

MÜLLER, M., KAŠPAR, M., HUDEC, F., 2023. Plošné návrhové srážky v českých povodích. In: TOLASZ, R., POLCAROVÁ, E. (Eds.), 2023. Sborník příspěvků z První konference projektu PERUN (TA ČR, SS02030040). Praha: ČHMÚ, 179–183, ISBN 978-80-7653-063-8.
<https://doi.org/10.59984/978-80-7653-063-8.23>

Plošné návrhové srážky v českých povodích (Design precipitation in Czech river basins)

Miloslav Müller, Ústav fyziky atmosféry AV ČR, v. v. i., Přírodovědecká fakulta, Univerzita Karlova, muller@ufa.cas.cz

Marek Kašpar, Ústav fyziky atmosféry AV ČR, v. v. i., kaspar@ufa.cas.cz

Filip Hudec, Ústav fyziky atmosféry AV ČR, v. v. i., Přírodovědecká fakulta, Univerzita Karlova, hulec@ufa.cas.cz

Abstrakt: Data o srážkové intenzitě na území Česka s horizontálním rozlišením 1 km² a časovým krokem 10 minut, získaná adjustací radarových odhadů daty ze srážkoměrných stanic, posloužila k odvození návrhových plošných srážek v českých povodích I. až IV. řádu a v povodích útvarů povrchových vod. Při zdvojnásobení doby akumulace srážky vzroste návrhový úhrn v jednotlivých pixelech v průměru o cca 20 %. S rostoucí plochou povodí velikost návrhových úhrnů klesá, a to především v případě kratších dob akumulace.

Klíčová slova: návrhové srážky – doba opakování – povodí

Abstract: Data on rainfall intensity on the territory of the Czech Republic with a horizontal resolution of 1 km² and a time step of 10 minutes, obtained by adjusting radar estimates with data from rain gauge stations, were used to derive design areal precipitation in the Czech river basins of 1st to 4th order and in the basins of surface water bodies. When the rainfall accumulation time is doubled, the design precipitation total in individual pixels increases by about 20% on average. The magnitude of the design totals decreases with increasing catchment area, especially for shorter accumulation periods.

Keywords: design precipitation – return period – catchment

1. Úvod

Pro vodohospodářskou praxi jsou zásadními údaji tzv. návrhové veličiny, tedy hodnoty příslušné veličiny, které se v určitém místě nebo povodí vyskytnou s danou pravděpodobností. Hlavní takto vyhodnocovanou veličinou je průtok, neméně důležité jsou však i návrhové úhrny srážek. K vyjádření návrhových veličin je využíván koncept *N*-letosti, kdy např. 100letý úhrn srážek se v daném místě či povodí opakuje v průměru jednou za 100 roků; pravděpodobnost jeho výskytu v určitém roce je pak rovna převrácené hodnotě *N*, tedy 0,01.

Vyhodnocení návrhových srážek je značně obtížné vzhledem ke kumulativní povaze tohoto meteorologického prvku, proto se řeší pro různě dlouhé časové úseky. Vzhledem k dostupnosti dat jde nejčastěji o návrhové denní úhrny, které pro české stanice zpracovali např. Šamaj et al. (1985). Pro nejrůznější aplikace jsou však zpravidla důležitější návrhové úhrny za kratší časové úseky, kterým se věnoval již Trupl (1958). K jejich zpracování se v poslední době začaly využívat i odhady srážkových intenzit z meteorologických radarů (Haberlandt a Berndt 2016), které byly využity i při nedávném vyčíslení návrhových srážek v ČR (Kavka, Kašpar et al. 2023). Druhým důležitým aspektem je prostorová variabilita srážek,

takže kromě bodových odhadů návrhových úhrnů je třeba vyhodnocovat také návrhové plošné srážky, kterým je věnován tento článek.

2. Data a metody

Výchozím datovým souborem byla data radarové odrazivosti v nadmořské výšce 2000 m n. m. (produkt pseudo-CAPPI 2 km), která pokrývají dvacet bezmrazových období od dubna do října (2002 až 2021) s časovým rozlišením 10 minut a horizontálním rozlišením 1 km. Intenzity srážek byly odhadnuty pomocí standardního Z-R vztahu a poté adjustovány denními úhrny srážek ze srážkoměrných stanic ČHMÚ. Zvolený adjustační algoritmus podle Sokola (2003) nejdříve plošně adjustuje denní úhrny odvozené z radarových dat tak, aby v pixelech se srážkoměrnými stanicemi odpovídaly staničním denním úhrnům. Takto plošně adjustované denní úhrny dále adjustuje lokálně v jednotlivých pixelech úhrny naměřenými na nejbližších stanicích se započtením proměnných vah podle vzdálenosti příslušných stanic. Nakonec získané adjustované denní úhrny rozděluje do desetiminutových intenzit podle časového průběhu radarové odrazivosti.

Z 10minutových intenzit srážek v pixelech o velikosti 1 km² byly stanoveny úhrny srážek za časové úseky od 30 minut do 3 dnů, a to klouzávě pro všechna časová okna studovaného 20letého období. Následně byly vypočteny plošné průměry těchto úhrnů v povodích od IV. do I. řádu a v povodích útvarů povrchových vod (ÚPV). Ty byly podrobeny frekvenční analýze pomocí tříparametrického zobecněného rozdělení extrémních hodnot (GEV), jehož parametry byly odvozeny metodou *L*-momentů z ročních maxim plošných srážkových úhrnů na povodí. Pomocí parametrů GEV pak byly stanoveny návrhové plošné úhrny srážek ve všech uvažovaných povodích a pro všechny uvažované doby akumulace.

3. Výsledky

Velikost návrhové plošné srážky na povodí je určována trojicí hlavních parametrů, totiž uvažovanou dobou akumulace srážky, zvolenou dobou opakování a plochou povodí, dále pak jeho fyzicko-geografickými poměry, které navíc mohou mít různý vliv na srážková maxima o různé době trvání. Proto nejprve představíme odhady návrhových srážek pro pixely o velikosti 1 km² a dále se budeme věnovat plošným odhadům pro zvolenou dobu opakování $N = 20$ roků.

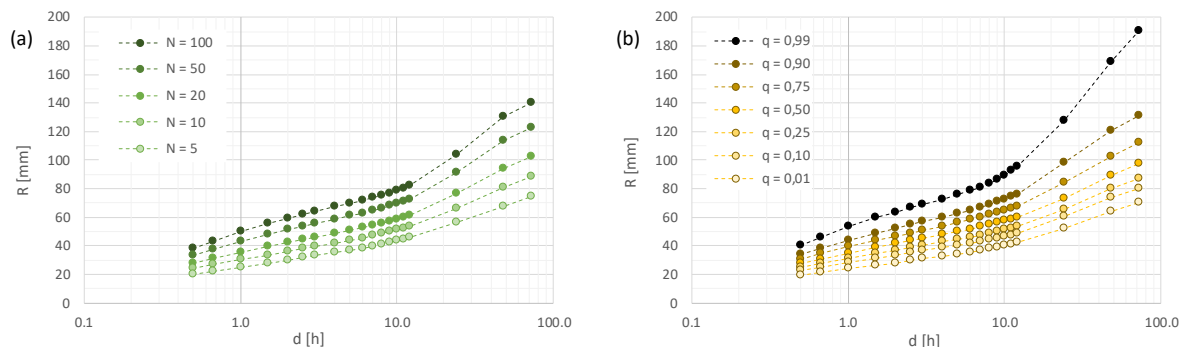
3.1 Návrhové srážky v pixelech o velikosti 1 km²

Návrhové úhrny srážek na plochu o velikosti 1 km² s dobou opakování 5 roků činí v průměru např. 25 mm a 56 mm pro hodinovou, resp. 24hodinovou dobu akumulace (obr. 1a). Při zvýšení uvažované doby opakování z 5 na 100 roků vzrostou odhady přibližně na dvojnásobek, přičemž poměr mezi hodinovým a 24hodinovým návrhovým úhrnem zůstává přibližně stejný.

U různě dlouhých návrhových úhrnů lze vyčíslit, jak roste velikost úhrnu s rostoucí dobou akumulace, např. při jejím zdvojnásobení. K nejmenšímu nárůstu návrhových úhrnů dochází mezi 3hodinovým a 6hodinovým úhrnem s velkou dobou opakování, kdy u 100leté srážky vzroste hodnota pouze o cca 11 %. To svědčí o značném vlivu vysokých krátkodobých intenzit na extrémní úhrny o délce vyšších jednotek hodin. Naopak mezi 12hodinovým a 24hodinovým návrhovým úhrnem je nárůst znatelně větší (27 %).

Mezi jednotlivými pixely jsou nicméně značné rozdíly, a to především pro delší doby akumulace srážek a delší uvažované doby opakování (obr. 1b). Např. v případě 24hodinového úhrnu s dobou opakování 20 roků je kvantil $q_{0,99}$ rozdělení těchto hodnot v rámci ČR 2,4násobkem kvantilu $q_{0,01}$, v případě doby opakování 100 roků jde dokonce o 3,5násobek. Jedno procento území ČR by pak mělo být v průměru jednou za 100 roků zasaženo srážkou s 24hodinovým úhrnem přesahujícím 200 mm. V případě těchto nejexponovanějších oblastí je

navíc obzvlášť výrazné prohnutí křivky závislosti návrhových úhrnů na době akumulace, kdy mezi 12hodinovým a 24hodinovým návrhovým úhrnem je nárůst dokonce o 33 %, což naznačuje významný podíl trvalých srážek na delších extrémních úhrnech.

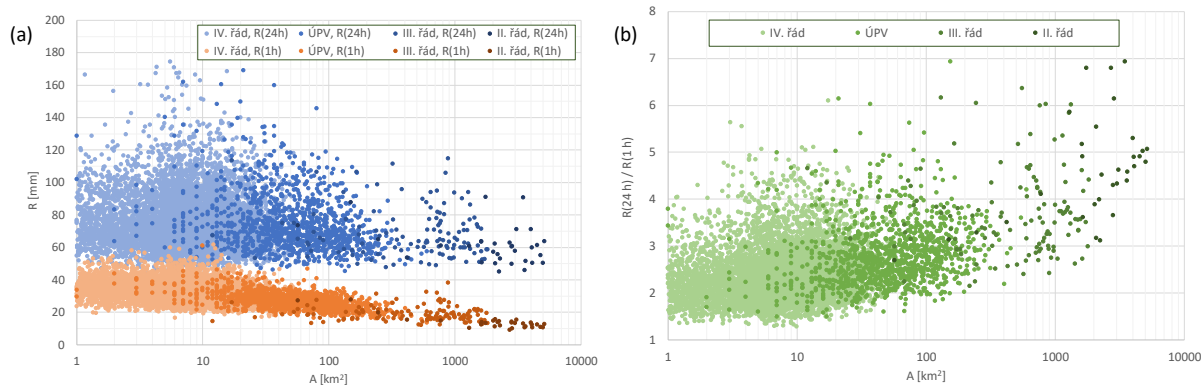


Obr. 1 Návrhové úhrny srážek R [mm] s různou dobou akumulace d [h] v pixelech o velikosti 1 km^2 : (a) průměrné návrhové úhrny s různou dobou opakování N [roky]; (b) vybrané kvantily rozdělení návrhových úhrnů v jednotlivých pixelech pro $N = 20$ roků.

Fig. 1 Design precipitation totals R [mm] of various duration d [h] in 1 km^2 pixels: (a) mean design totals with various return periods N [years]; (b) selected quantiles of the distribution of design totals in individual pixels for $N = 20$ years.

3.2 Návrhové srážky na povodí

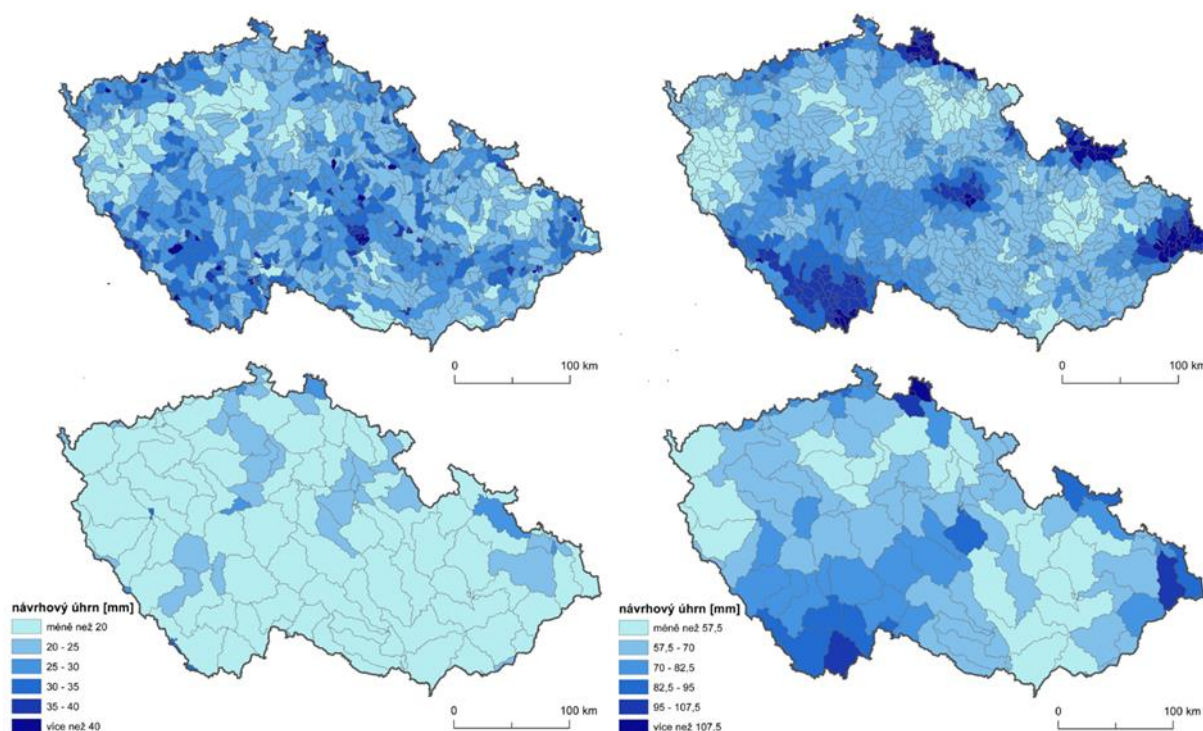
S rostoucí plochou povodí návrhové plošné úhrny srážek v průměru klesají, a to pro všechny doby akumulace (obr. 2a). Zatímco pro nejmenší povodí dosahují hodinové úhrny s dobou opakování 20 roků v průměru 36 mm, na povodí o ploše 1000 km^2 je návrhový úhrn přibližně poloviční. Pokles je znatelný i v případě delší doby akumulace srážek, není nicméně zdaleka tak výrazný (v uvedeném případě jen cca o 20 %). Výsledkem jsou obecně větší podíly mezi návrhovými srážkovými úhrny s delší a s kratší dobou akumulace ve větších povodích (obr. 2b).



Obr. 2 (a) Návrhové hodinové a 24hodinové plošné úhrny srážek R [mm] s dobou opakování $N = 20$ roků pro povodí II. až IV. řádu a útvarů povrchových vod (ÚPV) o různé ploše A [km²]; (b) podíly příslušných 24hodinových a hodinových návrhových srážkových úhrnů na různých velikých povodích.

Fig. 2 (a) Design 1-hour and 24-hour areal precipitation totals R [mm] with a return period of $N = 20$ years for catchments of the 2nd, 3rd, and 4th order and of surface water bodies, with area A [km²]; (b) ratio between the respective 24-hour and 1-hour design precipitation totals at various catchment sizes.

Příklady prostorového rozdělení návrhových plošných úhrnů srážek jsou zobrazeny v obr. 3. Je z něj patrná značná prostorová neuspořádanost v případě návrhových hodinových úhrnů, kde zjevně hraje důležitou roli velikost povodí. V případě návrhových 24hodinových úhrnů je tento faktor vedlejší; jako zásadní se jeví vliv topografie, přičemž největší úhrny se vyskytují nejen na horách, ale i v jejich předpolí.



Obr. 3 Návrhové plošné úhrny srážek s dobou opakování 20 roků, s délkami trvání 1 h (vlevo) a 24 h (vpravo) a pro útvary povrchových vod (nahore) a povodí III. řádu (dole).

Fig. 3 Design areal precipitation totals with a return period of 20 years: 1-hour totals (left) and 24-hours totals (right). Values for catchments of surface water bodies and for catchments of the 3rd order are depicted at the top and bottom, respectively.

4. Závěr

Studie prokázala možnosti využití adjustovaných radarových dat k odhadům návrhových plošných srážek v českých povodích. Vzhledem k 20leté datové řadě jsou návrhové úhrny vyšších dob opakování zatíženy nejistotou, která se uplatňuje především v případě krátkodobých úhrnů v řádu jednotek hodin. Přes toto omezení bude možné využít získané výstupy ve vodohospodářské praxi. Dalším potenciálním využitím je validace návrhových srážek počítaných z výstupů klimatologických modelů, které i vzhledem k horizontálnímu rozlišení modelů musí mít plošný charakter.

Poděkování

Tento příspěvek vznikl s podporou TA ČR, projektu SS02030040 „Predikce, hodnocení a výzkum citlivosti vybraných systémů, vlivu sucha a změny klimatu v Česku (PERUN)“.

Literatura

HABERLANDT, U., BERNDT, C., 2016. The value of weather radar data for the estimation of design storms – an analysis for the Hannover region. *Proceedings of the International Association of Hydrological Sciences*, **373**, 81–85.

KAVKA, P., KAŠPAR, M., CRHOVÁ, L., PAVEL, M., MÜLLER, M., BLIŽŇÁK, V., HULEC, F., STROUHAL, L., LANDA, M., WEYSKRABOVÁ, L., KUBÁT, J. F., STEHLÍK, M., PECHA, M., SVOBODA, V., 2023. Krátkodobé srážky pro hydrologické modelování a navrhování drobných vodohospodářských staveb v krajině. České vysoké učení technické, Ústav fyziky atmosféry AV ČR, v. v. i., Sweco Hydroprojekt, a.s., Praha, 69 s.

ŠAMAJ, F., VALOVIČ, Š., BRÁZDIL, R., 1985. Denné úhrny zrážok s mimoriadnou výdatnosťou v ČSSR v období 1901–1980. *Zborník prác SHMÚ*, **24**, 9–113.

TRUPL, J., 1958. Intensity krátkodobých dešťů v povodích Labe, Odry a Moravy. Výzkumný ústav vodohospodářský, Praha, 76 s.