

# Výroční konference České meteorologické společnosti 2022

Sborník abstraktů

Hotel Antoň v Telči  
20.–22. 9. 2022

Česká meteorologická společnost  
Český hydrometeorologický ústav  
Univerzita Karlova  
Ústav fyziky atmosféry AV ČR, v. v. i.

# **Výroční konference České meteorologické společnosti 2022**

**Meteorologické aspekty minulých i budoucích  
povodní – výročí velkých povodní – 20 let  
v Čechách, 25 let na Moravě a 150 let na Berounce**

Sborník abstraktů

Telč, Hotel Antoň, 20.–22. září 2022

Fotografie na obálce: Telč

## OBSAH

<b>Pavel Lipina, Miloslav Müller</b> Úvodní slovo .....	5
<b>Jan Daňhelka</b> Jak by proběhly dnes? K výročí povodní 1872, 1997 a 2002.....	6
<b>Olga Halásová</b> Přítalová povodeň 1. června 1921 .....	7
<b>Pavel Jůza</b> Některé srážkově významné situace na přelomu dubna a května .....	8
<b>Alena Kamínková, Jarmila Šustková</b> Problematika vydávání hydrologických výstražných informací za různých typů povodňových situací.....	9
<b>Grażyna Knozová</b> Výskyt extrémních krátkodobých srážek na Telčsku.....	10
<b>Milan Lapin</b> Možný vplyv klimatickej zmeny na zrážkový režim .....	11
<b>Milan Lapin</b> Podiel človeka na globálnej klimatickej zmene z pohľadu fyziky klimatického systému Země.....	12
<b>Miloslav Müller</b> Meteorologické príčiny extrémnych povodní v Česku.....	13
<b>Miloslav Müller, Martin Laco, Lenka Crhová, Marek Kašpar, Filip Hulec</b> Nasycenosť povodí pred silnými srážkami a povodňami v Česku.....	14
<b>Martin Novák</b> Meteorologické príčiny povodní na severu Čech v červenci 2021 .....	15
<b>Lucie Pokorná, Zbyněk Sokol, Michal Belda, Zuzana Rulfová, Radmila Brožková a Alena Trojánková</b> Verifikace PERUN/Reanalysis na Evropské doméně .....	16
<b>Jan Procházka, Ivo Rolčík, Miroslav Tesař</b> Amatérské a výzkumné meteorologické stanice s automatickým měřením srážek na Šumavě .....	17
<b>Zuzana Rulfová</b> Konvekční a vrstevnaté srážky v Česku 1982–2021 .....	18
<b>David Rýva, Miloslav Staněk</b> Ničivé tornádo 24. 6. 2021, výsledky podrobného zpracování škod .....	19
<b>David Rýva, Miloslav Staněk</b> Použití nové Mezinárodní Fujitovy stupnice pro konečné hodnocení loňského ničivého tornáda .....	20
<b>Jan Šrejber, Jan Unucka</b> Rekonstrukce katastrofální povodně roku 1872 na Blšance .....	21

<b>Radim Tolasz, Adam Valík</b> Pozorované trendy a charakteristiky bouřkových situací v České republice v letech 1961–2022 .....	22
<b>Martin Vokoun, Martin Hanel, Petr Zacharov, Tomáš Vlasák, Vojtěch Moravec</b> Kalibrace předpovědi srážek pro hydrologické modelování s využitím neuronových sítí ...	23
<b>Petr Zacharov, Daniela Řezáčová, Radmila Brožková</b> Historické předpovědi srážek z reanalýz ALADIN.....	24
<b>Petr Zacharov, Zbyněk Sokol, Pavel Sedlák, Vojtěch Bližňák, Petr Pešice, Martin Tomáš</b> FROST – předpověď teploty povrchu českých dálnic .....	25

Vážené kolegyně a kolegové,

právě listujete, v tištěné nebo elektronické verzi, sborníkem abstraktů Výroční konference České meteorologické společnosti. Pro letošní rok (2022) jsme vybrali téma, související s výročími velkých historických a novodobých povodní na našem území: Meteorologické aspekty minulých i budoucích povodní – výročí velkých povodní – 20 let v Čechách, 25 let na Moravě a 150 let na Berounce.

Na podzim roku 1997 se uskutečnil výroční seminář České meteorologické společnosti v Josefově Dole, přičemž plánovaným tématem bylo tehdy stoleté výročí extrémních srážek v Jizerských horách z července 1897. Při přípravě semináře ovšem nikdo nečekal, že se jeho téma aktualizuje extrémními srážkami a povodněmi, které přišly prakticky po 100 letech a zasáhly především Moravu a Slezsko. Tehdejší událost na konci povodňově jinak spíše klidnějšího 20. století vyvolala v Česku enormní zájem o problematiku povodní a jejich příčin, který byl dále umocněn srpnovými událostmi v roce 2002. V roce 2007 jsme se tak k povodním z roku 1997 vrátili na semináři v Malenovicích, v roce 2012 si pak připomněli výročí obou událostí na semináři ve Špindlerově Mlýně.

Uplynulo další deset let a jako aktuálnější problém naší země by se mohl zdát opačný hydrometeorologický extrém, totiž sucho. Tato představa je však nesprávná, protože povodně k hydrologickému režimu našich toků vždy patřily a patří budou. Je proto důležité, aby poznatky, které o nich meteorologická komunita postupně získala, byly dále rozvíjeny. Letos, kdy uplynulo 25 let od povodní z července 1997 a 20 let od povodní ze srpna 2002, ale třeba i 150 let od povodní z května 1872, je k tomu vhodná příležitost. Proto tematickou část letošní výroční konference věnujeme meteorologickým aspektům povodní a jen doufáme, že nedojde k obdobné aktualizaci tohoto tématu jako před čtvrt stoletím.

Nebudeme hovořit výhradně o meteorologických aspektech povodní, ale jsou zařazeny i příspěvky hydrologů. Jejich účast nás velmi těší a jsme rádi, že dochází k propojení všech pohledů na tyto mimořádné a extrémní jevy.

Jak bývá zvykem u výročních konferencí (dříve seminářů) společnosti, není to jen výhradně „povodňová“ konference, ale budeme se zabývat i dalšími tématy meteorologie a klimatologie. Pro letošní rok jsme zařadili také skoro již tradiční téma změny klimatu. Přihlášení řečníci budou informovat o obsahu Šesté hodnotící zprávy IPCC, podílu člověka na klimatické změně a dopady změny klimatu v ČR. Věříme, že tato žhavá témata přinesou zajímavou diskusi.

Na minulou výroční konferenci společnosti v Lounech (21. až 23. září 2021) jsme představili nový model konference, kdy část programu věnujeme novinkám v oboru, představení zajímavých publikací, informace o výsledcích zajímavého výzkumu nebo seznámení s novými, běžícími či ukončenými projekty.

V letošním roce jsme nově zařadili do programu i posterovou sekci, do které byly přihlášeny čtyři postery. Je to novinka výročních konferencí společnosti a věříme, že má své místo v programu. Tradičně organizátoři nabízejí jako součást konference odborné exkurze. V Telči bude zařazena prezentace hydrologické přístrojové techniky a návštěva profesionální meteorologické stanice Kostelní Myslová.

Letošní výroční konference společnosti se koná v krásné a zajímavé lokalitě jihozápadní Moravy v kraji Vysočina. Historické jádro Telče (kolem náměstí Zachariáše z Hradce) je cennou městskou památkovou rezervací a je zapsáno na Seznam světového kulturního dědictví UNESCO. Z tohoto důvodu nebylo možné nezařadit do programu prostor pro jeho prohlídku.

Již tradicí je při této příležitosti konání Valného shromáždění České meteorologické společnosti, v letošním roce nevolební, kde budou členové společnosti informováni o dění společnosti za poslední rok, budou informováni o připravovaných novinkách a budeme diskutovat místo a téma výroční konference společnosti v roce 2023.

Děkujeme organizátorům brněnské pobočky společnosti za přípravu a organizačního zajištění konference v příjemném prostředí hotelu Antoň, kde na společenském večeru vystoupí brněnský soubor DNA se svým programem.

Závěrem přijměte prosím naše pozvání na výroční konferenci. Těšíme se na zajímavé prezentace přednášejících a doufáme v aktivní přístup účastníků prostřednictvím diskusí k příspěvkům a během konání celé konference. Věříme, že vedle nových poznatků a informací, nových profesních nebo osobních kontaktů si odvezete také příjemné vzpomínky z pobytu v Telči.

**Pavel Lipina a Miloslav Müller**

# Jak by proběhly dnes? K výročí povodní 1872, 1997 a 2002

Jan Daňhelka<sup>1</sup>

<sup>1</sup> Pracoviště autora: Český hydrometeorologický ústav, Úsek hydrologie, Na Šabatce 2050/17, 143 06  
Praha 4-Komořany, [jan.danhelka@chmi.cz](mailto:jan.danhelka@chmi.cz)

Povodně 1872 jsou extrémním případem velkoprostorové přívalové povodně pro celý prostor střední Evropy. Povodeň 1997 je rekordní z hlediska srážkových extrémů delší doby trvání. Povodeň 2002 je hydrologicky dokumentovaným maximem pro výjimečně dobře „povodňově prozkoumané“ povodí Vltavy. Všechny tři povodně lze považovat za jakési hydrologické etalony, či mementa toho, co všechno je ve střední Evropě možné.

Jako takové byly všechny tři povodně předmětem podrobných dobových vyhodnocení a námětem řady odborných prací. Byly také určujícími událostmi pro generace hydrologů, meteorologů a vodohospodářů, kteří je zažili a posbírali během nich zkušenosti. Byly také impulsem k velkému rozvoji hydrometeorologické služby. I díky povodni 1872 vzniklo organizované měření srážek a vodních stavů, po povodni 1997 se začaly rozvíjet hydrologické modely, po povodni 2002 došlo ke změně technologií měření a přenosu dat.

Co vše se změnilo a jak by proběhly povodně dnes? Množství srážek a objem odtoku v jednotlivých tocích by zůstal stejný. Dokázali bychom však jako společnosti snížit škody, které povodně způsobily?

Intuitivně člověk tíhne k odpovědi, že ano, avšak například dopady povodní 2021 v Německu ukazují, že samotné technologie nejsou dostatečné k tomu, aby lidé a jejich majetek byli v maximální možné míře ochráněni. Navíc za 20 let došlo k nemalé generační obměně a mnohým mladým odborníkům tak přímá zkušenost z povodní chybí. Co je tedy těmi hlavními faktory, které nám dnes mohou pomoci zvládnout povodeň lépe? Předkládám zamyšlení čtenářů následující:

- 1) Lepší znalost hrozeb a rizika. Víme, že extrémů typu povodně 2002 hrozí – lépe dokážeme odhadovat pravděpodobnost výskytu extrémů a to i na základě studia historických povodní. Nedostatek znalosti rizika vedl k podcenění povodně v Německu 2021.
- 2) Množství a dostupnost dat o vývoji hydrometeorologické situace. V množství dat je velká síla, jednotlivé výpadky měření pak nebývají fatální a dříve se dozvídáme o velikosti a extremitě situace.
- 3) Vývoj předpovědních modelů. Dnes bychom dokázali identifikovat hrozící extrémní srážky, byť jejich přesná lokalizace zůstává mimo naše možnosti. Dokázali bychom identifikovat hrozící extrém odtoku v podrobnějším měřítku než před 20 lety. Přesto je třeba si uvědomit, že promítnutí do lokální informace (předpověď kulminace v konkrétním profilu není reálná).
- 4) Informace by se rychleji a v širším měřítku rozšířili celou společností?
- 5) Máme vybudovanou technickou protipovodňovou ochranu v řadě kriticky ohrožených lokalit.

Které faktory naopak působí proti?

- 1) Falešný pocit ochrany v lokalitách za hrázemi, které byly hustě zastavěny.
- 2) Přílišná důvěra v technologie – při selhání internetu jsme dnes slepí a hlouzí. Navíc lidé mají přílišná očekávání na výsledky, jejich přesnost a jistotu (malou míru nejistoty).
- 3) Ztráta povodňové paměti, k níž nevyhnutelně dochází.

Celkovým výsledkem by zřejmě bylo jak snížení počtu obětí při povodni 1872 a 1997, tak celkové obvinění, nedostatku a nepřesnosti informací, neboť by nebyla naplněna očekávání jejich absolutní spolehlivosti a přitom by nás povodeň jistě něčím zaskočila. Každá povodeň je jiná a na každé z nich se něco nového (draze) naučíme. Je proto velmi důležité to, co jsme se jednou naučili, nezapomenout.

## Literatura:

DAÑHELKA, J., ELLEDER, L., (eds.) 2012. Vybrané kapitoly z historie povodní a hydrologické služby na území ČR. Praha: ČHMÚ. ISBN 978-80-87577-12-7.

# Přívalová povodeň 1. června 1921

**Olga Halásová**

Univerzita Palackého v Olomouci, Fakulta tělesné kultury, tř. Míru 117, 771 11 Olomouc, [olga.halaso@upol.cz](mailto:olga.halaso@upol.cz)

Dne 1. června 1921 došlo v Jeseníkách v okolí Červené hory k mimořádné události. Extrémní srážky přívalového charakteru a následná přívalová povodeň (PP) způsobily ztráty na životech, obrovské škody na budovách a majetku. Bylo přemodelováno údolí Hučivé Desné a na svazích Červené hory došlo k sesuvům murového charakteru. Jednalo se pravděpodobně o největší PP z hlediska dosaženého průtoku a o největší sesuvy půdy po PP zaznamenané na území Moravy a Slezska v průběhu 19. a 20. století.

Podle Štekl a kol. (2001) bylo naše území pod severovýchodním prouděním bez frontálního rozhraní. Pás vysokého tlaku vzduchu se rozkládal nad britskými ostrovy, jižní Skandinávií a severozápadním Ruskem. Cyklona byla nad Bulharskem a západním Tureckem.

Srážky byly extrémní jak úhrnem, tak intenzitou. ČHMÚ uvádí pro tento den srážkový úhrn 196,5 mm na Červenohorském sedle a Kouty 147,3 mm. Tyto srážky vyvolaly extrémní hydrologickou odezvu.

V horních úsecích Desné se průtok odhaduje na více než  $Q_{100}$ . Hladina řeky mohla v některých místech dosáhnout 3 až 4 m nad normál. Bohužel v té době, nebyla v nejméně zasažené oblasti žádná vodoměrná stanice. Pravděpodobně, i kdyby byla, tak by zcela jistě byla vyřazena z provozu. PP zasáhla ve večerních hodinách desítku obcí v pohoří Hrubého Jeseníku a vyžádala si 11 obětí. Zničeny byly všechny mosty a jez. Železnice mezi Rejhoticemi a Kouty byla vyřazena z provozu na několik dní. Nejhorší situace byla v obcích Annín, Vízemberk, Rejhotice a Filipov. Nádraží v Koutech bylo úplně zaneseno kamením, bahnem a stromy. Celkové škody byly po katastrofě vyčísleny na více než 6 milionů Kčs. Na konci června byly škody odhadovány na 20 milionů korun. Do odklízecích prací bylo nasazeno vojsko ze Šumperka, které bylo vystřídáno ženisty z Kroměříže. Byly postaveny provizorní mosty a opraveny nouzově cesty, aby mohla být alespoň částečně obnovena doprava. Mezi další zasažené toky patřila Bělá a obce ležící v její blízkosti od Domašova až po Mikulovice. Řeka Branná způsobila škody především v úseku od Branné přes Jindřichov po Hanušovice.

Z hlediska sesuvů, byl nejméně postižen západní svah Červené hory pod Vřesovou studánkou, kde se dalo do pohybu 16 ha plochy s 50 000 m<sup>3</sup> lesní půdy a porostu (Polách a Gába, 1998). Bylo aktivováno sedm sesuvů, z nich jeden poškodil turistickou chatu u Vřesové studánky. Hmota zahradila údolí Hučivé Desné a vytvořila obrovskou nádrž, jejíž následné prolomení způsobilo katastrofální škody v celém údolí kolem řeky až po Šumperk.

Příčiny tehdejší katastrofy, hlavně sesuvů, byly mj. spatřovány v likvidaci smíšených lesů v Jeseníkách, zvláště ve druhé polovině 19. století. Tehdy došlo k nahrazení původních jedlo-bukových lesů smrkovými monokulturami. V nedávné době byly opět reaktivovány svahové pochody ve stejné lokalitě.

Následná regulace řeky Desné včetně kaskád, měla do budoucna podobné katastrofě zamezit. Po těchto povodních se opět uvažovalo o vybudování údolní přehrady v Koutech. Vodní dílo Dlouhé stráně bylo postaveno a uvedeno do provozu až v roce 1994. Ani tato přehrada by nemusela v budoucnu zabránit podobné události, pokud by příčinná srážka spadla ve stejné lokalitě jako při události v červnu 1921.

## Literatura:

POLÁCH, D., GÁBA, Z. (1998): Historie povodní na šumperském a jesenickém okrese, Severní Morava sv. 75, ISSN 0231-6323.

ŠTEKL, J., BRÁZDIL, R., KAKOS, V., JEŽ, J., TOLASZ, R. A SOKOL, Z. (2001): Extrémní denní srážkové úhrny na území ČR v období 1879–2000 a jejich synoptické příčiny, Národní klimatický program ČR 31, Praha, ISBN 80-85813-92-0.



# Některé srážkově významné situace na přelomu dubna a května

**Pavel Jůza**

Český hydrometeorologický ústav, RPP pobočka Ústí nad Labem, Kočkovská 2699, 400 11 Ústí nad Labem,  
[pavel.juza@chmi.cz](mailto:pavel.juza@chmi.cz)

Existuje několik typů povodňových situací. Povodně z tání sněhu vznikají většinou na začátku jara, když během několika dnů roztaje sněhová pokrývka, která se na zemském povrchu hromadila několik měsíců. Tyto povodně bývaly největší v dobách, kdy ještě v zimě býval sněh.

Přívalové povodně vznikají v důsledku krátkých a intenzivních bouřkových srážek, a většinou, s výjimkou května 1872, bývají na omezené ploše a katastrofálním způsobem zasahují malé potoky, ale na velkých řekách nijak extrémní dopady nemají.

A dále to jsou povodně vznikající z trvalých velkoplošných srážek, které naopak zasahují zejména větší toky. V našich podmínkách častou příčinou takových srážek jsou výrazné tlakové níže s výrazným teplotním gradientem, kde v teplém sektoru je velmi teplý a zejména vlhký vzduch, zatímco na studené straně tlakové níže jsou teploty značně nízké, v ČR někdy denní maxima při těchto situacích dosahují například v červenci kolem 10 °C. Zvláštním případem takových situací jsou případy koncem dubna a začátkem května, kdy se stává, že v oblasti velmi studeného vzduchu déšť přejde ve sněžení, takže část napadlých srážek zůstane ležet ve formě sněhu a postupně odtaje během následujících dnů, takže v některých případech může dojít ke snížení kulminace vodních stavů oproti stavu za předpokladu, že by srážky zůstaly kapalné a voda okamžitě odtékala.

Od roku cca 1950 bylo takových situací několik. Srážkově velmi vydatná byla situace ve dnech 15. až 19. května 2010. Tehdy na několika stanicích v Moravskoslezském kraji byly za těchto pět dní naměřeny srážkové úhrny kolem 350 mm, 24hodinové úhrny srážek na několika stanicích včetně Lysé hory a Frenštátu pod Radhoštěm dosáhly 160 až 180 mm. Sněh tehdy hydrologickou situaci příliš neovlivnil, protože významnější sněhová pokrývka byla naměřena pouze na vrcholu Lysé hory, a to 16. 5. tam napadlo 18 cm a 17. 5. naměřili 30 cm. Na jiných horských stanicích maximálně několik málo centimetrů.

Situace na samém konci května 1966 se také týkala hlavně severní Moravy a Slezska, ale zasáhla i například do Krkonoš. Pětidenní úhrn srážek na Lysé hoře za dny 26. až 30. května přesáhl 200 milimetrů, na několika dalších stanicích v okolí bylo přes 150 milimetrů, na několika stanicích v Jizerských horách bylo kolem 90 mm. 24hodinové úhrny dne 29. 5. na Lysé hoře a několika dalších stanicích byly kolem 80 mm, v Jizerských horách to bylo již 26. a 27. 5. a kolem 40 mm. Tehdy dne 29. 5. naměřili na Lysé hoře 50 cm nového sněhu, to znamená, že z těch 80 mm srážek většina zůstala ležet ve formě sněhu. Nový sněh byl i na dalších stanicích, například Čeladná, Bumbálka nebo Velké Karlovice. Na Luční boudě 29. 5. bylo 10 cm nového sněhu a v ostatních dnech kolem 5 cm.

Severních Čech se týkala situace 9. až 11. května 1965. Na stanicích Krušných a Jizerských hor třídní úhrny srážek dosáhly 100 až 150 mm a jednodenní se blížily 100 mm. Nový sněh na stanici Vrbatova bouda dosáhl 11. 5. hodnoty 35 cm a 10. 5. to bylo 20 cm. 10 až 20 cm nového sněhu za den bylo naměřeno i na stanicích Klínovec, Luční bouda, Praděd a Lysá hora.

Z dubnových situací byla zajímavá mj. situace 21. až 24. dubna 1980. Na některých stanicích v severních, jižních a západních Čechách, ale i na Moravě, bylo za 4 dny naměřeno 90 až 120 milimetrů a jednodenní úhrny dosahovaly na různých stanicích kolem 60 mm. Tehdy již 22. 4. na některých stanicích v Krušných a Jizerských horách i na Šumavě napadlo 20 až 40 cm nového sněhu, dne 23. 4. na stanici Potůčky naměřili 65 cm nového sněhu, na stanici Špičák 60 cm a na řadě dalších stanic 30 až 50 cm, včetně některých stanic ve výšce do 400 m n. m. Ještě 24. 4. na řadě stanic napadlo přes 30 cm nového sněhu. Je pravděpodobné, že když i ve středních a nižších polohách značná část spadlých srážek zůstala ležet ve formě sněhu, muselo se to projevit i na odtokové situaci a na čase a velikosti kulminačních průtoků.

# Problematika vydávání hydrologických výstražných informací za různých typů povodňových situací

Alena Kamínková<sup>1</sup>, Jarmila Šustková<sup>2</sup>

<sup>1</sup> Český hydrometeorologický ústav, Regionální předpovědní pracoviště, K Myslivně 3/2182, 708 00 Ostrava, [alena.kaminkovai@chmi.cz](mailto:alena.kaminkovai@chmi.cz)

<sup>2</sup> Český hydrometeorologický ústav, Regionální předpovědní pracoviště, K Myslivně 3/2182, 708 00 Ostrava, [jarmila.sustkova@chmi.cz](mailto:jarmila.sustkova@chmi.cz)

Vydávání hydrologických výstražných informací se řídí podle jasně definovaných pravidel. Systém integrované výstražné služby (SIVS) byl oficiálně zaveden v roce 2000 a postupně byl během let inovován. Významná změna ve vydávání výstražných informací (VI) nastala v roce 2019, kdy se přešlo na systém vydávání výstrah ve formě protokolu CAP (SIVS, 2022). V rámci hydrologické služby na regionálním předpovědním pracovišti ČHMÚ Ostrava dochází každý den ke kontrole, doplnění dat, analýze meteorologické a srážko-odtokové situace, a následně k výpočtu a zveřejnění hydrologických předpovědí k 6. hodině ranní pro jednotlivé hydrologické předpovědní profily. K porovnání výpočtů zde slouží dva srážko-odtokové modely a pro každý předpovědní profil jsou počítány předpovědi jak deterministické, tak ansámblové (pravděpodobnostní) a variantní.

Na základě výše uvedených výsledků pak regionální pracoviště ČHMÚ vydává návrh výstražné informace na předpovídané jevy. Centrální předpovědní pracoviště v Praze pak tyto návrhy kompletuje a dále distribuuje. Výstražná informace je poté podle potřeby aktualizována.

Druhou kategorií VI je výstražná informace na výskyt jevu, který již nastal nebo v krátkém časovém horizontu nastane s pravděpodobností výskytu 100%. V rámci hydrologických výstrah se jedná o dosažení 3. SPA anebo tzv. padesátileté vody ( $Q_{50}$ ).

Problematickou součástí vydávání hydrologických výstražných informací je zejména lokalizace jevu (např. určení přesného výskytu bouřek), velikost území, pro který je jev předpovídan (malá rozloha obcí s rozšířenou působností), ale také technické problémy (např. neúplnost dat či absence srážkových úhrnů v předpovědním modelu).

Prezentace zhodnotí tyto uvedené překážky v kontextu různých typů povodňových situací v obecné rovině, ale také na příkladu konkrétních povodní. V posledních letech, zejména pak v roce 2020, byl zaznamenán výskyt různých typů povodňových situací: povodně z tání sněhu v kombinaci s dešťovými srážkami, přívalové povodně a povodně z regionálních déle-trvajících dešťů. Každý tento typ povodňových situací vyžaduje trochu odlišný přístup hydroprognostika k vydávání VI.

V roce 2021 také proběhlo dotazníkové šetření týkající se využitelnosti VI vydávaných na nebezpečí povodní a využitelnosti informací za povodňových situací, ve kterém zástupci ČHMÚ oslovili povodňové orgány obcí, ORP a krajů. Tato zpětná vazba byla pro ČHMÚ cenným a důležitým podkladem pro další rozvoj v této oblasti.

Otevřenou otázkou zůstává možnost následného vývoje a eventuální zavedení inovací ve vydávání výstražných informací v blízké budoucnosti (např. možnost varování prostřednictvím SMS), které umožní zejména urychlení přenosu informací ve srozumitelné podobě ke koncovému uživateli tak, aby byl varován o možném nebezpečí v dostatečném předstihu.

## Literatura:

SIVS, 2022. Systém integrované výstražné služby ČHMÚ. [on-line.] [cit. 15. 7. 2022] Dostupné z WWW: <https://www.chmi.cz/informace-pro-vas/prezentace-a-vyuka/SIVS>.

# Výskyt extrémních krátkodobých srážek na Telčsku

Gražyna Knozová<sup>1</sup>

<sup>1</sup> Český hydrometeorologický ústav, pobočka Brno, Kroftova 43, 616 67 Brno, [grazyna.knozova@chmi.cz](mailto:grazyna.knozova@chmi.cz)

Výskyt extrémních atmosférických jevů, ke kterým patří intenzivní srážky, je jedním z důležitých aspektů klimatické změny, podobně jako období sucha, která mají v posledních letech tendenci se každoročně opakovat a prohlubovat. S vodou je proto třeba pracovat v různých směrech, nejen se před ní chránit, ale v suchých obdobích ji umět v území zadržet a následně využít. Dobrým příkladem je v této oblasti město Telč, kde jsou uplatněna přírodě blízká protipovodňová opatření s podružnou rekreační funkcí, která přispívají ke zvýšení retence vody v krajině. Jezírka a tůně v přírodních městských parcích či upravené přírodní plochy podél vodních toků (suché poldry), jsou na Telčsku významným krajinným prvkem. Z hlediska regionalizace povrchových vod České republiky patří území Telče do středně vodné oblasti se specifickým odtokem do 6 až 10 litrů za sekundu z km<sup>2</sup>.

Předkládaná studie se zaměřuje na analýzu maximálních úhrnů krátkodobých dešťů v oblasti Telče v druhé polovině 20. a na začátku 21. století. Analýza byla provedena na základě ombrografických měření na stanici Telč (1961–2003) a měření člunkovým (2004–2010) a váhovým (2011–2021) srážkoměrem na stanici Kostelní Myslová. Data nejsou zcela kompletní z důvodu občasných technických problémů, mezi něž patří nejčastěji ucpání srážkoměru. Statistické výstupy nezahrnují proto i některé významné srážkové události.

Měření srážek začalo v Telči v roce 1931. Nejvyšší roční úhrny byly zaznamenány na stanici Telč v letech 1939 (977,1 mm) a na stanici Kostelní Myslová v roce 2002 (854,4 mm). Maximální denní úhrny srážek kolísaly ve zmíněném období od 16,4 mm v roce 1973 (Kostelní Myslová) do 118,1 v roce 2006 (Kostelní Myslová). Zmíněný nejvyšší denní úhrn 118,1 mm byl naměřen dne 29. 6. 2006 a způsobil největší zvýšení průtoku na stanici povrchového monitoringu Janov na Moravské Dyji, která je vzdálená od klimatologické stanici přibližně 17 km. Maximální intenzita srážek dosáhla tehdy 9,0 mm za 15 minut a průtok 30. 6. 2006 dosáhl až 82,7 m<sup>3</sup>s<sup>-1</sup>. Jednalo se tedy o nejvýznamnější povodňovou situaci na Moravské Dyji od 1980 roku. Vydatný déšť byl způsoben bouřkovou činností, která přetrvávala po delší dobu. Pršelo přibližně od 17 hod dne 29. 6. 2006 do 8 hod dne 30. 6. 2006. Intenzita srážek však nebyla v této epizodě extrémní.

Z hlediska intenzity srážek v období 1961–2021, byly nejvýznamnější čtyři situace; a to déšť ze dne 29. 7. 1985, kdy byl naměřen nejvyšší úhrn srážek za 5 minut; dále déšť ze dne 26. 5. 2003, s nejvyššími úhrny za 15 a 30 minut; také déšť ze dne 22. 7. 2014 s nejvyšším úhrnem za 60 minut a déšť ze dne 26. 5. 2007 s nejvyššími úhrny za 90 a 120 minut. Po každém se zmíněných dešťů byl zaznamenán mírný nárůst průtoku na Moravské Dyji.

Z analýzy kolísání maximálních srážek pro délky trvání 5, 15, 30, 60, 90 a 120 minut v jednotlivých letech vyplývá, že v poslední dekádě jsou tyto úhrny o něco vyšší než v minulosti. Je třeba však zdůraznit, že od roku 2011 na stanici funguje váhový srážkoměr, který je více spolehlivý než předtím používané přístroje a výpadky měření způsobené technickými problémy jsou v tomto případě méně časté, a tím je do analýzy zahrnuto více epizod.

Ve studii byl navíc analyzován počet dní s přívalovými dešti identifikovanými metodou Wussowa. I v případě této charakteristiky je patrný jejich čím dál častější výskyt. Zatímco v období měření ombrografem bylo od 0 do 3 dnů s přívalovým deštěm v roce, a v období měření klopným srážkoměrem od 0 do 4, v poslední dekádě se jich vyskytovalo od 0 do 7. Nejvíce přívalových dešťů bylo zaznamenáno v roce 2021.

Podle strategického plánu rozvoje města Telč na období 2014–2020, město Telč nespadá s hlediska ochrany proti povodním do rizikových oblastí. Záplavová území stoleté vody se nachází pouze v bezprostřední blízkosti řeky Moravská Dyje tvořící jihovýchodní hranici katastru města. Je to do jisté míry způsobeno vhodným přístupem k péči o vodu v urbanizované krajině.

# Možný vplyv klimatickej zmeny na zrážkový režim

**Milan Lapin**

Univerzity Komenského, Bratislava, Fakulta matematiky, fyziky a informatiky, Mlynská dolina F1, 842 48 Bratislava,  
*Milan.Lapin@fmph.uniba.sk*

Globálna klimatická zmena vplyvom činnosti človeka sa prejavuje predovšetkým zvyšovaním priemerov teploty vzduchu. Globálne oteplenie v porovnaní s dlhodobým priemerom 1851–1900 už dosiahlo 1,2 °C, v strednej Európe prekročilo 2 °C. Napríklad priemerná teplota vzduchu bola na stanici Wien Hohe-Warte v období 1991–2020 o 1,98 °C vyššia ako v období 1851–1900, no v období 2012–2021 až o 2,69 °C. Rast teploty vzduchu sa významne prejavuje na množstve vodnej pary, ktoré môže byť v atmosfére, čo potom vplýva aj na potenciálny výskyt úhrnov a intenzity zrážok na strane jednej ale aj na rast potenciálneho výparu (evapotranspirácie) na strane druhej. V stave nasýtenia rastie množstvo vodnej pary približne o 6% na jeden °C oteplenia, pri teplote pod –10 °C až o 10 %. Rovnako to platí aj pre množstvo vodnej pary v atmosfére pri rovnakej relatívnej vlhkosti vzduchu, preto podobne rastie aj sýtosťný doplnok so zvyšovaním teploty vzduchu o jeden °C. Otepľovanie klímy teda vplýva jednak na rast potenciálneho výparu (evapotranspirácie), no tiež aj na potenciálne zrážkové úhrny a intenzitu zrážok. Pretože je pri vyššej teplote vzduchu obvykle aj vyššia dynamika atmosférických procesov, je možný vplyv zvyšovania teploty vzduchu na úhrny a intenzitu zrážok ešte väčší. Rovnako to platí aj pri raste potenciálneho výparu (evapotranspirácie). Procesy súvisiace so zrážkovým režimom a s potenciálnym výparom ovplyvňujú aj iné faktory (vertikálne zvrstvenie atmosféry, orografia, cirkulácia atmosféry, pole tlaku vzduchu...), preto môžu byť konečné dôsledky otepľovania klímy značne rozdielne aj v týchto prípadoch. Z analýzy výskytu vysokých úhrnov a vysokej intenzity zrážok od začiatku meraní vyplýva, že aj v minulosti sme mali v strednej Európe viaceré prípady mimoriadne vysokých úhrnov zrážok napriek tomu, že bola klíma o viac ako 2 °C chladnejšia. Z toho vyplýva, že tento problém je potrebné analyzovať vždy komplexne, teda s prihliadnutím na všetky podmieňujúce faktory a nielen na teplotu vzduchu. Rovnako to platí aj o výskyte sucha. Vo všeobecnosti ale môžeme tvrdiť, že ak sa ostatné podmieňujúce faktory nemenia, tak rast teploty vzduchu znamená u nás zvýšenie úhrnov a intenzity zrážok najmenej o 6 % na jeden °C oteplenia. V prednáške uvediem viaceré konkrétne prípady extrémov zrážok v období meraní ako aj výsledky jednoduchého modelovania vzťahu úhrnov a intenzity zrážok a zvyšovania teploty atmosféry.

# Podiel človeka na globálnej klimatickej zmene z pohľadu fyziky klimatického systému Zeme

**Milan Lapin**

Univerzity Komenského, Bratislava, Fakulta matematiky, fyziky a informatiky, Mlynská dolina F1, 842 48 Bratislava,  
*Milan.Lapin@fmph.uniba.sk*

Fyzika klimatického systému Zeme sa v súčasnosti chápe ako výsledok fyzikálnych, chemických, biologických a iných procesov prebiehajúcich v subsystémoch atmosféra, hydrosféra, kryosféra, litosféra, biosféra a antropogénna sféra (noosféra) Zeme. Hnacím motorom týchto procesov sú astronomické, terestriálne, cirkulačné a antropogénne klimatotvorné faktory. Uvedené procesy majú svoju deterministickú zložku, ktorá sa dá dosť dobre opísať známymi fyzikálnymi a chemickými zákonmi, niekedy sa nazývajú aj vnútené procesy. Dôležitou časťou všetkých klimatotvorných procesov je ale aj ich stochastická (chaotická) časť, na ktorých za významne podieľajú oneskorené spätné väzby v celom klimatickom systéme Zeme. Našťastie aj väčšina stochastických procesov má svoje štatistické limity, preto ich nazývame ako deterministický chaos. So vzdalujúcim časom určite rastie význam stochastických procesov, preto majú aj predpovede počasia klesajúcu úspešnosť s narastajúcim časom. Inak je to ale s deterministickým chaosom, ktorý má pomerne stabilné štatistické charakteristiky (hodnoty na distribučnej krivke). Preto sa klimatická predpoveď alebo klimatické scenáre významne odlišujú od meteorologickej (synoptickej) predpovede. Dokonca sa dá predpokladať, že ak použijeme adekvátne fyzikálne modely zmeny klímy a dobre odhadneme zmenu vstupných klimatotvorných faktorov, tak môže byť klimatická predpoveď veľmi úspešná aj na desiatky rokov dopredu. Nepredpovedá sa v tomto prípade totiž aktuálne počasie v jednotlivých dňoch ale jeho dlhodobé (napríklad 30-ročné) charakteristiky (priemery, variabilita, kvantily, extrémny). Na tomto mieste je potrebné zdôrazniť, že nemáme k dispozícii úplne presný prehľad o zmenách budúcich prirodzených a ani antropogénnych klimatotvorných faktorov, preto môžeme pripravovať scenáre možnej zmeny klímy v budúcnosti len v určitom intervale možností. Pomôcť nám v tom môže aj analýza minulých klimatických pomerov, pokiaľ sa nám podarí kvantifikovať vplyv jednotlivých klimatotvorných faktorov, najmä odlišenie vplyvu prirodzených a antropogénnych faktorov. Pracuje na tom viacero tímov v známych vedeckých inštitúciách a záver je taký, že po roku 1970 už antropogénne faktory významne prevyšujú prirodzené faktory, ak to hodnotíme len podľa ich podielu na globálnej klimatickej zmene za posledných 50 rokov (toto stanovisko prevzal aj IPCC). Je celý rad kvantitatívnych hodnôt, ktoré toto stanovisko jednoznačne potvrdzujú. Jedným z nich je aj zosilnenie skleníkového efektu atmosféry vyjadrené tzv. radiative forcing, ktorý sa blíži v globálnom rozmere k hodnote  $3 \text{ W}\cdot\text{m}^{-2}$  a je tak približne rádovo väčší ako bežné zmeny tohto ukazovateľa s prirodzenými príčinami. Na prednáške prezentujem aj graf tzv. Global Warming Index (GWI, zdroj Oxford University), na ktorom si môžeme tieto tvrdenia vysvetliť. Podľa týchto analýz prekročilo už človekom spôsobené globálne oteplenie  $1,2 \text{ }^\circ\text{C}$ , ak to chápeme ako odchýlku v porovnaní s priemerom z obdobia 1851–1900 (v strednej Európe viac ako  $2 \text{ }^\circ\text{C}$  a v Arktíde viac ako  $3 \text{ }^\circ\text{C}$ ).

# Meteorologické příčiny extrémních povodní v Česku

Miloslav Müller<sup>1,2</sup>

<sup>1</sup> Ústav fyziky atmosféry Akademie věd ČR, v. v. i., Oddělení meteorologie, Boční II 1401, 141 00 Praha 4, [muller@ufa.cas.cz](mailto:muller@ufa.cas.cz)

<sup>2</sup> Přírodovědecká fakulta Univerzity Karlovy, Katedra fyzické geografie a geoekologie, Albertov 6, 128 00 Praha 2

Vzhledem k vnitrozemské poloze Česka se zdejší povodně týkají vodních toků, termínem označujeme náhlé zvětšení jejich průtoků a vodních stavů, přičemž může dojít k rozlivu do okolí toku. Nejčastěji k povodni vede nárůst odtoku z povodí, lokálně pak může hrát roli i dočasné zmenšení průtočnosti koryta toku. Kromě tzv. zvláštních povodní mají všechny povodně v Česku svou meteorologickou příčinu. Nárůst odtoku z povodí nastává vlivem silných dešťů a/nebo v důsledku prudkého tání sněhové pokrývky, takže rozeznáváme dešťové, sněhové a smíšené povodně; v rámci dešťových povodní dále vyčleňujeme povodně z přívalových srážek, vyvolaných silnou konvekcí. Meteorologickou příčinu mají i ledové povodně, které nastávají buď při silných mrazech kvůli hromadění vnitrovodního ledu, nebo při oblevě kvůli ledovým zácpám.

Vzhledem k značné nerovnoměrnosti rozdělení srážek v čase a epizodickému charakteru tání sněhové pokrývky jsou povodně přirozeným jevem, který k hydrologickému režimu vodních toků neodmyslitelně patří. Nicméně tak jako meteorologické procesy, které povodně způsobují, ve výjimečných případech dosahují extrémní intenzity, dochází také čas od času ke vzniku extrémních povodní. Jejich extremitu můžeme hodnotit v jednotlivých profilech, nebo za větší území i napříč povodími. Největšími takto chápanými událostmi v Česku od roku 1961 byly povodně v srpnu 2002, na přelomu března a dubna 2006, v červenci 1997 a v červnu 2013 (Müller et al. 2015). Zatímco povodeň v roce 2006 představuje typickou smíšenou povodeň po nadnormálně sněžné zimě, způsobenou prudkým oteplením a deštěm při jihozápadním proudění, ostatní události byly způsobeny setrvalým deštěm ve studeném sektoru cyklonu se středem východně od České republiky. Obdobné podmínky můžeme zaznamenat i u řady historických povodní v Česku (Brázdil et al. 2005). V červenci 1997 sehrála podstatnou roli stacionarizace příčinné cyklony, v červnu 2013 její retrográdní pohyb. Výjimečnou okolností povodní 2002 byl výskyt dvou takových cyklon krátce po sobě, přičemž jimi způsobené srážkové epizody byly podle indexu extremity počasí vyhodnoceny jako 9. a 3. největší od roku 1961 (Müller et al. 2015).

Při zohlednění velikosti zasaženého území v souboru největších českých povodní chybí povodně z přívalových dešťů, protože zpravidla zasahují toky s povodím o velikosti nejvýše několika set km<sup>2</sup>. Jejich nebezpečnost spočívá v prudkém nárůstu průtoků vlivem vysoké intenzity konvektivních srážek. Přívalové povodně se vyskytují především ve vertikálně členitých oblastech, kde se srážková voda rychle koncentruje do vodního toku a brzy dochází k jeho vybřežení. Zásadní roli přitom hraje trvání srážkové epizody, které se v ojedinělých případech může prodloužit i na několik hodin. K tomu nejčastěji dochází buď v blízkosti zvlhčené studené fronty při výškovém jihozápadním proudění, jako tomu bylo např. při povodni v podhůří Orlických hor 22.–23. července 1998, nebo při východní cyklonální situaci, jako např. při povodni v Krušných horách 8.–9. července 1927. V ojedinělých případech se může i přívalová povodeň projevit na větších tocích, jako tomu bylo 25.–26. května 1872, kdy např. na náměstí v Berouně dosáhla voda výš než v srpnu 2002. Takové události představují z hlediska potenciálního počtu obětí největší hrozbu.

## Literatura:

BRÁZDIL, R., DOBROVOLNÝ, P., ELLEDER, L., KAKOS, V., KOTYZA, O. et al., 2005. Historické a současné povodně v České republice. Brno, Praha: Masarykova univerzita, Český hydrometeorologický ústav. ISBN 80-210-3864-0.

MÜLLER, M., KAŠPAR, M., VALERIANOVÁ, A., CRHOVÁ, L., HOLTANOVÁ, E., GVOŽDÍKOVÁ, B., 2015. Novel indices for the comparison of precipitation extremes and floods: an example from the Czech territory. *Hydrol. Earth Syst. Sci.*, 19, 4641–4652.

# Nasycenost povodí před silnými srážkami a povodněmi v Česku

Miloslav Müller<sup>1,2</sup>, Martin Laco<sup>1,2</sup>, Lenka Crhová<sup>3</sup>, Marek Kašpar<sup>2</sup>, Filip Hulec<sup>1,2</sup>

<sup>1</sup> Ústav fyziky atmosféry Akademie věd ČR, v. v. i., Oddělení meteorologie, Boční II 1401, 141 00 Praha 4, [muller@ufa.cas.cz](mailto:muller@ufa.cas.cz)

<sup>2</sup> Přírodovědecká fakulta Univerzity Karlovy, Katedra fyzické geografie a geoekologie, Albertov 6, 128 00 Praha 2

<sup>3</sup> Český hydrometeorologický ústav, Oddělení klimatologie, Na Šabatce 17, 143 06 Praha 4

Povodně v srpnu 2002 zdůraznily význam nasycenosti povodí při formování hydrologické odezvy na příčinnou srážku. Ta v daném roce spadla 11.–13. srpna, předcházela jí však dvoudenní srážková epizoda 6.–7. srpna, která silně nasýtila především povodí Vltavy a Dyje. Následnost dvou takto silných srážkových epizod, z nichž první byla pomocí indexu extremity počasí (WEI) vyhodnocena jako 9. nejsilnější, následná pak jako 3. nejsilnější od roku 1961, je za posledních 60 roků unikátní, jakkoliv zvýšená nasycenost sehrála důležitou roli i při dalších povodňových událostech. To platí i pro některé dřívější dešťové povodně, např. v září 1890, na přelomu srpna a září 1938 nebo v červenci 1954. Zvýšená nasycenost byla zjištěna i 25. května 1872 před mimořádně rozsáhlou přívalovou povodní v západních Čechách (Brázdil et al. 2005).

Jakkoliv nasycenost povodí je určována i dalšími faktory, především výparem a případným zvýšeným odtokem vody z povodí ještě před začátkem příčinné srážky, hlavní roli hraje množství a časové rozdělení předchozích srážek. Protože vliv srážkové epizody v čase postupně klesá, je vhodné uvažovat předchozí srážky s klesající vahou směrem do minulosti. Nejznámějším indexem založeným na tomto principu je ukazatel předchozích srážek (Antecedent Precipitation Index), počítaný nejčastěji za posledních 30 dní a označovaný proto API<sub>30</sub> (Kohler, Linsley 1951).

Pro účely navrhování staveb v krajině se využívají tzv. návrhové intenzity dešťů, které pro zvolenou dobu opakování a časový krok vyjadřují maximální očekávaný úhrn srážek v daném povodí. Vychází se přitom z předpokladu, že taková srážka spadne do průměrně nasyceného území. S ohledem na výše zmíněné zkušenosti z historických povodní jsme se rozhodli tento předpoklad ověřit pomocí analýzy hodnot API<sub>30</sub> před vysokými úhrny srážek na 59 stanicích, pro které jsou k dispozici data o intenzitách srážek za více než 30 roků. Zkoumány byly soubory ročních maxim úhrnů srážek za časové úseky od 30 minut po 1 den.

Obecně platí, že nasycenost před srážkovými maximy bývá spíše zvýšená, což je dáno především skutečností, že uvažovaná maxima pro daný časový úsek jsou často pouze jádrem delší srážkové epizody, jejíž část před stanoveným časovým úsekem předchozí nasycenost zvyšuje. Určité rozdíly nicméně panují mezi srážkovými maximy v řádu hodin na jedné straně a maximálními denními úhrny, protože v prvním případě obecně převažují konvektivní srážky, v druhém případě spíše srážky trvalé. Zastoupení obou druhů srážek se přitom mění v závislosti na orografii v blízkosti stanice. Největší rozdíly v nasycenosti před krátkodobými a dlouhodobými dešti jsme zaznamenali v horách, kde krátkodobá maxima přicházejí do normálně nebo i podnormálně nasyceného území, naopak před maximálními denními úhrny bývá nasycenost výrazně nadnormální.

## Literatura:

BRÁZDIL, R., DOBROVOLNÝ, P., ELLEDER, L., KAKOS, V., KOTYZA, O. et al., 2005. Historické a současné povodně v České republice. Brno, Praha: Masarykova univerzita, Český hydrometeorologický ústav. ISBN 80-210-3864-0.  
KOHLENER, M. A., LINSLEY, R. K., 1951. Prediction of the runoff from storm rainfall. Washington: U.S. Department of Commerce, Weather Bureau, Research paper no. 34.

# Meteorologické příčiny povodní na severu Čech v červenci 2021

Martin Novák<sup>1</sup>

<sup>1</sup> Český hydrometeorologický ústav, pobočka Ústí n. L., Regionální předpovědní pracoviště, PS 2, 400 11 Ústí n. L., [martin.novak@chmi.cz](mailto:martin.novak@chmi.cz)

V červenci 2021 se na severu Čech vyskytly hned dvě výraznější povodňové epizody – první proběhla 14. 7. v povodí Lužické Nisy, druhá pak ve dnech 17. až 19. 7. na rozsáhlejší území. Zasažena byla hlavně povodí Ploučnice, Mandavy, Lužické Nisy, ale také povodí většinou malých levostranných přítoků dolního Labe v úseku od Jílovského potoku po státní hranici.

## EPIZODA I. – 14. 7. 2021, Lužická Nisa

Území severních Čech se nacházelo na přední straně tlakové níže, jejíž střed postupoval z Beneluxu přes Sasko nad Polsko. S touto cyklónou bylo spojeno zvlněné frontální rozhraní. Na něm se začal v noci ze 13. na 14. července prohlubovat sekundární střed tlakové níže nad Maďarskem.

S výškou se poměrně výrazně zvýrazňoval tlakový gradient a zesilovalo tak jižní až jihozápadní proudění. To – současně s instabilitou teplotního zvrstvení a vysokou vlhkostí vzduchu téměř v celé vrstvě troposféry – vytvářelo podmínky příznivé pro zesilování intenzity srážek při vnořené konvekci na návětrných svazích horských překážek.

Povodí Lužické Nisy přitom bylo v tomto období citlivé na srážkovou činnost, protože předchozí srážky nasýtily půdní profil, zejména vrstvu do 40 cm hloubky. Proto stačily i šestihodinové úhrny kolem 40 mm na horním toku Lužické Nisy k iniciaci této povodňové epizody.

## EPIZODA II. – 17. až 19. 7. 2021, sever Čech

Po přední straně tlakové výše se středem nad Irskem postupovala do střední Evropy okluzní fronta, která přes severní Čechy přešla v pátek 16. 7. 2021. Srážková činnost ale neprobíhala v zájmové oblasti pouze při přechodu samotné atmosférické fronty, ale pokračovala až do sobotních večerních hodin. Příčinou byla cyklonalita ve vyšších hladinách troposféry, znatelná už v izobarické hladině AT 850 hPa, ještě výraznější pak v hladině AT 500 hPa. Na zadní straně této výškové tlakové níže k nám proudil dostatečně vlhký vzduch s instabilním teplotním zvrstvením. V nižších vrstvách troposféry převažovalo severní až severovýchodní proudění, při kterém se navíc výrazně projevíly návětrné efekty exponovaných svahů, které spolu s vnořenou konvekci zesilovaly intenzitu srážek.

V neděli 18. července už se teplotní zvrstvení v oblasti Čech stabilizovalo a srážky výrazně slábly a ustávaly. Dvoudenní srážkové úhrny přesáhly na některých stanicích i hranici 100 mm – jednalo se o stanice Bedřichov (103,4 mm), a hlavně Lobendava (134,0 mm). V klíčovém časovém intervalu pak intenzita srážek počítaná z desetiminutových úhrnů překročila na stanici Lobendava i hodnotu 70 mm.hod<sup>-1</sup>.

## Závěr

Z hlediska meteorologických příčin povodní se obě epizody poměrně výrazně lišily. Zatímco při první epizodě se srážky tvořily v teplém vzduchu s výraznou jižní složkou proudění, v průběhu druhé bylo příčinou zesilování srážek severní až severovýchodní proudění s advekci chladnější instabilní vzduchové hmoty.

Obě situace ale současně odpovídají závěrům analýzy několika výrazných povodňových epizod na severu Čech (konkrétně na povodí Kamenice – posledního pravostranného přítoku Labe na území ČR) z let 2009 a 2010 (Novák 2012).

Pro meteorology a hydrology v předpovědní službě se tak potvrzuje, že právě podobné letní situace je nutné sledovat velmi pozorně. Přesto, že je v severních Čechách poměrně často operativní činnost komplikovaná útlumem radarových odrazů a z toho vyplývajícím podceněním odhadů srážkových úhrnů.

## Literatura:

NOVÁK, M., 2012. Meteorologické příčiny povodňových epizod v povodí Kamenice v letech 2009 a 2010. In: Rožnovský, J., Litschmann, T., Středa, T., Středová, H. (eds.). Vláhové poměry krajiny. 4.–5. 4. 2012, Mikulov. ISBN 978-80-86690-78-0. ss. 111-114.



# Verifikace PERUN/Reanalysis na Evropské doméně

Lucie Pokorná<sup>1</sup>, Zbyněk Sokol<sup>1</sup>, Michal Belda<sup>2</sup>, Zuzana Rulfová<sup>1</sup>, Radmila Brožková<sup>3</sup> a Alena Trojánková<sup>3</sup>

<sup>1</sup> Ústav fyziky atmosféry AV ČR, Oddělení klimatologie, Boční II 1401, 141 00 Praha, [pokorna@ufa.cas.cz](mailto:pokorna@ufa.cas.cz),

<sup>2</sup> Matematicko-fyzikální fakulta Univerzita Karlova, Katedra fyziky atmosféry, V Holešovičkách 2, 180 00 Praha 8

<sup>3</sup> Český hydrometeorologický ústav, ustav, Na Šabatce 17, 143 06, Praha 4-Komořany

PERUN/Reanalysis (PERRea) je regionální reanalýza, která vzniká v rámci projektu PERUN na oddělení numerické předpovědi v ČHMÚ v Komořanech. Jedná se o výpočet 30 let historického klimatu, který je založený na regionálním numerickém předpovědním modelu ALADIN upraveném pro klimatické výpočty a během výpočtu dochází k asimilaci v minulosti naměřených dat. Řídící je globální reanalýza ERA5 s rozlišením 31 km a z ní jsou také přebírána asimilační pole teplot, srážek, vlhkosti a dalších prvků. PERRea umožní posoudit schopnost této verze modelu simulovat minulé klima i bez asimilace pozorovaných hodnot a také v případě, že je řízen globálním modelem a nikoliv reanalýzou. Následně bude PERRea sloužit jako referenční set pro scénáře budoucího vývoje klimatu na území ČR.

Pro výpočet historického i budoucího klimatu byl NWP model ALADIN upraven. Použitá verze má rozlišení 2,3 x 2,3 km<sup>2</sup> díky čemuž je model řazen do oboru tzv. convection permitting scales, kdy je již schopen explicitně popsat větší konvektivní jevy. K tomu dopomáhá i skutečnost, že je využita nehydrostatická varianta modelu, neboť konvekce je jev nehydrostatický. V dynamickém jádru modelu dochází také k párování s globální ERA5, modeluje se zde advekce a difuze, která zahrnuje i turbulenci a s ní spojené ztráty energie. Některé procesy je však i při tomto podrobném rozlišení nutno parametrizovat. Modelová fyzika využívá mimo jiné schéma kombinující parametrizaci mělké a hluboké konvekce s vertikální geometrií oblaků a srážek, turbulentní schéma TOUCANS a radiační schéma ACRANEB2. Integrace, začínající vždy v 00 UTC z počátečních podmínek daných řídicí reanalýzou a pozorovanými daty, trvá 36 hodin. Pro účely verifikace se prvních 6 hodin považuje za inicializaci. Porovnání klimatických proměnných vychází tedy z hodnot uváděných v 7. až 36. hodině integrace. Z důvodu sjednocení postupu verifikace se standardy modelových validací jsou denní průměry, maxima, minima i sumy v PERRea i ERA5 počítány z intervalu 00 až 23 UTC.

Jako další referenční data byly zvoleny spolehlivé stanice z databáze ECA&D (European Climate Assessment and Dataset) a gridovaná databáze s velmi podrobným rozlišením spočítaná z Evropských stanic E-OBS 24.0e. V posteru ukazujeme mapy systematických chyb a korelace vybraných prvků mezi PERRea a referenčními daty. Zatímco v případě ERA5 a E-OBS byly hodnoty z uzlových bodů PERRea přepočítány do sítě referenčních datasetů (tedy 31 km resp. 0,1°), staniční data byla porovnáována s hodnotami v nejbližším uzlovém bodě PERRea. Zobrazeny jsou rozdíly nebo podíly sezónních průměrů či úhrnů v případě srážek a globálního záření. Mapy ukazují význam velikosti výpočetní domény, která pokrývá téměř celou kontinentální Evropu. Největší chyby se totiž vyskytují nejen na okrajích, ale i ve větší vzdálenosti od okraje domény, zejména oblasti Alp a také v JV Evropě. Naopak střed domény, který je z hlediska projektu nejdůležitější, vykazuje velmi dobrou shodu modelu s pozorovanými charakteristikami, zejména v místech, kde modelová nadmořská výška odpovídá té skutečné. Verifikace tedy potvrdila schopnost modelu simulovat správně sezónní průměrné hodnoty teplot a dalších prvků, stejně jako úhrny srážek a globálního záření. Model tak je vhodný pro výpočty průměrných charakteristik budoucího klimatu a tvorbu scénářů vývoje klimatu na území ČR.

Tento výzkum je podporovaný Technologickou Agenturou České republiky v rámci projektu SS02030040.

# Amatérské a výzkumné meteorologické stanice s automatickým měřením srážek na Šumavě

Jan Procházka <sup>1</sup>, Ivo Rolčik <sup>2</sup>, Miroslav Tesař <sup>3</sup>

<sup>1</sup> Jihočeská univerzita v Českých Budějovicích, Fakulta zemědělská a technologická, Studentská 1668, 37005 České Budějovice, [prochazkaj@fzt.jcu.cz](mailto:prochazkaj@fzt.jcu.cz)

<sup>2</sup> Tolarova 425, 384 51 Volary, [ivo.rolcik@seznam.cz](mailto:ivo.rolcik@seznam.cz)

<sup>3</sup> Ústav pro hydrodynamiku AV ČR, v.v.i., Pod Paťankou 30/5, 166 12 Praha 6, [miroslav.tesar@iol.cz](mailto:miroslav.tesar@iol.cz)

Pokrok v automatizaci se v posledních desetiletích významně promítnul i v meteorologických a hydrologických měřeních. Tato modernizace stanic Českého hydrometeorologického ústavu (ČHMÚ) spočívající v nahrazování manuálních meteorologických měření za automatická čidla (nebo jejich doplňování) započala v 90. letech minulého století. První standardní automatická klimatologická stanice v této síti byla instalována v roce 1996 v Černé v Pošumaví firmou Meteoservis v. o. s. Od té doby došlo k automatizaci prakticky všech obdobných stanic, nicméně v horských oblastech a zejména na příhraniční Šumavě byla síť těchto stanic vzhledem k rozsáhlosti pohoří a špatné dostupnosti ještě v nedávné době dosti řídká. Snahou amatérských meteorologů, správců území a akademických pracovišť bylo v rámci rozličných aktivit tento nedostatek alespoň částečně vynahrádit.

Díky aktivitám amatérských meteorologů, pracovníků Správy NP Šumava, Přírodovědecké fakulty Univerzity Karlovy, Ústavu pro hydrodynamiku AVČR, v.v.i., Fakulty zemědělské a technologické JU, Výzkumného ústavu vodohospodářského TGM, v.v.i. či Povodí Vltavy s.p. je na území Šumavy kromě stanic ČHMÚ v provozu celá řada automatických stanic s měřením srážkových úhrnů. K měření srážek jsou zpravidla používány zavedené člunkové srážkoměry MR3, jejichž výhodou je častá frekvence měření s poměrně vysokou přesností a průběžným odesláním dat na server. Zatímco v teplejší části roku bývá jediným problémem občasné ucpávání srážkoměru, v zimním půlroce je hlavním omezujícím faktorem absence elektrické energie a tedy nemožnost vyhřívání srážkoměru při měření tuhých srážek v mrazovém období. Tento nedostatek zpravidla roste s nadmořskou výškou. Nicméně i měření v chladné části roku má svůj přínos, a to i při významných epizodách s kapalnými srážkami, kdy se dají v dalších souvislostech aktuální i souhrnné úhrny srážek do určité míry odhadnout či dopočítat. To je podstatné jak z hlediska poznatků pro celkovou hydrologickou bilanci odlehlých lokalit a dílčích povodí, tak pro interpretaci jednotlivých významných srážkoodtokových událostí. Předpokládá to samozřejmě znalost dané meteorologické situace a aktuálních i předběžných podmínek prostředí na dotčených lokalitách. K tomu pomáhají jak další souběžná měření (např. teplota vzduchu, výška sněhu), tak vlastní pozorování a expediční měření, nebo třeba snímání stavu počasí a terénu pomocí webkamer.

Rozlehlá oblast Šumavy, jež je územím s významnými srážkovými úhrny, tak má ke standardní síti stanic a totalizátorů ČHMÚ, doplnění dalšími stanicemi s možností automatického měření případně odhadu srážkových úhrnů. Např. v povodí Studené Vltavy (plocha povodí ca 120 km<sup>2</sup>) provozuje ČHMÚ pouze jednu manuální srážkoměrnou stanici v dolní části povodí (Stožec, 797 m. n. m.), nevyhříváný člunkový srážkoměr (se záchytnou plochou 200 cm<sup>2</sup>) u limnigrafu Černý Kříž (735 m n. m.) a jeden totalizátor se standardním sběrem dat 2x do roka. V roce 2015 jsme do nejvyšších poloh tohoto povodí instalovali jako součást sněhoměrné stanice Plechý (1344 m n. m.) člunkový srážkoměr a další v roce 2021 na lokalitu Nové Údolí (796 m n. m.) u hranice s Německem. Díky spolupráci s bavorskými amatérskými meteorology navíc získáváme on-line data o srážkách z automatické stanice v oblasti vrcholu Třístoličnicku. V povodí Studené Vltavy tedy dnes můžeme takto kontinuálně registrovat srážkové úhrny z dalších tří stanic s automatickým měřením srážek, byť do jisté míry s výše zmíněnými omezeními. Podobně byla automatickým měřením srážek doplněna např. výzkumná povodí v oblasti Vítkova hrádku, dílčí povodí Vydry na centrální Šumavě, rozvodí Černého a Čertova jezera apod. Provoz amatérských a účelových výzkumných stanic s automatickým měřením srážek přináší významný příspěvek pro doplnění poznatků o srážkových poměrech Šumavy a pro navazující klimatologické, hydrologické či ekologické analýzy.

# Konvekční a vrstevnaté srážky v Česku 1982–2021

Zuzana Rulfová<sup>1</sup>

<sup>1</sup> Ústav fyziky atmosféry AV ČR v. v. i., Boční II 1401, 141 00 Praha 4 - Spořilov, [rulfova@ufa.cas.cz](mailto:rulfova@ufa.cas.cz)

Ve středních zeměpisných šířkách se vyskytují srážky pocházející z konvekční i vrstevnaté oblačnosti. Konvekční srážky vypadávají z kupovitých oblaků, zejména z oblaků druhu Cumulus a Cumulonimbus, se vyskytují ve formě lokálních přeháněk různé intenzity a mohou být doprovázené bouřkovou aktivitou. Jako vrstevnaté srážky můžeme označit srážky vypadávající z vrstevnatých oblaků, zejména druhu Nimbostratus, výjimečně i Altostratus. Tyto srážky jsou většinou déletrvající, mívají menší intenzitu a zasahují větší území.

Protože jsou srážky hlavním zdrojem vody v ČR a ovlivňují charakter naší krajiny, může změna srážkového režimu ovlivnit mnoho lidských činností. Mírnější trvalé srážky vrstevnatého původu jsou sěžejní pro půdní vlhkost a jejich pokles může přispívat ke vzniku nebo prohlubování období sucha. Na druhou stranu, nadbytek silných vrstevnatých srážek může vést k rozsáhlým povodním. Nárůst četnosti a intenzity konvekčních srážek může do budoucna znamenat i nárůst dalších nebezpečných jevů, jako jsou bouřky s výskytem krup nebo přívalové deště vedoucí k tzv. bleskovým povodním a sesuvům půdy. Z těchto důvodů je důležité při studiu srážek rozlišovat jejich původ (vrstevnatý vs. konvekční).

V tomto příspěvku je představen algoritmus pro rozlišení srážek na převážně konvekční a vrstevnaté s využitím informací ze zpráv SYNOP (Rulfová a Kyselý, 2013). Algoritmus je aplikován na 40leté časové řady 6hodinových úhrnů srážek ze stanic SYNOP v ČR. Výsledné časové řady konvekčních a vrstevnatých srážek jsou analyzovány z hlediska základních klimatologických charakteristik a jejich trendů a rozšiřuje práci Rulfová a kol. (2019).

Pokud uvažujeme celkové roční úhrny srážek, pak se na nich srážky vrstevnatého původu podílejí asi z 55–75 % a konvekčního původu z 20–40 %. Podíl smíšených/nerozlišených srážek je podobný ve všech sezónách a představuje v průměru asi 5–10 %. Úhrn z vrstevnaté oblačnosti dominuje na všech stanicích ve všech sezónách kromě léta. V létě je konvekčních srážek vzhledem k ostatním sezónám nejvíce díky vhodným meteorologickým podmínkám, které přispívají ke vzniku a rozvoji konvekčních buněk. Ovšem ani v létě nedominují konvekční srážky na všech stanicích. Sezónní úhrn konvekčních srážek má rostoucí trend na jaře, v létě a na podzim. Zima byla vzhledem k malým úhrnům z analýzy vyloučena. Největší a statisticky významný trend je na podzim. Trendy sezónních úhrnů vrstevnatých srážek jsou oproti konvekčním srážkám menší a v létě dokonce klesající a nejsou statisticky významné.

## Literatura:

RULFOVÁ, Z., KYSELÝ, J., 2019. Disaggregating convective and stratiform precipitation from station weather data. *Atmospheric Research*, 134, 100-115. DOI: 10.1016/j.atmosres.2013.07.015.

RULFOVÁ, Z., BERANOVÁ, R., KYSELÝ, J., 2019. Charakteristiky konvekčních a vrstevnatých srážek na stanicích v České republice v letech 1982-2016, *Meteorologické zprávy*, 72, 1, 11–18.

# Ničivé tornádo 24. 6. 2021, výsledky podrobného zpracování škod

David Rýva<sup>1</sup>, Miloslav Staněk<sup>2,3</sup>

<sup>1</sup> Český hydrometeorologický ústav, Úsek meteorologie a klimatologie, Odbor distančních měření a informací, Na Šabatce 2050/17, 143 06 Praha 4, [david.ryva@chmi.cz](mailto:david.ryva@chmi.cz)

<sup>2</sup> Meteopress, spol. s r. o., Dělnická 191/27, 170 00 Praha 7 – Holešovice, [miloslav.stanek@meteopress.cz](mailto:miloslav.stanek@meteopress.cz)

<sup>3</sup> Univerzita Karlova, Přírodovědecká fakulta, Albertov 6, 128 00 Praha 2

Pro klasifikaci škod po tornádech a silném větru se ve světě využívá několik stupnic. Nejznámější a velmi často používanou stupnicí je Fujitova stupnice. Hojně používaná je rovněž tzv. rozšířená Fujitova stupnice (EFS), která se používá zejména v USA. ESSL byla představena v roce 2018 tzv. mezinárodní Fujitova stupnice (IFS), která byla v letech 2021 až 2022 aplikována několikrát pro mapování škod po tornádech. K aplikaci této stupnice pro klasifikaci škod došlo v Česku poprvé při výskytu tornáda ze dne 24. 6. 2021 v Podluží na jižní Moravě. Tornádo zasáhlo oblast jak s velkým množstvím staveb s různorodými konstrukcemi, tak různorodou vegetací.

Provedené pozemní i letecké průzkumy škod umožnily detailně klasifikovat škody v dráze tornáda. Tato data byla detailně zpracována a celá dráha škod byla klasifikována. Tornádo dosáhlo kategorie IF4 a jednalo se tak o nejsilnější tornádo v novodobé historii Česka. Maximální šířka dráhy škod po zahrnutí dalších průzkumů byla 2,8 km. Délka dráhy pak dosáhla 27,1 km. Škody klasifikované jako IF4 tornádo napáchalo na vegetaci mezi obcemi Hrušky a Moravská Nová Ves. Stupněm IF4 byly klasifikovány rovněž škody podél dráhy tornáda v obci Mikulčice a dva domy v Lužicích. Tornádo poté pomalu sláblo na stupeň IF2. Škody odpovídající stupni IF3 pak byly určeny ve čtvrti Pánov severozápadně od Hodonína. Škody odpovídající IF2 nebo silnější byly zaznamenány na spojitě dráze, jejíž délka dosahovala 15,3 km.

Kromě podrobného záznamu škod a upřesnění šířky dráhy škod IF2+, která činila v Hruškách 590 metrů, pomohly detailně zaznamenat škody i podrobné řezy dráhou škod. Zmapované škody v rámci detailních příčných řezů, porovnávajících jednotlivé druhy poškození, ukázaly rovněž některé limity IF stupnice. Z charakteru klasifikovaných škod vyplynula možná doplnění a případná upřesnění této stupnice.

1. Stromy zbavené větví byly hodnoceny vyšším stupněm IF stupnice než škody na budovách, které v některých případech utrpěly jen drobná poškození.
2. Poškození izolovaných stromů je hodnoceno vyšším stupněm než poškození blízkých budov.
3. Stupnice ztěžuje hodnocení stupněm IF3 dobře postavených cihlových budov. Ačkoliv destrukce střechy má za následek označení IF2, poškození stěn pak odpovídá IF4.
4. Některé štítové střechy byly výrazně chatrnější a došlo k jejich destrukci v některých případech i tehdy, kdy byly na střeše střešní tašky. Některé štítové střechy byly naopak výrazně pevnější. Široká škála pevnosti štítových střech by se měla odrážet v hodnocení pomoci IF stupnice.

Kromě výše zmíněných okolností je vhodné škody mapovat efektivněji. K fotografiím zaznamenávat i polohu nebo případně škody zaznamenávat a klasifikovat přímo na místě pomocí GIS do vrstvy prostřednictvím smartphonu nebo tabletu. Rovněž se ukazuje jako vhodný a efektivní nástroj pro mapování škod využití snímkování pomocí UAV.

## Literatura:

PŮČIK, T., RÝVA, D., ŠINGER, M., STANĚK M., GROENEMEIJER, P., 2022. Damage survey of the violent tornado in southwest Czechia on 24 June 2021 [online]. [cit. 31. 7. 2022]. Dostupné z WWW: <https://www.essl.org/cms/wp-content/uploads/24-June-2021-violent-tornado-damage-assessment-.pdf>.

GROENEMEIJER, P. et al., 2018. The International Fujita (IF) Scale, Tornado and wind damage assessment guide [online]. [cit. 31. 7. 2022] Dostupné z WWW: [https://www.essl.org/media/publications/IF-scale\\_v0.10.pdf](https://www.essl.org/media/publications/IF-scale_v0.10.pdf).

# Použití nové Mezinárodní Fujitovy stupnice pro konečné hodnocení loňského ničivého tornáda

David Rýva<sup>1</sup>, Miloslav Staněk<sup>2,3</sup>

<sup>1</sup> Český hydrometeorologický ústav, Úsek meteorologie a klimatologie, Odbor distančních měření a informací, Na Šabatce 2050/17, 143 06 Praha 4, [david.ryva@chmi.cz](mailto:david.ryva@chmi.cz)

<sup>2</sup> Meteopress, spol. s r. o., Dělnická 191/27, 170 00 Praha 7 – Holešovice, [miloslav.stanek@meteopress.cz](mailto:miloslav.stanek@meteopress.cz)

<sup>3</sup> Univerzita Karlova, Přírodovědecká fakulta, Albertov 6, 128 00 Praha 2

Ve světě nejpoužívanější stupnicí pro hodnocení síly tornád je bezesporu Fujitova stupnice pojmenovaná po jejím autorovi Tetsuyovi Theodoru Fujitovi. Její první verze vznikla počátkem 70. let minulého století a postupně prošla několika úpravami s ohledem na nové poznatky, ale i regionální zvyklosti týkající se odlišného stylu stavební praxe v rozličných částech světa. Tato stupnice byla minulé dekády používána i u nás, ale postupně se ukazovalo, že je značně nedokonalá a dává velký prostor subjektivnímu hodnocení mnoha typů škod. V důsledku toho byla v USA před více než 15 lety zavedena rozšířená verze Fujitovy stupnice (Enhanced Fujita Scale), která při hodnocení využívá tabulek vzorových typů objektů a u každého z nich na základě stupně poškození (Degree of Damage) přiřazuje odhad odpovídající rychlosti větru a následně i intenzity tornáda ve stupních EF.

Podobná praxe je v současnosti zaváděna v Evropě. Evropa je ale velmi různorodá co do stavebních zvyklostí nejen v různých zemích, ale dokonce i v rámci různých regionů. I to bylo důvodem, proč nebylo možné převzít americkou EF stupnici, ale došlo ke vzniku nové Mezinárodní Fujitovy stupnice (International Fujita scale) jejíž první verze byla představena roku 2018 Evropskou laboratoří silných bouří (ESSL). Ta je stavěna na podobném principu jako americká EF stupnice a využívá řady tabulek charakterizujících typ a pevnost objektu a podle stupně poškození následně přiřazující intenzitu tornáda jako stupně IF0 až IF5. Právě loňské ničivé tornádo síly IF4 na Moravě bylo první příležitostí použít ve velkém rozsahu pro hodnocení škody právě tuto stupnici.

Tato prezentace si klade za cíl základní seznámení publika s touto stupnicí a několik praktických ukázek postupu práce při jejím používání na konkrétních hodnocených škodách po tornádu.

## Literatura:

PŮČÍK, T., RÝVA, D., ŠINGER, M., STANĚK M., GROENEMEIJER, P., 2022. Damage survey of the violent tornado in southwest Czechia on 24 June 2021 [online]. [cit. 31. 7. 2022]. Dostupné z WWW: <https://www.essl.org/cms/wp-content/uploads/24-June-2021-violent-tornado-damage-assessment-.pdf>.

GROENEMEIJER, P. et al., 2018. The International Fujita (IF) Scale, Tornado and wind damage assessment guide [online]. [cit. 31. 7. 2022] Dostupné z WWW: [https://www.essl.org/media/publications/IF-scale\\_v0.10.pdf](https://www.essl.org/media/publications/IF-scale_v0.10.pdf).

# Rekonstrukce katastrofální povodně roku 1872 na Blšance

Jan Šrejber<sup>1</sup>, Jan Unucka<sup>2</sup>

<sup>1</sup> Kočkovská 2699/18, poštovní schránka 2, 400 11 Ústí nad Labem-Kočkov, [jan.srejber@chmi.cz](mailto:jan.srejber@chmi.cz)

<sup>2</sup> Český hydrometeorologický ústav, Oddělení hydrologie, K Myslivně 3/218, 708 00 Ostrava-Poruba, [jan.unucka@chmi.cz](mailto:jan.unucka@chmi.cz)

Katastrofální povodeň na Blšance z května 1872 je svým průběhem a dopady v dotčeném území bezesporu jednou z historicky nejkatastrofálnějších povodní na našem území. Tento příspěvek navazuje na letošní výstavu „150 let od katastrofální povodně na Blšance“ s tím, že se soustředí zejména na metodiku hydrologicko-hydraulické rekonstrukce povodně a možnosti současných nástrojů GIS a matematického modelování v tomto ohledu. Je zřejmé, že rekonstrukce jakékoliv historické povodně je zatížena vysokou nejistotou vstupních dat, které vycházejí často z prostorově ne zcela přesných dochovaných údajů v kronikách, archivní fotodokumentace, povodňových značek na stavbách či jiných nepřímých (proxy) dat. Jedinou takto zaměřenou ucelenou prací v tomto ohledu je studie Jolany Křivkové z roku 2001. Autorka vybrala několik příčných profilů, pro které v software HYDROCHECK postupně měnila hodnoty průtoku, až hladiny korespondovaly s kótami dochovaných povodňových značek. Vůči tomuto přístupu nelze nic namítat, byl koneckonců poplatný tehdejší dostupné datové základně a softwarovým prostředkům. V rámci této studie se autoři pokusili o prostorově kontinuální rekonstrukci povodně včetně vlivu postupného hromadění splávi a odtokových bariér na prostorový rozsah a kóty hladin v inundacích, stejně jako protržení rybníčních hrází na Podvineckém potoce. Vyšli jsme z dostupných dat ČHMÚ, Povodí Ohře, s. p., archivních záznamů v SOkA a již zmiňované práce Křivkové. Součástí první fáze bylo i geodetické zaměření a revize povodňových značek, např. na katastrálním území obce Železná na železničním viaduktu. Další fáze proběhla na úrovni zpracování dostupných dat v GIS, která zahrnovala zejména kombinaci digitálního modelu terénu se zaměřením koryt toků a zpracování dalších dat o území včetně historických mapových děl (mapy stabilního katastru apod.). Následovala hlavní fáze výstavby srážkoodtokových (HEC-HMS, MIKE SHE) a hydraulických modelů (HEC-RAS, MIKE 11). Postprocessing výsledků hydraulického modelování proběhl opět v prostředí GIS. Jakkoliv se výše uvedené autorské přístupy liší, potvrdila se vstupní hypotéza o mimořádné magnitudu této povodně, synchronicitě přírodních a antropogenních vlivů (protržení hrází rybníků, ovlivnění kapacity koryt a inundací) a také nezanedbatelném vlivu již zaniklých vodních děl v krajině (náhony pro mlýny apod.).

# Pozorované trendy a charakteristiky bouřkových situací v České republice v letech 1961–2022

Radim Tolasz<sup>1</sup>, Adam Valík<sup>2</sup>

<sup>1</sup> Český hydrometeorologický ústav, Oddělení klimatické změny, K Myslivně 3/2182, 708 00, Ostrava, [radim.tolasz@chmi.cz](mailto:radim.tolasz@chmi.cz)

<sup>2</sup> Český hydrometeorologický ústav, Oddělení klimatické změny, Kroftova 2578/43, 616 67, Brno, [adam.valik@chmi.cz](mailto:adam.valik@chmi.cz)

V posledních dekádách jsme svědky významných změn globálního klimatu, jak dokazují např. výsledky prezentované v Šesté hodnotící zprávě IPCC (2021), což s sebou mimo jiné nese i změny v četnostech a intenzitě meteorologických jevů, zejména těch extrémních, jako jsou např. silné bouře, přívalové deště nebo tornáda. V našem příspěvku jsme se zaměřili na studium bouřek, jakožto souboru elektrických, optických a akustických jevů, které doprovázejí výskyt blesků (Elektronický meteorologický slovník 2022). K tomuto účelu jsme využívali staniční pozorování z přibližně 600 meteorologických stanic, která jsou uložena v klimatologické databázi Českého hydrometeorologického ústavu.

Pro vybrané stanice disponující dlouhými řadami pozorování meteorologických jevů (v některých případech sahaly počátky pozorování až do konce 19. století) byly studovány trendy vývoje počtu pozorování bouřkových situací, délky jejich trvání, intenzity a dalších dostupných informací. Větší pozornost byla věnována období 1961 až 2022, kdy zejména pro poslední dekády byly pro pozorované bouřkové situace doplňovány informace o teplotě vzduchu, rychlosti větru, atmosférickém tlaku a množství srážek, na základě kterých byly následně bouřky rozdělené do několika skupin a blíže prostudovány. Větší pozornost byla věnována zejména nejextrémnějším případům.

## Literatura:

Česká meteorologická společnost [online]: Elektronický meteorologický slovník (eMS) [cit 22.06.2022]. Dostupné z: <http://slovník.cmes.cz>.

IPCC, 2021: Summary for Policymakers. In: Climate Change 2021: The Physical Science Basis. Contribution of Working Group I to the Sixth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change [Masson-Delmotte, V., P. Zhai, A. Pirani, S.L. Connors, C. Péan, S. Berger, N. Caud, Y. Chen, L. Goldfarb, M.I. Gomis, M. Huang, K. Leitzell, E. Lonnoy, J.B.R. Matthews, T.K. Maycock, T. Waterfield, O. Yelekçi, R. Yu, and B. Zhou (eds.)]. Cambridge University Press, Cambridge, United Kingdom and New York, NY, USA, pp. 3–32, doi:10.1017/9781009157896.001.

# Kalibrace předpovědi srážek pro hydrologické modelování s využitím neuronových sítí

Martin Vokoun<sup>1,2</sup>, Martin Hanel<sup>2,4</sup>, Petr Zacharov<sup>1</sup>, Tomáš Vlasák<sup>3</sup>, Vojtěch Moravec<sup>2,4</sup>

<sup>1</sup> Ústav fyziky atmosféry AV ČR, v. v. i., oddělení meteorologie, Boční II 1401, 141 00 Praha 4, [vokoun@ufa.cas.cz](mailto:vokoun@ufa.cas.cz)

<sup>2</sup> Česká zemědělská univerzita v Praze, Katedra vodního hospodářství a environmentálního modelování, Kamýcká 129, 165 00 Praha-Suchbát, [hanel@fzp.czu.cz](mailto:hanel@fzp.czu.cz)

<sup>3</sup> Český hydrometeorologický ústav, RPP ČHMÚ České Budějovice, Antala Staška 32, 370 07, České Budějovice, [tomas.vlasak@chmi.cz](mailto:tomas.vlasak@chmi.cz)

<sup>4</sup> Výzkumný ústav vodohospodářský, T. G. Masaryka, oddělení hydrologie, Podbabská 2582/30, 160 00, Praha 6, [vojtech.moravec@vuv.cz](mailto:vojtech.moravec@vuv.cz)

Předpověď srážek je významným zdrojem nejistoty pro hydrologické modelování. Z tohoto důvodu existuje řada postprocessingových a kalibračních metod, které mají za cíl zpřesnění předpovědi a odstranění systematických chyb. Cílem této práce je otestování kombinace tří odlišných postprocessingových metod a vyhodnocení jejich přínosu na přesnost predikce srážek pro hydrologické modelování na třech vybraných povodích v ČR. Pro účely práce byly použity predikce srážek z let 2012-2018 z deterministického modelu ALADIN-CZ (Aire Limitée, Adaptation Dynamique, Development International) a ensemblových modelů ALADIN-LAEF (Limited Area Ensemble Forecasting) a COSMO-LEPS (Consortium for Small-scale MOdeling - Limited-area Ensemble Prediction System). Jako první ze tří kalibračních kroků byla vypočítána kvantilová předpověď pomocí BMA (Bayesian Model Averaging) metody (Sloughter 2007). Ta byla využita ve druhém kroku při sestavování ensemblových multimodelů společně v kombinacích s výše uvedenými ensemblovými modely a modelem ALADIN-CZ. V posledním kroku byla část predikcí sestavených multimodelů společně s měřeními srážkami vyčleněna jako učící soubor pro neuronovou síť. Zbývající část predikcí posloužila jako validační soubor. Výstupem neuronové sítě byla deterministická předpověď srážek pro každý ensemblový multimodel. Tento výstup byl porovnán s výstupy nekalibrovaných predikcí modelu ALADIN-CZ, který se používá jako primární zdroj pro hydrologické modely v Českém hydrometeorologickém ústavu (ČHMÚ) (ČHMÚ 2020). Nejvyšší přesnosti dosáhl kalibrovaný výstup neuronové sítě, který počítal s daty multimodelu sestaveného z modelu ALADIN-CZ a kvantilové předpovědi BMA.

V rámci práce byl otestován také přímý výpočet průtoku pomocí neuronové sítě. Vstupem pro učení nebyl v tomto případě vztah predikovaná srážka – měřená srážka, nýbrž predikovaná srážka – měřený průtok. Výsledky byly srovnány s hydrologickými předpověďmi a přinesly uspokojivé výsledky, které jsou motivací pro další práci na tomto tématu.

## Literatura:

SLOUGHTER, J. M. L., et al, 2007. Probabilistic quantitative precipitation forecasting using Bayesian model averaging. *Monthly weather review*, 135.9: 3209-3220.

ČHMÚ, 2022. Hlásná a předpovědní povodňová služba [on-line]. Český hydrometeorologický ústav, [cit. 17. 6. 2020]. Dostupné z WWW: [https://hydro.chmi.cz/hpps/hpps\\_document.php](https://hydro.chmi.cz/hpps/hpps_document.php).



# Historické předpovědi srážek z reanalýz ALADIN

Petr Zacharov<sup>1</sup>, Daniela Řezáčová<sup>1</sup>, Radmila Brožková<sup>2</sup>

<sup>1</sup> Ústav fyziky atmosféry AVČR, v.v.i., Boční II 1401, 141 31 Praha 4 – Spořilov, [petas@ufa.cas.cz](mailto:petas@ufa.cas.cz)

<sup>2</sup> Český hydrometeorologický ústav, Úsek meteorologie a klimatologie, Na Šabatce 2050/17, 143 06 Praha 4, [radmila.brozkova@chmi.cz](mailto:radmila.brozkova@chmi.cz)

Projekt PERUN je zaměřen na výzkum klimatických extrémů, sucha a důsledků jeho prohlubování v České republice. Cílem projektu je vytvoření výzkumného centra, které se bude dlouhodobě věnovat výzkumu v oblasti změny klimatu. Jde o analýzu probíhající a predikci budoucí změny, včetně identifikace rizik pro životní prostředí a pro společnost. Výstupem budou nejaktuálnější podklady nutné pro přípravu a aktualizaci strategických dokumentů a pro rozhodovací procesy nejen v oblasti adaptací na změnu klimatu, ale i pro hodnocení mitigačních opatření v procesu jejich přípravy i realizace. Minimálním výstupem jednotlivých dílčích cílů popsaných v projektu bude veřejně přístupná souhrnná výzkumná zpráva doplněná veřejnými databázemi, certifikovanými metodikami a samozřejmě vědeckými publikacemi.

V rámci výpočtů historických běhů vznikly v projektu PERUN tři různé reanalýzy. První reanalýza s pracovním kódem ALADIN.aaa pojmenovaná jako PERUN/Reanalysis je primárně určená jako historická reanalýza s použitím úzké vazby na asimilovaná data z ERA 5. Druhá reanalýza, která je označena kódem ALADIN.aab a která je oficiálně pojmenovaná jako PERUN/EvaluationRun, představuje historické výpočty s bočními okrajovými podmínkami z ERA 5. Třetí reanalýza s kódovým označením ALADIN.aac a pojmenovaná PERUN/HistoricalRun představuje historické výpočty, na které navazují scénáře vývoje klimatu do budoucnosti.

Všechny tři reanalýzy jsou počítány modelem ALADIN v nehydrostatické verzi na doméně pokrývající většinu Evropy s horizontálním rozlišením 2,325 km a 87 vertikálními hladinami. Doména pokrývá 1037x821 gridových bodů, rozměry oblasti jsou přibližně 2 500 km x 2000 km.

Tato studie ukazuje porovnání srážek produkovaných popsanými třemi reanalýzami na období 1995–2009, kde se zatím časově všechny tři reanalýzy překrývají. Jako zájmová doména bylo vybráno území České republiky, kde je k dispozici gridovaný detailní odhad 24h srážek pomocí produktu GriSt. Vzhledem k období jsou k dispozici pouze 24 hodinové úhrny srážek, které byly ve studii vyhodnoceny.

Výsledky prvního zpracování ukazují vysokou korelovanost průměrných plošných denních úhrnů s měřením ale i nadhodnocení denních úhrnů srážek ve všech třech reanalýzách spočtených modelem ALADIN, obdobně, jako tomu bylo pro testovací období v práci Zacharov a kol. (2022).

## Literatura:

ZACHAROV, P., ŘEZÁČOVÁ, D., BROŽKOVÁ, R., 2022. Strukturovaná verifikace předpovědi srážek produkovaných současnou konfigurací modelu ALADIN-CZ. *Meteorologické zprávy*, **75** (3), 89–98.

# FROST – předpověď teploty povrchu českých dálnic

Petr Zacharov<sup>1</sup>, Zbyněk Sokol<sup>1</sup>, Pavel Sedlák<sup>1</sup>, Vojtěch Bližňák<sup>1</sup>, Petr Pešice<sup>1</sup>, Martin Tomáš<sup>2</sup>

<sup>1</sup> Ústav fyziky atmosféry AVČR, v.v.i., Boční II 1401, 141 31 Praha 4 – Spořilov, [petas@ufa.cas.cz](mailto:petas@ufa.cas.cz)

<sup>2</sup> Český hydrometeorologický ústav, Úsek meteorologie a klimatologie, Na Šabatce 2050/17, 143 06 Praha 4, [radmila.brozkova@chmi.cz](mailto:radmila.brozkova@chmi.cz)

Ledové jevy na vozovkách představují zásadní nebezpečí pro automobilovou dopravu všude na světě. Včasné zásahy údržby silnic umožňují výrazně snížit nehodovost na silnicích, na druhou stranu je prevence velmi nákladná a je proto záhodné, aby byla využita efektivně. Silniční doprava v zimním období je závislá na včasné údržbě dopravních komunikací. I přes stávající moderní možnosti údržby a nasazení technických služeb je kvalita údržby silnic stále závislá na dostatečně přesné a dostatečně dlouhé předpovědi počasí a především dopadů počasí na teplotu a stav povrchu komunikací.

Ústav fyziky atmosféry AV ČR vyvinul ve spolupráci s Českým hydrometeorologickým ústavem model FORTE – matematický model šíření tepla a radiace na vozovce. Model je využit jednak pro bodovou předpověď stavu a teploty povrchu vozovek v místech silničních meteorologických měření Ředitelství silnic a dálnic ČR a Technické správy komunikací hl. m. Prahy, ale také pro výpočet liniové předpovědi pro hlavní pražské komunikace a nově i pro vybrané dálnice v ČR.

Do modelu vstupují měření ze silniční sítě ŘSD i TSK a předpovědi modelu ALADIN. Výstupem je předpověď teploty a stavu povrchu v daném výpočetním bodě na v čase 30h dopředu. Kvůli rychlé aktualizaci aktuálního měření je předpověď počítána každou celou hodinu. Pro liniovou předpověď na vybraných úsecích hlavních komunikací v Praze a dálnicích ČR interpolujeme měření do virtuálních výpočetních bodů a dostáváme tak řetěz bodů pokrývající celou vybranou silnici. Model FORTE využívá pro každý výpočetní (měřicí i virtuální) bod informace o okolní zástavbě ve formě zastínění a sky-view faktoru. Tím se každý výpočetní bod stává nezávislým, protože využívá lokální informace o svém jedinečném okolí.

V rámci projektu ICEWARN vznikla liniová předpověď pro vybrané hlavní komunikace v Praze včetně dálničního okruhu D0. Předpovědní systém je operativně používán v ČHMÚ a jeho výstupy slouží při přípravě zimní silniční předpovědi pro TSK hl. m. Prahy.

V průběhu řešení projektu ICEWARN byla zjištěna vysoká citlivost na chybnou předpověď nízké oblačnosti, což se bohužel v zimních měsících občas stává. Podcenění oblačnosti vede k značnému přecenění teploty silnice, přecenění oblačnosti naopak vede ke značnému shlazení předpovězeného denního chodu teploty vozovky.

Aktuální projekt FROST navazuje na projekt ICEWARN. V projektu využíváme časovou extrapolaci satelitního měření oblačnosti pro první tři hodiny předpovědi. Ukazuje se, že použití extrapolované oblačnosti v prvních třech hodinách výrazně pomáhá zlepšit předpověď. Dalším postupem v projektu bude navázání extrapolované předpovědi oblačnosti na předpověď oblačnosti modelem ALADIN, tzv. blending.

## Literatura:

SOKOL, Z, BLIŽŇÁK, V., SEDLÁK, P., ZACHAROV, P., PEŠICE, P., ŠKUTHAN, M., 2017. Ensemble forecasts of road surface temperatures, *Atmospheric Research*, **187**, 1 May, 33–41.

**Poznámky:**

**Poznámky:**

Výroční konference České meteorologické společnosti 2022

Meteorologické aspekty minulých i budoucích povodní – výročí velkých povodní – 20 let v Čechách, 25 let na Moravě a 150 let na Berounce

Sborník abstraktů

Vydala Česká meteorologická společnost

V nakladatelství Český hydrometeorologický ústav, 2022, 1. vyd.

Náklad 35 výtisků

Vytiskla tiskárna Českého hydrometeorologického ústavu, Na Šabatce 2050/17, 143 06 Praha 4

ISBN 978-80-7653-036-2

Za obsah příspěvků odpovídají autoři