MOŽNOSTI PREDIKCE PŘÍVALOVÝCH POVODNÍ V PODMÍNKÁCH ČESKÉ REPUBLIKY

Lucie Březková[1], Petr Novák[2], Milan Šálek[1], Martin Jonov[3], Šárka Maděřičová[3], Hana Kyznarová[2], Petr Frolík[2]

Abstrakt

Povodně způsobené přívalovými srážkami jsou charakteristické velmi rychlým průběhem a jako takové jsou (často oprávněně) považovány za jev, který nelze předpovídat. S rozvojem měření srážek pomocí meteorologických radarů a především pak s rozvojem metod nowcastingu (velmi krátkodobé předpovědi srážek založené na extrapolaci radarového echa) vyvstává otázka, zda by tyto nástroje nešlo využít k predikci přívalových povodní.

Příspěvek shrnuje dosavadní zkušnosti autorů s predikcí přívalových povodní, které byly získány podrobnou analýzou vybraných případů z posledních let. V současné době se operativně počítá nowcasting srážek několika metodami, které se liší způsobem výpočtu pohybového pole a extrapolovaným radarovým produktem (COTREC, CELLTRACK, COTREC-ext aj.). Předpovědi jsou jsou aktualizovány každých 5 nebo 10 minut v závislosti na metodě. Jako měřená srážka slouží kombinace radarového a srážkoměrného měření, příp. odhad srážek pomocí tzv. adjustovaného radaru.

Příspěvek se zabývá možnostmi predikce přívalových povodní jak na úrovni srážek (kdy je průběžně analyzována měřená a předpovídaná průměrná srážka na povodí), tak ve spojení se srážkoodtokovým modelem (HYDROG – Starý et al. 1998). Výsledky naznačují možný přístup při predikci tohoto typu povodní v operativním provozu.

Klíčová slova: předpovědi průtoků, přívalové povodně, hydrologický model

1. Úvod

Na přelomu června a července 2009 bylo počasí v České republice ovlivněno 12 dnů trvající tlakovou níží s centrem nad východním středomořím a Balkánským poloostrovem. V důsledku zasáhla naši zemi série silných bouřek, které na mnoha místech způsobily přívalové povodně s katastrofálními následky. Celkové škody jsou odhadovány na 5 mld. Kč, 15 lidí zemřelo.

Ačkoliv jsou přívalové povodně považovány za jev velmi obtížně předpovídatelný, první snahy v tomto směru již byly učiněny (viz Šálek et al. 2006). Některé povodně mohou být předpovězeny s předstihem několika desítek minut v závislosti zejména na přesnosti radarového měření, pohybu a vývoji konvektivních buněk, apod. Pro předpověď přívalových povodní je nutné použít velmi krátkodobou předpověď srážek (nowcasting) získanou zpravidla extrapolací radarového echa. Na ČHMÚ se v posledních letech vyvíjejí různé metody nowcastingu. Některé jsou již v operativním provozu - např. od roku 2004 COTREC (Novák, 2007) či od roku 2008 CELLTRACK (Kyznarová et. al. 2009), jiné se do operativního provozu teprve připravují (COTREC2, COTREC EXT – Novák et. al. 2010). Takto získané předpovědi srážek, které se zpravidla aktualizují v kroku 5-10 minut, pak nabízejí ve spřažení s hydrologickým modelem pokrok v oblasti předpovědí přívalových povodní.

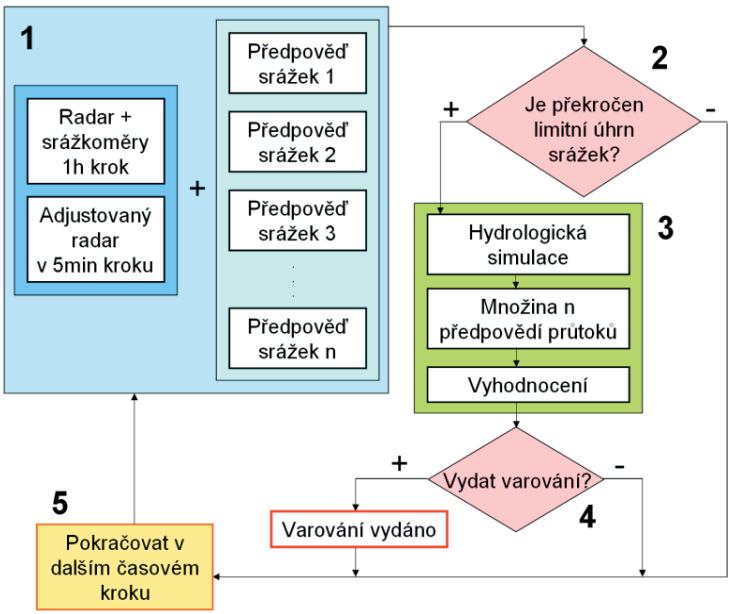
Problém predikce přívalových povodní spočívá zejména ve velké nejistotě předpovídaných i měřených srážek. Chyby měření i předpovědi v tomto směru mohou být skuteně značné. Proto je žádoucí zohlednit tuto nejistotu při výpočtu předpovědi a zejména pak při rozhodování, zda vydat pro příslušnou lokalitu varování.

Příspěvek popisuje, jakým způsobem je možné k předpovědi přívalových povodní přistupovat. Navrhovaná metoda je testována na vybraných povodních, které zasáhly území České republiky v posledních letech.

2. Metoda

Navrhovaná metoda predikce přívalových povodní spočívá v podrobné analýze aktuální situace v zájmovém povodí, a to na úrovni srážek, kdy je kontrolováno překročení limitní průměrné srážky pro dané území, a na úrovni průtoků, kdy je simulován srážko-odtokový proces v povodí v závislosti na měřené a předpovídané srážce. Velikost zájmového území by neměla překročit cca 100 km^2.

Analýza probíhá v několika krocích – viz Obr. 1.



Obr. 1: Analýza aktuální situace v povodí.

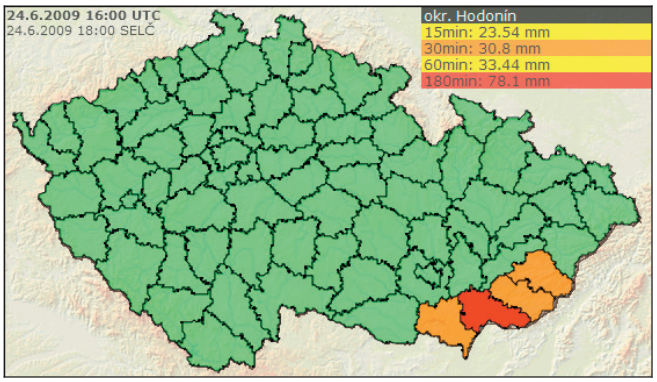
1- Analýza srážek (viz Obr. 3). 2- Porovnání naměřených a předpovězených srážek s limitním průměrných srážkovým úhrnem na povodí. 3- Hydrologické simulace založené na různých scénářích srážek (nowcastingu). 4- Rozhodnutí týkající se případného vydání varování do ohrožené oblasti. 5- Pokračování v dalším časovém kroku. Celý proces se opakuje v kroku 5-10 minut.

Celý proces probíhá v cyklu skládajícím se z několika kroků:

1. *Analýza srážek.* V tomto kroku je naměřená srážka (zpravidla adjustovaný radarový odhad kombinovaný se srážkoměry – viz Šálek et al. 2004) kombinována s různými typy nowcastingu srážek. Protože odhady srážek získané kombinací radarového a srážkoměrného měření jsou dostupné v hodinovém kroku (zpravidla ve 20. minutě nominální hodiny), jsou doplněny odhady z adjustovaného radaru, jež jsou dostupné v 5minutovém kroku. V současné době jsou k dispozici tyto typy nowcastingu srážek:
    a. COTREC –viz Novák (2007),
    b. COTREC EXT využívající data z radarů okolních států (Novák et al. 2010),
    c. CELLTRACK – viz Kyznarová et al. (2009),
    d. PERSISTANCE (opakování poslední naměřené hodnoty).

    Předpovídané srážky je zpravidla nutné adjustovat – k tomu se využívá obvykle poslední dostupný adjustační koeficient (mean field bias – viz Šálek at al. 2004). Předpovědi srážek adjustované různými adjustačními koeficienty mohou tvořit další varianty předpovědí srážek a být tedy součástí množiny všech dostupných

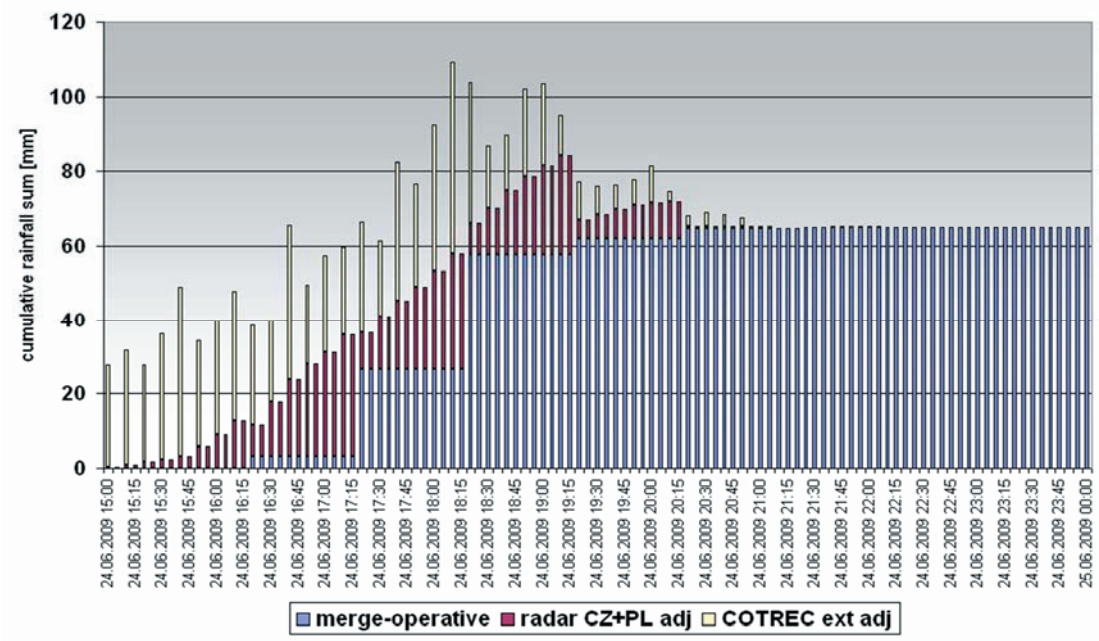
předpovědí srážek. Ty jsou pak podkladem pro další analýzy (viz Březková et al. 2008). Analýza srážek může být zobrazena pomocí mapy (viz Obr. 2), případně pomocí grafu (viz Obr. 3). Protože analyzujeme průměrnou srážku na povodí, má tato analýza význam pouze pro velmi malá povodí.



Obr. 2: Mapa srážkové analýzy. Překročení limitních úhrnů je znázorněno různými barvami (viz Novák et al. 2010).

2. *Rozhodovací bod.* Kontroluje se srovnání naměřených a předpovězených úhrnů se stanovenými limitními průměrnými úhrny srážek na povodí. Limitní úhrny mohou být stanoveny buď subjektivně na základě zkušenosti hydrologa, případně mohou být získány na základě modelového výpočtu a aktuální nasycenosti povodí (viz Šercl et al. 2010).
3. *Hydrologická simulace.* V případě překročení srážkových limitních úhrnů je spuštěn hydrologický výpočet. K tomu je nutné využít (semi) distribuovaný hydrologický model s dostatečně podrobně popsanou vstupní srážkou. V našem případě je využíván model HYDROG uzpůsobený simulaci srážko-odtokového procesu na malých povodích (viz Šálek et al. 2006). Takto získáme množinu předpovědí průtoků pro dané povodí. Celkovou množinu předpovědí však můžeme získat v konečném důsledku na základě simulací z více hydrologických modelů. Pro každé povodí je dále nutné stanovit kritickou hodnotu průtoku. U pozorovaných povodí se stanovenými stupni povodňové aktivity je to obvykle 3. SPA (v souladu se Systémem integrované výstražné služby). U nepozorovaných povodí je nutné tuto hodnotu stanovit individuálně (např. podle míry protipovodňové ochrany v místních obcích).
4. *Rozhodovací bod.* V případě překročení limitní hodnoty průtoku je třeba se rozhodnout, zda vydat varování do ohrožené lokality či nikoliv. Pravidlem pro toto rozhodnutí může být například překročení limitní hodnoty průtoku alespoň v jednom případě. Je třeba však počítat s velkým množstvím falešných alarmů.
5. *Pokračování v dalším časovém kroku.*

Uvedená metoda se snaží postihnout nejistotu předpovídání přívalových povodní pomocí variantního přístupu. Zároveň je aplikovatelná v reálném čase. Výpočty předpovědí průtoků v operativním provozu by byly dostupné přibližně v 5. minutě po radarovém měření.



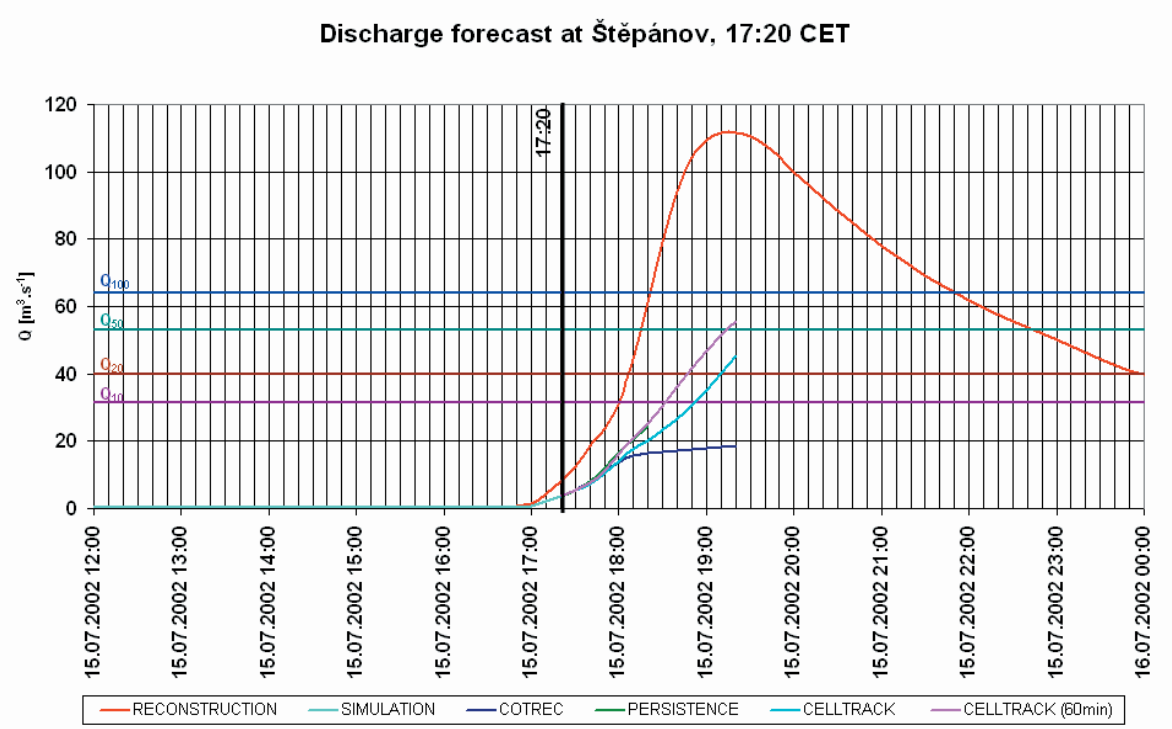
Obr. 3: Ukázka analýzy srážek – kumulace průměrného srážkového úhrnu na povodí je každou desátou minutu doplněna o předpověd srážek (adjustovaný COTREC EXT). Modře jsou znázorněny kombinace radarového a srážkoměrného měření dostupné v hodinovém kroku vždy k 20. minutě nominální hodiny. Červeně je znázorněn přírůstek srážky v 5minutovém kroku získaný z adjustovaného radarového odhadu srážek. Žlutě je pak předpovídaný 3h srážkový úhrn získaný metodou COTREC EXT, který je dostupný každou desátou minutu. Analýza byla provedena pro povodí Luhy.

3. Případové studie

Uvedená metoda byla testována na čtyřech epizodách. Jedná se o přívalové povodně v povodí Hodonínky (15. 7. 2002), Sloupského potoka (26. 5. 2003), Jičínky (24. 6. 2009) a Luhy (24. 6. 2009). Povodí Jičínky a Sloupského potoka jsou pozorovaná povodí. Na Hodonínce byla povodeň vyhodnocena hydraulickým výpočtem podle informací získaných z terénního průzkumu. V povodí Luhy nebyla povodeň vyhodnocena, avšak podle obrovských povodňových škod se dá předpokládat, že kulminační průtok přesáhl Q_{100} v závěrovém profilu. Výsledky simulací jsou souhrnně uvedeny v Tab. 1.

Tab. 1: Výsledky simulace operativních předpovědí průtoků pro vybrané přívalové povodně

Povodí	Jičínka	Luha	Hodonínka	Sloupský potok
Plocha [km^2]	95	96	67	50
Závěrový profil	Nový Jičín	Jeseník nad Odrou	Štěpánov	Sloup
Limitní hodnota průtoku [$m^3.s^{-1}$]	49	37	32	12
Q_{100} v závěrovém profilu [$m^3.s^{-1}$]	178	87	64	35
N-letost povodně	>>Q_{100}	>>Q_{100}	>>Q_{100}	>Q_{50}
Čas, kdy má smysl ještě vydat varování (pro závěrový profil)	18:40 (CET)	20:00 (CET)	17:50 (CET)	13:50 (CET)
Čas možného vydání varování	17:40	18:40	17:20	13:20
Předstih předpovědi [min]	60	80	30	30



Obr. 4: Ukázka variantní předpovědi průtoků založená na několika typech nowcastingu (simulace operativních předpovědí průtoků při povodni na Hodoníce 15. 7. 2002).

4. Závěr

Výsledky ukazují, že některé přívalové povodně jsou s využitím nowcastingu srážek spřaženého s distributivním hydrologickým modelem předpovídatelné s předstihem maximálně několika desítek minut. Protože přívalové povodně jsou velmi extrémním jevem, není směrodatná v případě takové predikce její přesnost, ale pouze kvalitativní hodnota - zda hrozí nebezpečí povodně či nikoliv. Protože ČHMÚ je v dnešní době schopen zajistit operativní výpočet několika metod srážkového nowcastingu, je vhodné přistupovat k problematice analýzou všech dostupných variant předpovědi srážek.

Uvedená metoda bude testována operativně na brněnské pobočce ČHMÚ, čímž získáme také lepší představu o přesnosti jednotlivých metod nowcastingu nejen z pohledu varování před povodněmi, ale také z pohledu falešných alarmů.

Je třeba také podotknout, že případné varování je nutné co nejrychleji telefonicky směřovat do ohrožení lokality, což Systém integrované výstražné služby využívající prostředků elektronické pošty a sms zpráv prakticky neumožňuje.

Poděkování

Práce byla vytvořena s podporou projektů GAČR 103/07/1620, MŠMT 1P05ME748 a MŠMT ME09033.

Literatura

[1] BŘEZKOVÁ, L. – JONOV, M. – NOVÁK, P. – ŠÁLEK, M., 2008. Different methods of adjustment of the nowcasting data from the point of view of the hydrological forecasting, In: *Fifth European Conference on Radar in Meteorology (ERAD) 30. 6. - 4. 7. 2008*, Helsinki. ERAD publication series. Conference Abstract. [Full text on enclosed CD].

[2] KYZNAROVÁ, H. – NOVÁK, P., 2009. CELLTRACK – Convective Cell Tracking Algorithm and Its Use for Deriving of Life Cycle Characteristics. Atmospheric Research, 93, pp 317–327.

[3] NOVÁK, P. – BŘEZKOVÁ, L. – FROLÍK, P., 2009. Quantitative Precipitation Forecast using Radar Echo Extrapolation. Atmospheric Research, 93, pp 328–334.

[4] NOVÁK, P. – FROLÍK, P. – BŘEZKOVÁ, L. – JANÁL, P., 2010. Improvements of Czech Precipitation Nowcasting System. In: *ERAD 2010 proceedings. ERAD 2010*, 6. -10. 9. 2010, Sibiu.

[5] STARÝ, M. – TUREČEK, B. 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, 2000, pp 229–236, ISBN 0-7923-6452-X.

[6] ŠÁLEK, M. – BŘEZKOVÁ, L. – NOVÁK, P., 2006. The use of radar in hydrological modelling in the Czech Republic - case studies of flash floods. Natural Hazards and Earth System Sciences, 6, pp 229–236.

[7] 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, pp.16-20.

[8] ŠERCL, P. – DAŇHELKA, J. – TYL, R., 2010. Problematika předpovídání a vyhodnocení přívalových povodní. Sborník Hydrologické dny 2010, 25. - 27. 10. 2010, Hradec Králové.

Kontakty na autora

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

2 Český hydrometeorologický ústav, Praha,
e-mail: petr.novak@chmi.cz, kyznarova@chmi.cz, petr.frolík@chmi.cz

3 Český hydrometeorologický ústav, pobočka Ostrava,
e-mail: jonov@chmi.cz, madericova@chmi.cz