu v České republice v období přístrojových pozorování

### Mimo ediční řady

J. Šantroch et al.: Přízemní ozon  
J. Kubát et al.: Poznatky a zkušenosti z katastrofální povodně v srpnu 2002  
K. Krška – V. Vlasák: Historie a současnost hydrometeorologické služby na jižní Moravě  
J. Rožnovský – M. Kohut – M. Hradil: Agroklimatické podmínky jižní Moravy  
V. Květoň – H. Květoňová: Charakteristiky teploty vzduchu v České republice 1961–2000  
J. Daňhelka et al.: Posouzení vhodnosti aplikace srážkoodtokových modelů s ohledem na simulaci povodňových stavů pro lokality na území České republiky (koedice s Českou zemědělskou univerzitou)  
K. Vaníček: Calibration History of the Dobson 074 and Brewer 098 Ozone Spectrophotometers

### Seriálové publikace

Výroční zpráva ČHMÚ 2002  
Hydrologická ročenka České republiky 2002  
Znečištění ovzduší a atmosférická depozice v datech, Česká republika 2002  
Znečištění ovzduší na území České republiky. Grafická ročenka 2002  
Společná zpráva o kvalitě ovzduší v oblasti Černého trojúhelníku 2002



## **VÝBĚR Z NOVINEK ZÁKLADNÍ KNIHOVNY ČESKÉHO HYDROMETEOROLOGICKÉHO ÚSTAVU**

**Svoboda, J.**

**Utajené dějiny podnebí: Řídilo počasí dějiny lidstva?**

1. vyd. Praha: Železný 2002. 202 s.

**Allaby, M.**

**Průvodce světem počasí: Fotografická cesta oblaky**

1. vyd. Praha: Slovart 2002. 64 s.

**Kobzová, E.**

**Počasí**

1. vyd. Olomouc: Rubico 1998. 276 s.

**Konvička, M.**

**Město a povodeň : Strategie rozvoje měst po povodních**

1. vyd. Brno: ERA group 2002. 219 s.

**Tiedesmann, H.**

**Floods-Causes, Effects and Risk Assessment**

2. vyd. New York: PartnerRe Ltd.: 2002. 102 s.

**Mezinárodní komise pro ochranu Odry před znečištěním (MKOO)**

**Hlásná a předpovědní povodňová služba v povodí Odry**

1. vyd. Wrocław: MKOO 2001. 121 s.

**Šamaj, F.**

**Meteorológia včera a dnes : Pokroky meteorológie a ich aplikácie**

1. vyd. Bratislava: VEDA 2001. 156 s.

**Holton, James R.**

**Encyclopedia of atmospheric sciences**

1. vyd. London: Academic Press 2002. Vol. 1–6. 2625 s.