ČASOVÁ DISTRIBUCE SRÁŽEK PRO STŘEDNĚDOBOU HYDROLOGICKOU PŘEDPOVĚĎ

Ilona Vašková[1], Lucie Březková[2]

Abstrakt

Tvorba hydrologické střednědobé předpovědi je úzce spjata s nejistotou určení množství vstupních srážek. Metoda navržená v tomto příspěvku je zaměřena na přípravu vstupních srážkových dat v šestihodinovém intervalu do hydrologického modelu pro výpočet střednědobé hydrologické předpovědi. Pro první dva předpovídané dny jsou v operativní praxi většinou využívány deterministické předpovědi meteorologických předpovědních modelů, v případě ČHMÚ se jedná o model Aladin. Pro delší předpovědní období než 2 dny, kdy nejistota předpovídaných srážek prudce stoupá, je vhodné využít pravděpodobnostní předpovědi. Cílem této práce bylo navrhnout postup vytvoření syntetické řady 6hodinových úhrnů ve dnech následujících, tj. navázat na předpověď modelu Aladin. Za tímto účelem byly vytvořeny řady syntetických denních srážek pomocí stochastického generátoru počasí, které vykazují shodné pravděpodobnostní rozložení výskytu s daty pozorovanými. Generované denní srážkové úhrny, bylo nutno vhodně rozdělit do 6hodinových intervalů, a to definováním vztahu mezi syntetickými a historickými denními srážkovými úhrny, u nichž jsou známy jejich úhrny 6hodinové. Za účelem zpřesnění této časové diskretizace, z hlediska charakteru srážkové činnosti, byly historické epizody rozčleněny na letní a zimní. K testování metodiky bylo zvoleno povodí Odry, ve kterém jsou k dispozici 6 a 24hodinové záznamy srážkových úhrnů od roku 2000.

Klíčová slova: střednědobá hydrologická předpověď, časové rozdělení srážek, stochastický generátor srážek, stochastická předpověď

1. Úvod

Hydrologická předpověď s dobou předstihu delší než je doba koncentrace daného povodí je významně ovlivněna nejistotou určení množství srážek. Vstupní srážky pro první dva předpovídané dny jsou většinou produktem deterministické předpovědi meteorologických předpovědních modelů. Pro předpovědní období delší než 2 dny je vhodné využít variantní předpověď meteorologického ansámblu (pravděpodobnostní předpovědi) nebo historické analogy průběhu počasí (známé pod pojmem EPS- Ensamble Prediction System).

Metodika ESP (Ensamble Streamflow Prediction) byla vyvinuta v National Weather Service (NWS), kde je také provozována [NWS, 2007]. Vychází z předpokladu, že rozptyl možného průběhu srážek a teploty vzduchu v určité části roku je vyjádřen skutečnými pozorovanými historickými daty (v NWS od roku 1951). ESP využívá v daném předpovědním období vstupní srážky v podobě skutečných dat pozorovaná v předešlých letech ve stejných kalendářních dnech roku. Implementace této metody v ČHMÚ by umožnila 50 variantních předpovědí (s využitím historických meteorologických dat od roku 1961). Nicméně, tato klasická metodika přináší nutnost stále rozšiřovat databázi historických analogů o nově naměřená data.

Správnějšího vystižení skutečné pravděpodobnosti výskytu jevů s malou pravděpodobností opakování v průběhu roku poskytují stochastické generátory počasí. Slouží k vytváření umělých řad definovaných meteorologických prvků. Navíc v případě generovaných řad odpadá nutnost neustálého rozšiřování datových souborů, jak je tomu u metodiky ESP. Řada je nově generována pouze v případě výskytu nového jevu s nízkou pravděpodobností opakování, který by mohl ovlivnit charakteristiky pravděpodobnostního rozložení daného jevu.

Cílem této práce bylo vytvoření 6hodinové řady srážkových úhrnů, navržená metodika hledá vztah mezi syntetickými denními srážkovými úhrny obdrženými stochastickým generátorem a historickými denními a 6hodinovými srážkovými úhrny (rozčleněnými na letní a zimní epizody). Detailní popis metody je prezentován v kapitole 2.2.

2.1 Stochastický generátor řad meteorologických prvků

Stochastické generátory počasí slouží k vytváření umělých řad definovaných meteorologických prvků, které vykazují shodné pravděpodobnostní rozložení výskytu simulovaných prvků jako pozorovaná řada. Základním principem, na kterém jsou stochastické generátory nejčastěji postaveny jsou Markovovy řetězce nebo spell-lenght přístup [Semenov and Barrow, 2002; Wilks and Wilby, 1999]. Pravděpodobnost výskytu prvků je většinou řešena odděleně pro jednotlivé kalendářní měsíce. Generátor současně respektuje autokorelační závislosti jednotlivých řad i vzájemné korelace generovaných řad.

Nutno podotknout, že název generátor počasí může být zavádějící, nejedná se o předpovědní nástroj, ale nástroj ke generování syntetických dat. Jeho původní využití bylo spojeno s výpočtem dodatečně dlouhých syntentických časových řad se stejnými statistickými charakteristikami jako pozorované klimatické řady v dané lokalitě. Současně generátor slouží k vytvoření časových řad v místech, kde nejsou dostupná pozorovaná data (pomocí prostorové interpolace parametrů získaných v nejbližších okolních stanicích). V neposlední řadě generované řady meteorologických prvků jsou využívány ve studiích týkajících se klimatických změn.

V rámci této práce byl využit stochastický generátor LARS-WG (Long Ashton Research Station Wheather Generator) [Semenov and Barrow, 2002; Semenov, 2008; Pretel et al., 2007], založený na principu spell-length, který vytváří řady denních srážkových úhrnů, maximálních a minimálních teplot a radiace. V případě srážek, generátor nejprve modeluje suchá a vlhká období (denní úhrn větší než 0 mm). Délka každé řady je náhodně zvolena podle příslušného semi-empirického rozdělení vlhkého či suchého období (v příslušném měsíci, ve kterém řada začíná). V případě dne se srážkou je hodnota denního úhrnu generována pomocí rozdělení srážkových úhrnů v daném měsíci, bez ohledu na délku srážkové řady nebo množství srážek v předchozích dnech.

Tento generátor byl úspěšně využit v různých hydrologických studiích, lze jmenovat např. Dibike and Coulibaly [2005], nebo Khan et al. [2006]. Program LARS-WG je dostupný na internetu, a v rámci tohoto projektu poskytl autor programu licenci pro volné nekomerční použití generátoru.

2.2 Časová distribuce srážek

Zkušenosti s předpovědními hydrologickými modely ČHMÚ ukazují, že 6hodinový interval je přijatelný pro provoz hydrologického modelu (uvnitř tohoto intervalu je vstupní srážka uvažována jako uniformní).

Předpovídané řady srážkových úhrnů k danému datu jsou složeny v prvních dvou dnech z výstupů předpovědního meteorologického modelu Aladin, tj. v 6hodinovém kroku. Následující úhrny jsou syntetické, pochází ze stochastického generátoru LARS-WG, jedná tedy se o denní srážkové úhrny. Pro každou stanici daného povodí je vygenerována 1000letá řada syntetických denních srážkových úhrnů. Náhodným výběrem roku jsou vybrány denní srážkové úhrny $P_{24h\ synt}$ ke každému dni střednědobé předpovědi (program umožňuje uživateli zadat počáteční datum předpovědi).

Časové redistribuce syntetických denních srážek $P_{24h\ synt}$ na 6hodinové P_{6h} je navržena pomocí paralely se skutečně naměřenými denní srážkové úhrny v dané srážkoměrné stanici v rámci stanovené tolerance a korespondujících 6hodinových srážkových úhrnů. Ke každé hodnotě syntetické $P_{24h\ synt}$ jsou hledány v databázi naměřených srážkových úhrnů v mezích stanovené tolerance (volitelný parametr). Současně musí být dodržena podmínka, že součet

úhrnů v prvním a posledním 6hodinovém intervalu daného dne nesmí převýšit vybraný syntetický denní úhrn $P_{24h\ synt}$. Je nutno zmínit, že při vyhledávání dat je rozlišována srážka "letní" (květen až září) a "zimní" (říjen – duben), je tedy bráno na zřetel datum předpovědi.

Tabulka 1 představuje ukázku části vstupního souboru měřených dat, se kterým pracuje navržený program umožňující automatizaci této metodiky. Soubor obsahuje základní údaje o srážkoměrných stanicích, datum měření, registrované srážkové úhrny denní P_{24h} i 6hodinové P_{6h} a současně úhrny ze dne předchozího a následujícího.

Ze všech dat, které splní výše zmiňované podmínky je náhodně vybrán k jednomu úhrnu $P_{24h\ synt}$ jeden úhrn P_{24h} historický s korespondujícími 6hodinovými úhrny ze dne předchozího a následujícího. Posledním krokem je dopočítání zbylých dvou 6hodinových intervalů vybraného denního úhrnu, náhodným rozdělením zbylého úhrnu na dva díly. Výslednými daty, která představují vstupní soubor pro model střednědobé předpovědi jsou tedy $P_{24h\ synt}$ a čtyři 6hodinové úhrny.

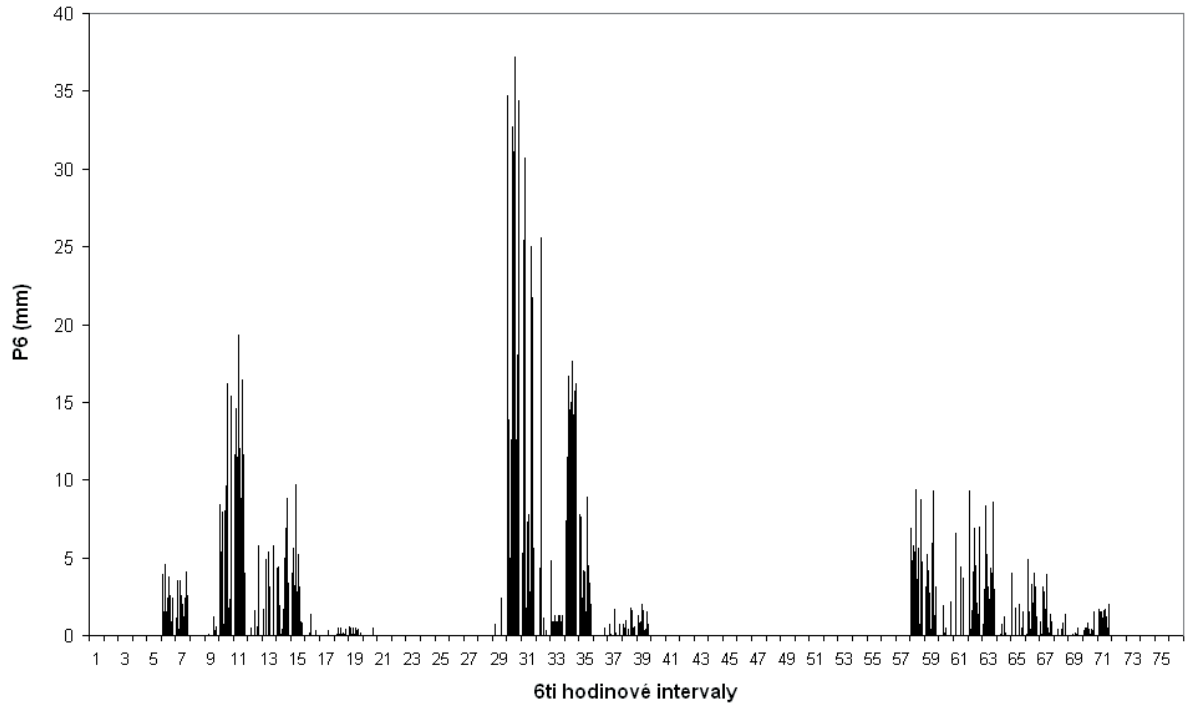
Tab. 1: Ukázka části vstupního souboru měřených dat.

Id kód stanice	Z	X	Y	Year	Month	Day	P_{24h}	$P_{24h\ před}$	$P_{6h\ před}$	$P_{24h\ násl}$	$P_{6h\ násl}$
O1BELO01	306	3702880	5498820	2000	5	17	0	0	0	0	0
O1BELO01	306	3702880	5498820	2000	5	18	0	0	0	25.9	0
O1BELO01	306	3702880	5498820	2000	5	22	0	1.8	0.2	7	3.2
O1BELO01	306	3702880	5498820	2000	5	24	0	7	0.6	0	0
O1BELO01	306	3702880	5498820	2000	5	25	0	0	0	0	0
O1BELO01	306	3702880	5498820	2000	5	26	0	0	0	0	0
O1BELO01	306	3702880	5498820	2000	5	27	0	0	0	0	0
O1BELO01	306	3702880	5498820	2000	5	28	0	0	0	2	0
O1BELO01	306	3702880	5498820	2000	6	2	0	2.1	0	0	0

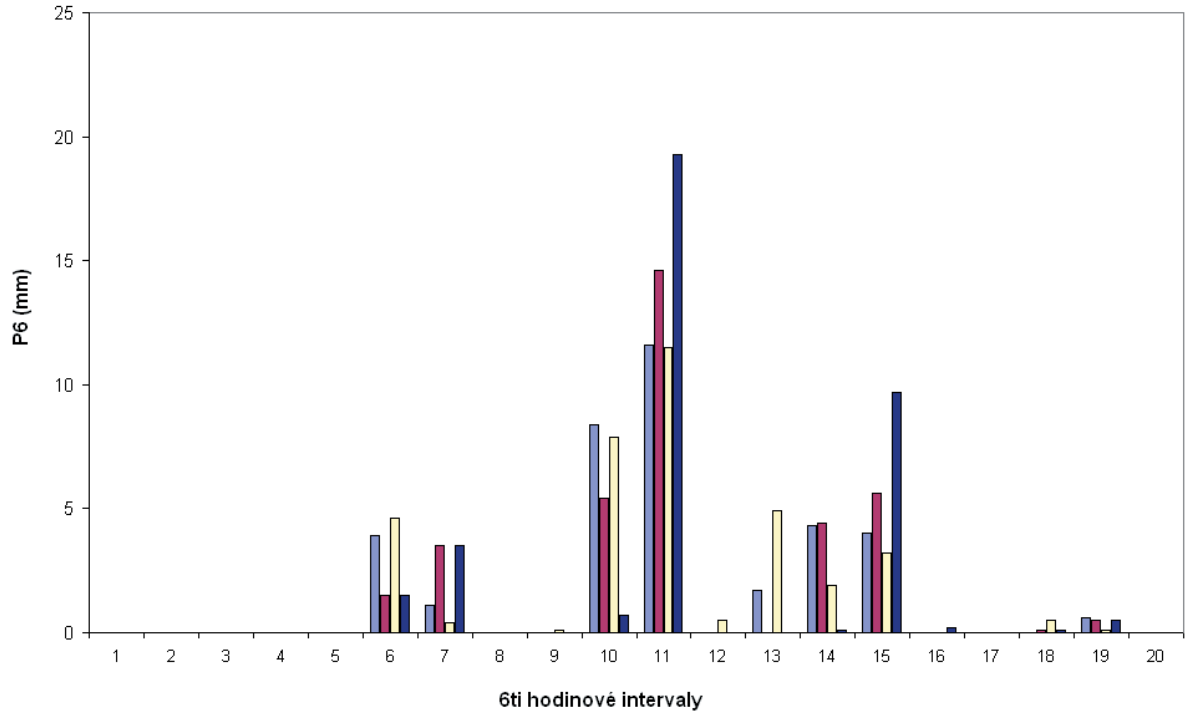
2.3 Aplikace

Metodika byla testována na povodí Odry, na němž se nachází 11 srážkoměrných stanic, ve kterých jsou od roku 2000 měřeny 6 a 24hodinové srážkové úhrny. Jako příklad je zde prezentována předpověď k datu 20. 8. 2009. Pro oblast daného povodí byla vygenerována 1000letá řada syntetických denních srážkových úhrnů. V náhodně vybraném roce je ke každému dni střednědobé předpovědi přiřazen denní srážkový úhrn $P_{24h\ synt}$ (délka střednědobé předpovědi byla zvolena 20 dní).

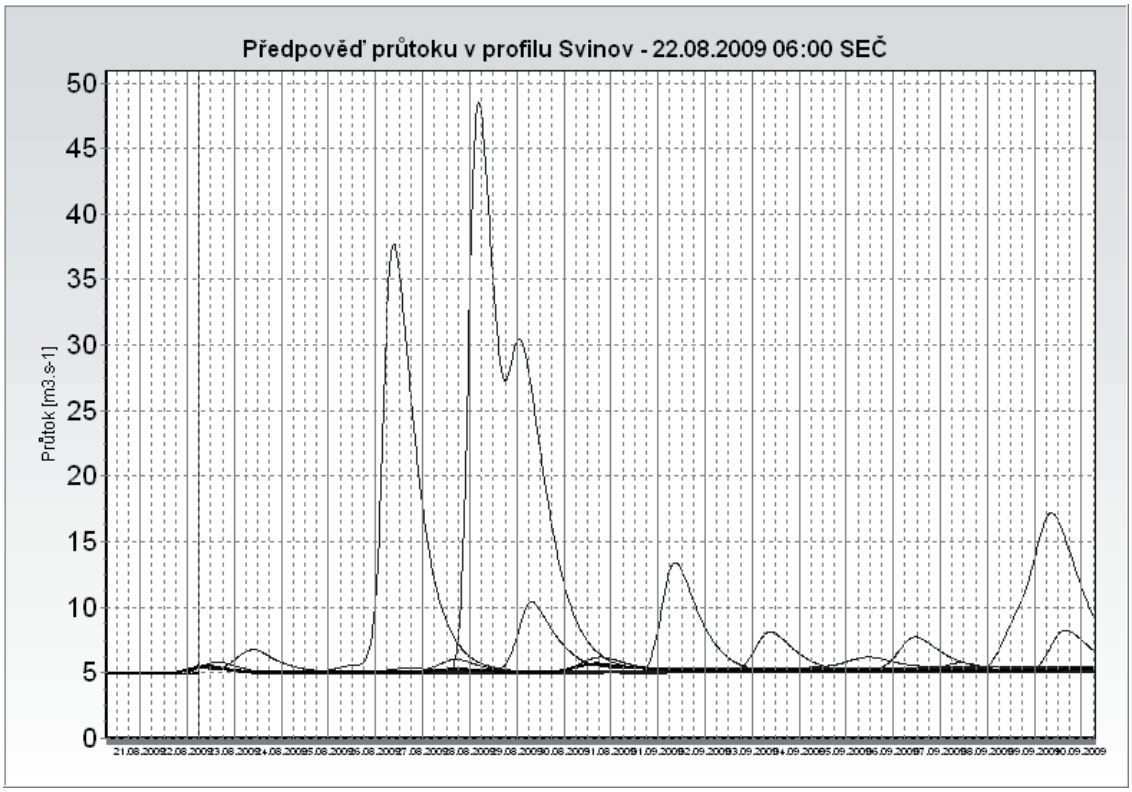
S ohledem na zvolenou toleranci, v tomto případě 10 %, byly ze souboru historických dat vyhledávány všechny "letní" srážkové úhrny P_{24h} spolu s 6hodinovými úhrny ze dne předchozího a následujícího splňující podmínky popsané v kapitole 2.2. Výsledný soubor dat byl vytvořen náhodným výběrem epizod a dopočtem 6hodinových intervalů pro každý den předpovědi a každou srážkoměrnou stanici. Tento soubor je tedy vstupním souborem "předpovídaných" srážek pro model počítající následně střednědobou hydrologickou předpověď (v grafické podobě viz Obr. 1). Pro přesnější představu, je zde prezentován detail výše zmíněného výstupu pro 4 stanice a 4 předpovídané dny (Obr. 2).



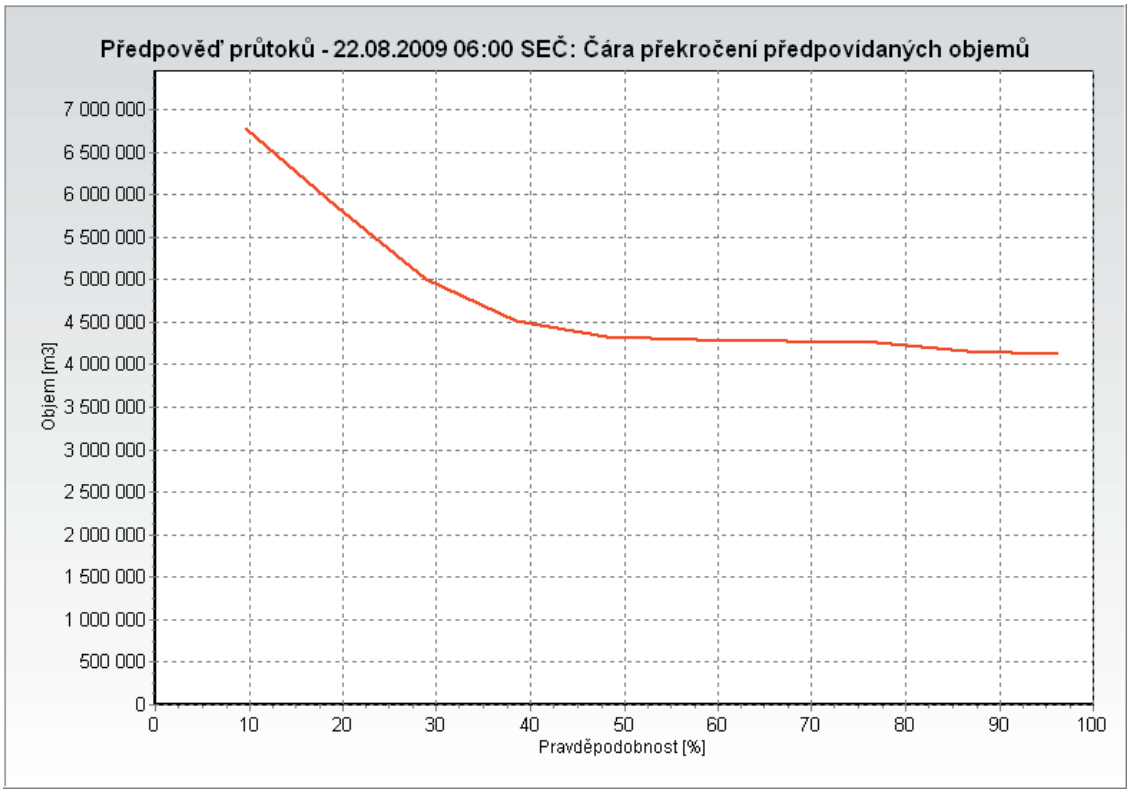
Obr. 1: Výsledné rozložení 6hodinových srážek v horizontu 20 dní v 10 stanicích povodí Odry.



Obr. 2: Časové rozložení 6hodinových srážek ve 4 stanicích (rozlišeno stupněm šedi) v časovém horizontu 4 dní.



Obr. 3: Ukázka 20denní simulace předpovědi průtoků – soubor deseti scénářů průtoků.



Obr. 4: Ukázka 20denní simulace předpovědi průtoků – čára překročení předpovídaných objemů odtoku.

Na Obr. 3 je pro ilustraci znázorněn soubor předpovědí průtoku pro profil Svinov (Odra) založený na 10 srážkových scénářích generovaných uvedenou metodou. Předpovědi průtoků byly počítány srážko-odtokovým modelem HYDROG [Starý et al., 1998]. Na Obr. 4 je pak zobrazena odpovídající čára překročení předpovídaných objemů odtoku.

3. Závěr

V příspěvku je uvedena metoda distribuce 24hodinových srážkových úhrnů do 6hodinových srážkových úhrnů v závislosti na reálně naměřených (historických) datech. Metoda je určena pro přípravu časových řad srážek, které pak slouží jako vstupní data pro výpočet střednědobé předpovědi průtoků.

Navrhovaná metoda je snadno aplikovatelná v praxi. V povodích s řidší srážkoměrnou sítí by bylo vhodné využít k získání historických 6hodinových a denních srážkových úhrnů radarové odhady srážek počítané jako kombinace srážkoměrného a radarového měření, viz [Šálek et al., 2004], (ČHMÚ má k dispozici kontinuální řadu měření cca od roku 2003). Pro výpočet střednědobé předpovědi průtoků v reálném provozu by také bylo vhodné využít větší množství srážkových scénářů.

Poděkování

Práce byla vytvořena s podporou projektu SP/1c4/16/07.

Literatura

[1] DIBIKE, Y. B. – COULIBALY, P., 2005. Hydrologic Impact of Climate Change in the Saguenay Watershed: Comparison of Downscaling Methods and Hydrologic Models. Journal of Hydrology, 307, pp 145-163.

[2] KHAN, M. S. – COULIBALY, P. – DIBIKE, Y. B., 2006. Uncertainty analysis of statistical downscaling methods. Journal of Hydrology, 319, pp 357 – 382.

[3] NWS, 2007. NWSRFS User Manual Documentation. Dostupné na <www.nws.noaa.gov/oh/hrl/nwsrfs/users_manual/htm/xrfsdocpdf.php>

[4] PRETEL, J. a kol., 2007. Zpřesnění dosavadních odhadů dopadů klimatické změny v sektorech vodního hospodářství, zemědělství a lesnictví a návrhy adaptačních opatření. Závěrečná práva o řešení projektu v roce 2007, ČHMÚ, Praha.

[5] SEMENOV, M. A., 2008. Simulation of extreme weather events by a stochastic weather generátor. Clim Res, *11*, pp 203-212.

[6] SEMENOV, M. A. – BARROW, E. M., 2002. LARS-WG-A stochastic weather generator for use in climate impact studies, version 3.0. User manual.

[7] STARÝ, M. – TUREČEK, B., 2000. Operative control and prediction of floods in the River Odra basin. In.: *Flood Issues in Contemporary Water Management.* NATO Science Series, 2. Enviromental Security - Vol. 71, Kluwer Academic Publishers, pp 229-236, ISBN 0-7923-6452-X

[8] ŠÁLEK, M. – NOVÁK, P. – SEO, D. J., 2004. Operational application of combined radar and raingauges precipitation estimation at the CHMI. In: *ERAD 2004 proceedings*, ERAD publication series, Vol. 2, 16-20.

[9] WILKS, D. E. – WILBY, R. L., 1999. The Weather Generation Game: a Review of Stochastic Weather Models. Progress in Physical Geography. 23, pp 329–357.

Kontakty na autora

1 Český hydrometeorologický ústav, pobočka Hradec Králové, e-mail: vaskova@chmi.cz

2 Český hydrometeorologický ústav, pobočka Brno, e-mail: lucie.brezkova@chmi.cz