

Změna v charakteru srážek důležitých pro vznik eroze

Change in the precipitation character important for erosion

Pavel Zahradníček^{1,2}, Petr Štěpánek^{1,2}, Jaroslav Rožnovský^{1,3}

1. Český hydrometeorologický ústav, pobočka Brno, Kroftova 43, Brno 616 00,

2. CzechGlobe – Ústav výzkumu globální změny AV ČR, v.v.i Bělidla 4a, Brno 603 00

*3. Mendelova univerzita v Brně, Ústav šlechtění a množení zahradnických rostlin,
Valtická 337, 691 44 Lednice*

Abstrakt

Klimatická změna není charakterizována pouze jen jako globální změna teploty vzduchu. Naopak častěji je pozorován nárůst extrémních situací. Jako jednu z nich lze pozorovat i v nárůstu počtu intenzivnějších srážek. Celkově se nám srážkové úhrny nemění, ale pravděpodobně dochází ke změně charakteru srážek, kdy se objevují delší epizody bez významné srážky a k tomu intenzivní krátkodobé deště. To se pak negativně projevuje v krajině. Jedním z důsledků může být i intenzivnější eroze půdy. Zde se uvádí jako příčinná srážka s úhrnem nad 12,5 mm za den. Jak vyplývá z této studie, tak dochází ke statisticky významnému nárůstu a to hlavně v horských oblastech. Na 62 % území republiky dochází v posledním období k nárůstu a pouze na 9 % je trend opačný.

Klíčová slova: srážky, eroze, klimatická změna, trend, Česká republika

Abstract

Climate change is not only characterized as a global change in air temperature. The increase of the extreme weather situations is more often observed. One of these can be seen in the increase in the number of intense precipitation episodes. Overall, rainfall sums are not changing, but there is likely to be a change in the character of precipitation, when longer dry episodes appear without significant rainfall and intense short-term rainfall. This is then negatively reflected in the landscape. One of the consequences may be in more intensive soil erosion. In our study is as a causal rainfall threshold established over 12.5 mm per day. As shown by this study, there is a statistically significant increase, especially in mountain areas. The increase of the days with this precipitation over 12.5 mm is on the 62% of the area observed and only on the 9% of the area is decline trend.

Keywords: precipitation, erosion, climate change, trend, Czech Republic

Úvod

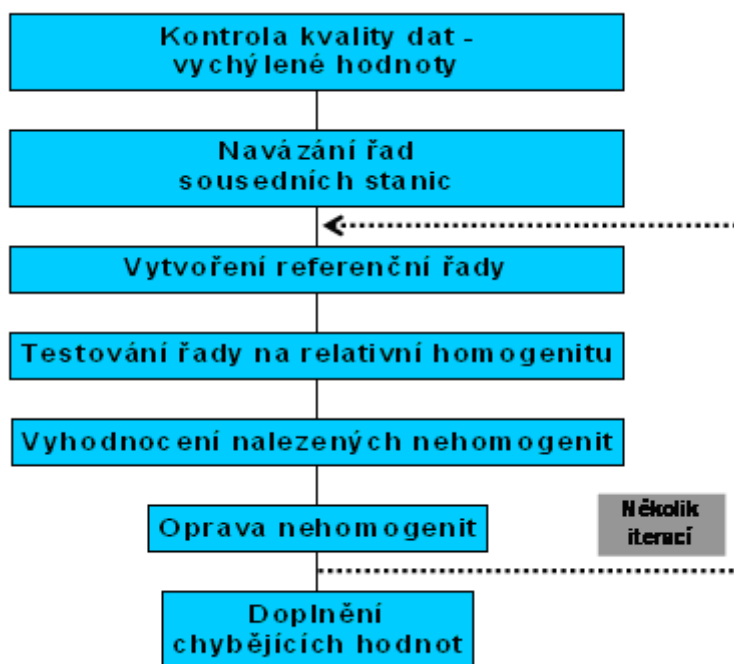
Pro potřeby ministerstva životního prostředí České republiky byla v roce 2015 vypracována na pobočce Českého hydrometeorologického ústavu v Brně studie stanovující hodnotu R faktoru. K tomu bylo potřeba zpracovat velké množství podkladů a jednou z nich bylo i klimatologické vyhodnocení příčinné srážky. Za erozně nebezpečnou srážkovou epizodu je považována ta, jejíž maximální intenzita přesahuje $24 \text{ mm} \cdot \text{hod}^{-1}$ a jejíž úhrn je vyšší než 12,5 mm (Wischmeier a Smith, 1978). Celkově problematikou erozí na území České republiky se zabývá například práce Pokladníková a kol. 2010. Jelikož byl předpoklad, že se v čase mění výskyt takto intenzivního deště a výsledky spočítané na starších datech, nemusí korespondovat se současným stavem, tak byla provedena dílčí analýza, která se zabývala jen změnou počtu dnů se srážkou nad 12,5 mm/den. Tyto výsledky je možné využít v širším kontextu, než jen pro pochopení změny R faktoru v průběhu času. Při pozorování srážek v posledních letech vyvstává hypotéza, že dochází ke změně charakteru srážek (Brázdil et al 2015). Předpoklad je, že se prodlužují epizody bez významného deště a poté dojde k silným konvektivním srážkám, kdy během krátkého časového úseku spadne větší množství srážek (nad 20 - 50 mm atd.). Příkladem mohou být dokonce poslední měsíce (leden – květen 2018). Prakticky od února do dubna 2018 byly srážky pod svým dlouhodobým průměrem. V únoru byly srážky v průměru jen na 37 %, v březnu na 77 % a v dubnu srážkový deficit pokračoval s úhrnem na hranici 47 % vzhledem k období 1961-2000. Do toho koncem dubna a během celého května začala bouřková sezóna s denními lokálními úhrny od 20-50 mm a charakter počasí více odpovídal letním měsícům. Tyto srážky se v krajině neudržely a výrazně rychle odtékaly. Místy vznikaly i bleskové povodně a také značné škody na majetku. Tento nejnovější příklad bohužel není v posledních letech výjimkou. Například v roce 2014 postihlo Českou republiku dvě epizody sucha a dvě povodně. Tato práce se tedy snaží odpovědět na jednu polovinu problému a to jestli se nám opravdu zvyšuje počet dní s intenzivnějším deštěm.

Materiál a metody

Jako příčinou srážku pro vznik eroze byla pro tuto práci stanovena hodnota vyšší než 12,5 mm/den. Proto většina klimatických analýz je zaměřena na statistické vyhodnocení této charakteristiky.

Jako datový vstup prioritně sloužilo 787 meteorologických stanic s měřením srážek. Tyto časové řady byly zpracovány shodně pro období 1961-2014. Data prošly složitou kontrolou kvality. Dále byl proveden test na nehomogenitu a poté v denním kroku byly tyto data na

základě zjištěných zlomů v časové řadě opraveny. Na závěr byly všechny chybějící hodnoty doplněny pomocí prostorové interpolace z nejbližších nebo nejlépe korelovaných stanic (Štěpánek a kol. 2011a,b, 2013). Bez tohoto úvodního procesu by mohly být analýzy silně ovlivněny neklimatickými faktory. Jedná se o standardní proces při analýze klimatických dat (obrázek 1).

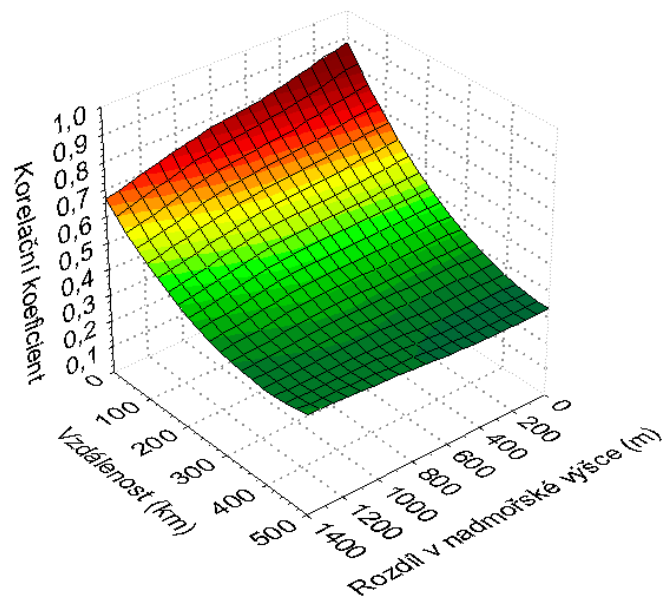


Obrázek 1. Schéma postupu prací s meteorologickými daty (Štěpánek a kol 2011a)

Pro analýzu budoucího klimatu byly použity výstupy nejnovějších RCM z rodiny EURO-CORDEX a také pět vybraných GCM modelů. Byly použity dva emisní scénáře RCP 4.5 (zakonzervování skleníkových plynů) a 8.5 (stálý hospodářský růst bez omezení množství skleníkových plynů) a výstupy jsou pro celé období až do roku 2100.

Výsledky

Srážky jsou obecně lokálním jevem na rozdíl například od teploty vzduchu. I nejbližší stanice mohou vykazovat významně rozdílné srážky a statistické vlastnosti. Jak lze vidět na obrázku 2, tak korelační koeficient významně klesá s rostoucí vzdáleností a větším rozdílem nadmořské výšky. Největší rozdíly ve srážkových úhrnech jsou hlavně v letních měsících, kdy převládá konvektivní činnost. Ta má za následek výrazné intenzivní, ale krátkodobé lokální úhrny. Tyto srážky i většinou způsobují erozní situace.



Obr. 2. Korelační koeficient srážek vypočtený pro meteorologické stanice a jeho závislost na vzdálenosti a nadmořské výšce (Štěpánek a kol 2011a)

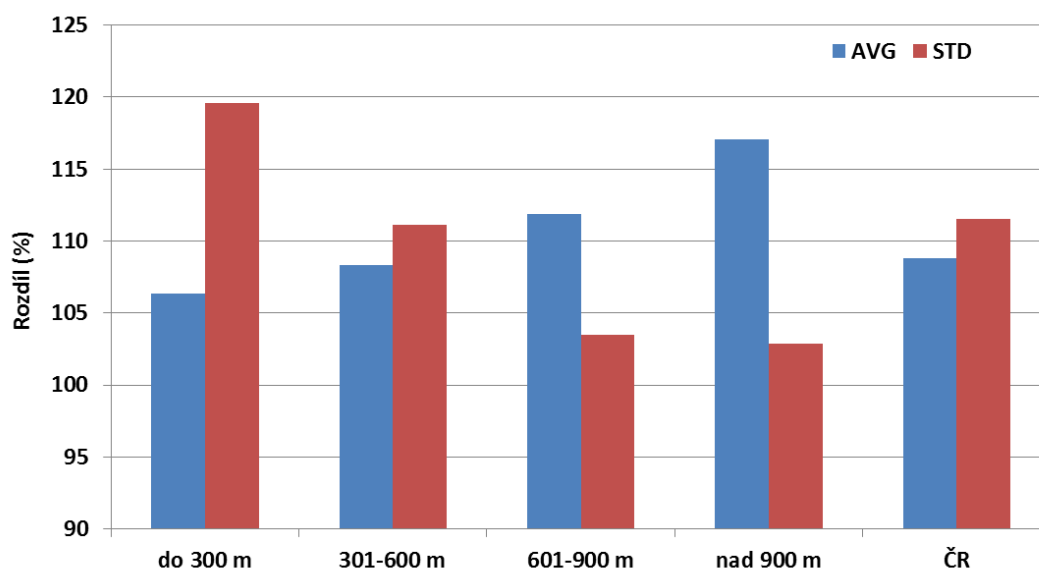
Pro každou časovou řadu byl vypočten počet dní se srážkou nad 12,5 mm a to pro dvě období. Prvním bylo 1961-2000 a druhé 2003-2012. Počty dnů jsou počítány pro březen až září, tedy pro období, které má pro erozi zásadní význam. Cílem této části bylo ověření, že toto poslední období bylo srážkově více variabilní a také se zde objevovalo více srážkově bohatých jednodenních úhrnů než v srážkově poklidnějším období 1961-2000.

V období 1961-2000 bylo průměrně 9 dní, kdy spadlo více než 12,5 mm/den. To je ale samozřejmě závislé na nadmořské výšce a taky na umístění meteorologických stanic. Jelikož s nadmořskou výškou roste i množství srážek, tak stejně logicky se tento vztah projevil i na množství počtu dní se srážkou nad 12,5 mm. V horských oblastech jich je skoro dvojnásobně více než v nížinách (tabulka 1). Jak lze vidět na obrázku 4, tak nejvíce těchto dní je právě v Beskydech, Jeseníkách, Krkonoších a v západní části Šumavy. Nejméně těchto dní je v západních Čechách, v závětrné straně Krušných hor a v Polabí. I přesto, že například jižní Morava je nížinou oblastí, tak nemá tak výrazně málo počtu těchto dní jako právě západní kraj republiky.

Tabulka 1. Počet dní se srážkou nad 12,5 mm podle nadmořské výšky ve dvou testovaných obdobích 1961-2000 a 2003-2012 (AVG – průměr, STD – směrodatná odchylka)

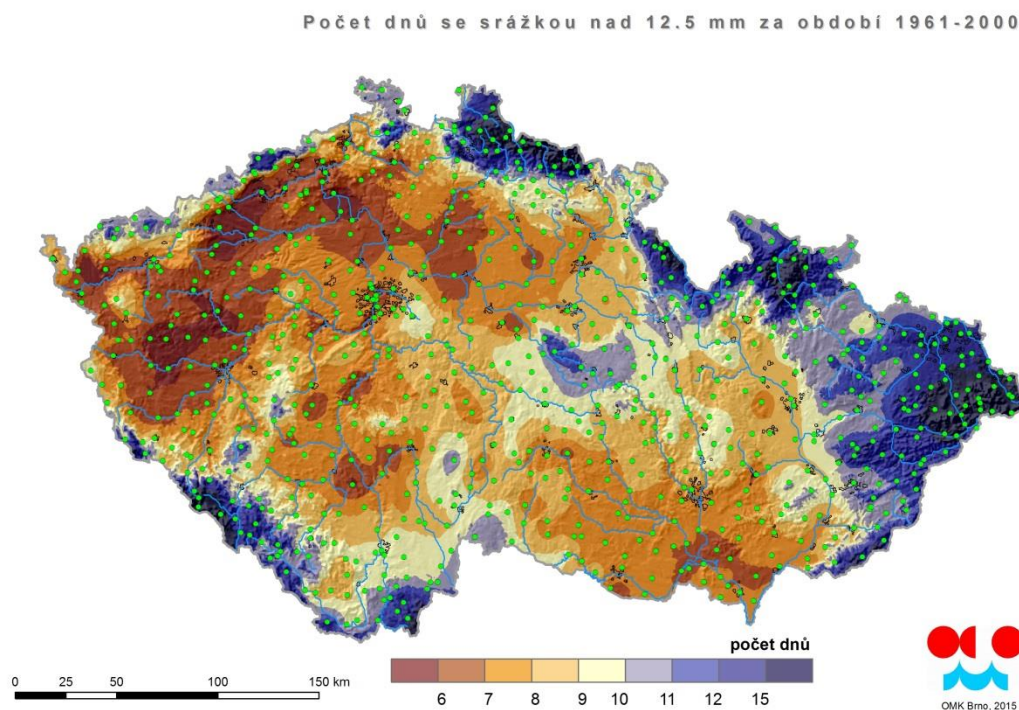
Region	AVG 1961-2000	AVG 2003-2012	rozdíl (%)	STD 1961-2000	STD 2003-2012	rozdíl (%)
do 300 m	7.9	8.4	106.3	2.9	3.5	119.6
301-600 m	8.8	9.6	108.3	3.1	3.4	111.2
601-900 m	10.7	12.0	111.8	3.6	3.7	103.5
nad 900 m	15.0	17.6	117.1	4.7	4.8	102.8
ČR	9.0	9.8	108.8	3.2	3.5	111.5

V období 2003-2012 došlo k nárůstu počtu těchto dní a to skoro o celý jeden den. To vypovídá o zvýšení intenzity srážek (obrázek 3). Rozdíl pro celou republiku činí necelých 9 %. Nejvyšší nárůst byl zaznamenán v horských oblastech a to dokonce o 17,1 %. Naopak v nížinách je navýšení počtu těchto dní jen o 6,3 %. Celkově lze konstatovat, že s rostoucí nadmořskou výškou dochází i k většímu nárůstu intenzity srážek v období 2003-2012 oproti období 1961-2000. K nejmarkantnějšímu nárůstu a to o i více než 30 % došlo v oblasti jižních Čech. Naopak na severní Moravě lze pozorovat, že nedošlo k výrazné změně nebo k poklesu zhruba o 10 % (obrázek 6). Z plošného vyhodnocení změny dvou zkoumaných období vychází, že na 28 % území České republiky došlo pouze k malé změně v počtu dní nad 12,5 mm (do 5 %). K největší změně došlo na našem území v kategorii nárůstu o 10-20 %. To se týká 26,3 % území České republiky. Celkově došlo k nárůstu počtu srážkových dní na 62 % našeho území a pouze na 9 % území tento počet dní klesl v období 2003-2012 oproti období 1961-2000 (obrázek 7).



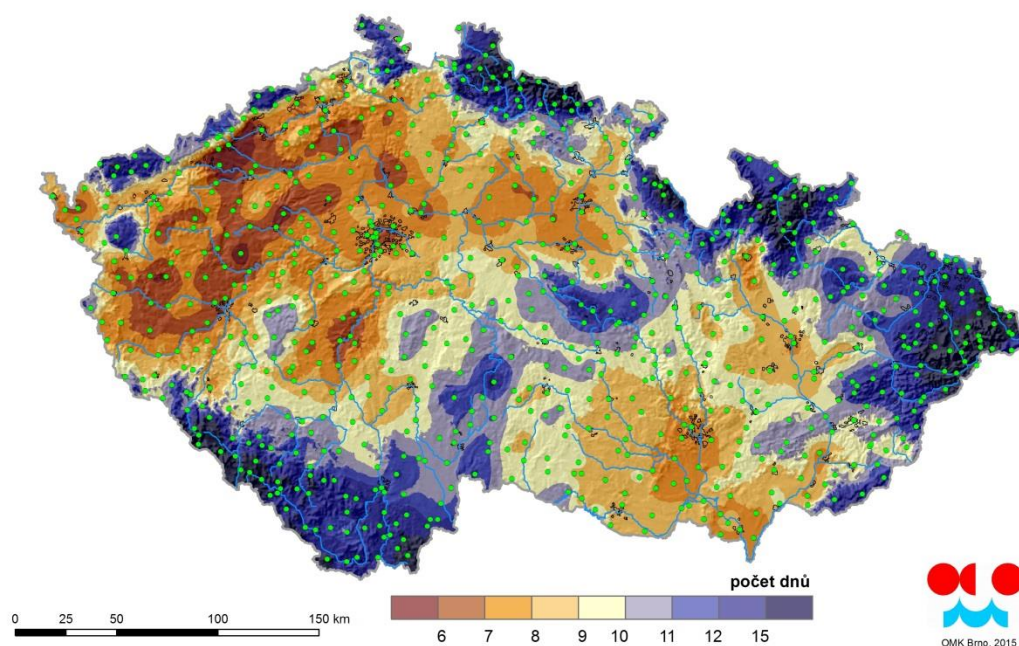
Obrázek 3. Změna počtu dní nad 12,5 mm (AVG) a změna její směrodatné odchylky (STD) v období 2003-2012 oproti období 1961-2000 podle nadmořské výšky a průměr pro celou republiku (ČR).

O vyšší extremitě srážek dobře vypovídá i variabilita srážek, zde zastoupena směrodatnou odchylkou. Variabilita počtu dní se srážkou nad 12,5 mm je větší u míst s vyšší nadmořskou výškou. Zajímavějším ukazatelem je ale její změna v období 2003-2012 oproti období 1961-2000. K nejmarkantnější změně a to o skoro 20 % došlo u míst ležících v nížinách (obrázek 3). To značí, že zde vzrostla výrazněji extremita srážek, tedy střídá se více bezsrážkových dní s dny, kdy intenzivně prší. Lze konstatovat, že suché dny vystřídají krátký intenzivní déšť, často způsobený bouřkovou situací.



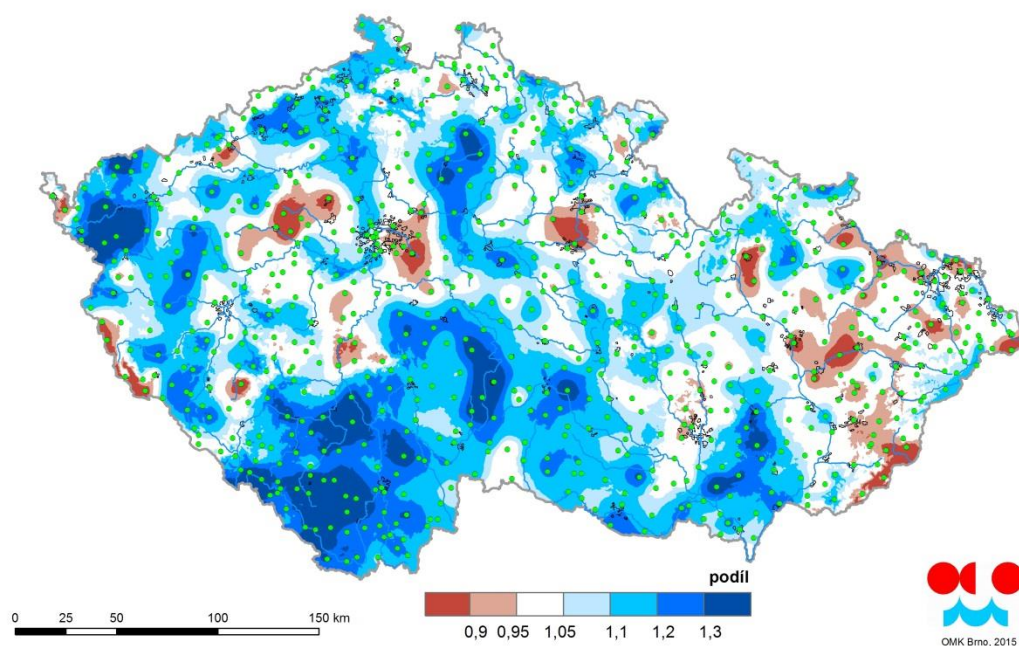
Obrázek 4. Počet dnů se srážkou nad 12,5 mm v období 1961-2000 (březen-září)

Počet dnů se srážkou nad 12.5 mm za období 2003-2012

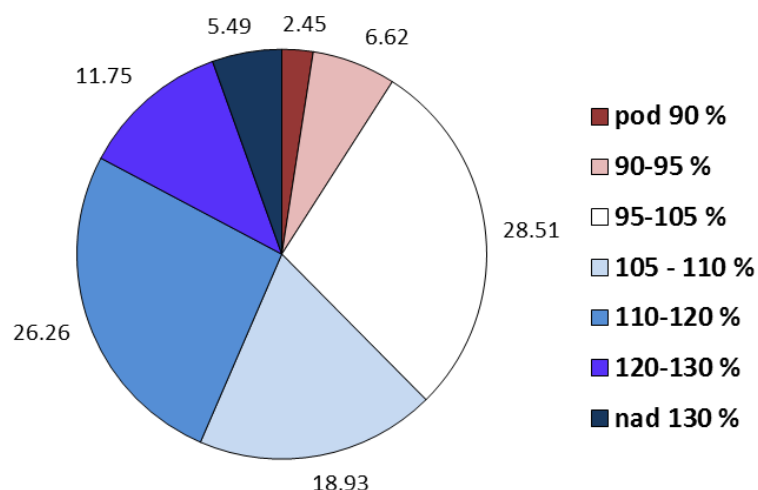


Obrázek 5. Počet dnů se srážkou nad 12,5 mm v období 2003-2012 (březen-září)

Počet dnů se srážkou nad 12.5 mm
podíl období 2003-2012/1961-2000



Obrázek 6. Rozdíl (podíl) počtu dnů se srážkou nad 12,5 mm v období 2003-2012 (březen-září) vzhledem k období 1961-2000 (březen-září)

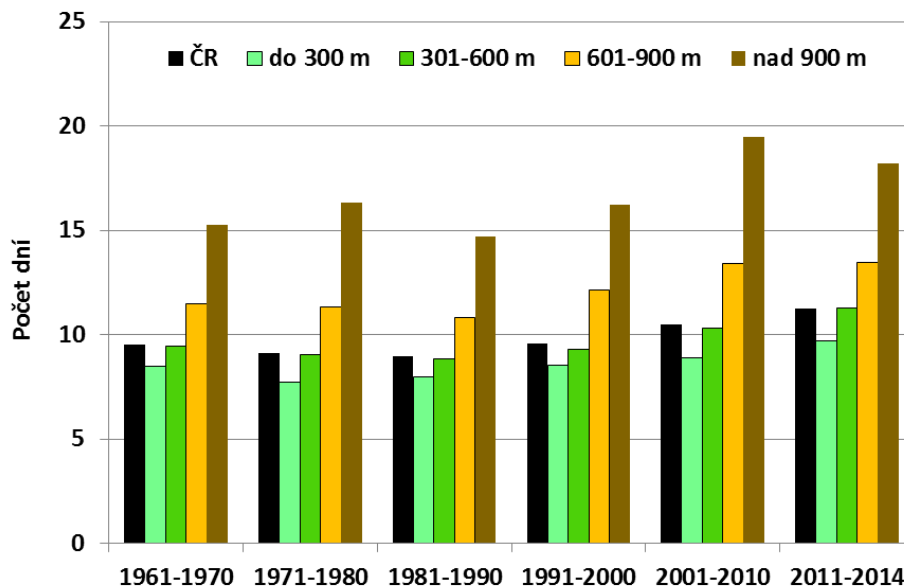


Obrázek 7. Procento území podle kategorie změny podílu počtu dnů se srážkou pro období 2003-2013 vzhledem k období 1961-2000 (březen-září)

Průměrně každý rok bylo na území České republiky v období 1961-2014 (březen-září) 9,7 dní se srážkou vyšší než 12,5 mm. Nejvíce těchto dnů bylo zaznamenáno v dekádě 2001-2010, naopak nejméně v 80. letech 20. století. Pokud se podíváme pouze na poslední období 2011-2014, tak je těchto dnů nejvíce za sledované období (tabulka 2). Jak vyplývá z dekádní analýzy, tak i z obrázku 8, tak dochází k nárůstu počtu dnů se srážkou nad 12,5 mm. Počátek zkoumaného období se ještě pohyboval kolem průměrných hodnot, poté dochází v 70. a 80. letech ke zdatnému poklesu a od 90. letech opět dochází k výraznějšímu nárůstu. Ten je nejvíce patrný v horských oblastech nad 900 m, kde dochází od počátku 90. let 20. století ke skokovému nárůstu a ten se nejvíce projevuje v období 2001-2010.

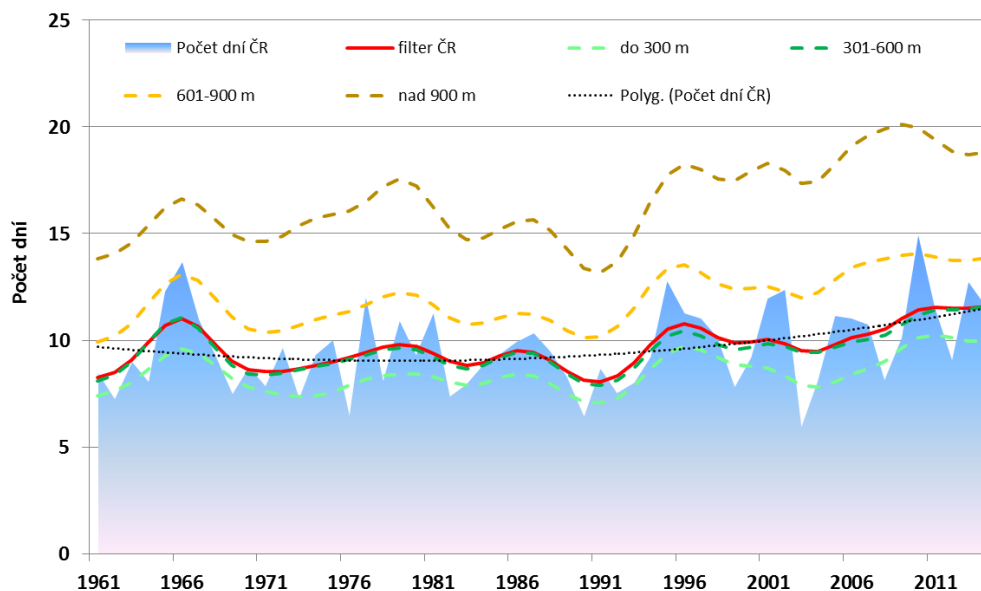
Tabulka 2. Počet dní se srážkou nad 12,5 mm pro jednotlivé dekády a poslední zkrácené období rozděleno podle nadmořské výšky a celkový průměr pro Českou republiku (ČR)

Období	ČR	do 300 m	301-600 m	601-900 m	nad 900 m
1961-1970	9.5	8.5	9.4	11.5	15.3
1971-1980	9.1	7.8	9.0	11.3	16.3
1981-1990	9.0	8.0	8.8	10.8	14.7
1991-2000	9.6	8.6	9.3	12.2	16.2
2001-2010	10.5	8.9	10.3	13.4	19.5
2011-2014	11.3	9.7	11.3	13.5	18.2



Obrázek 8. Počet dní se srážkou nad 12,5 mm pro jednotlivé dekády a poslední zkrácené období rozděleno podle nadmořské výšky a celkový průměr pro Českou republiku (ČR)

Na základě těchto výsledků byl zkoumán i lineární trend daných časových řad (obrázek 9). U průměrné řady České republiky je statisticky významný nárůst ($p=0,05$) pro období březen-září o 0,34 dní/10 let. Podobně vychází tento nárůst i pro roční hodnoty (0,38 dní/10 let). U jednotlivých měsíců byl zaznamenán statisticky významný trend pouze u července (0,18 dní/10 let). U poloh do 300 m.n.m byl sice zjištěn rostoucí trend, ale ten není zatím statisticky významný. U druhého zkoumaného výškového stupně (301-600 m) je významný trend u ročních hodnot (0,37 dní/10 let) a v červenci (0,19 dní/10 let). V nadmořských výškách 601-900 m je trend již prokazatelnější. Statisticky významný trend je jak ve zkoumaném období březen-září (0,53 dní/10 let), tak i v ročních hodnotách (0,72 dní/10 let). Z jednotlivých měsíců je pozorován prokazatelný trend v březnu (0,36 dní/10 let) a v červenci (0,35 dní/10 let). V nejvyšších partiích České republiky (nad 900 m) je tento trend nejmarkantnější. V období březen-září je posun o 0,86 dní za 10 let v celkových ročních hodnotách dokonce o 1,12 dne za 10 let. Obě hodnoty jsou statisticky významné. Z jednotlivých měsíců je statisticky významný trend pouze u července (0,32 dne/10 let).

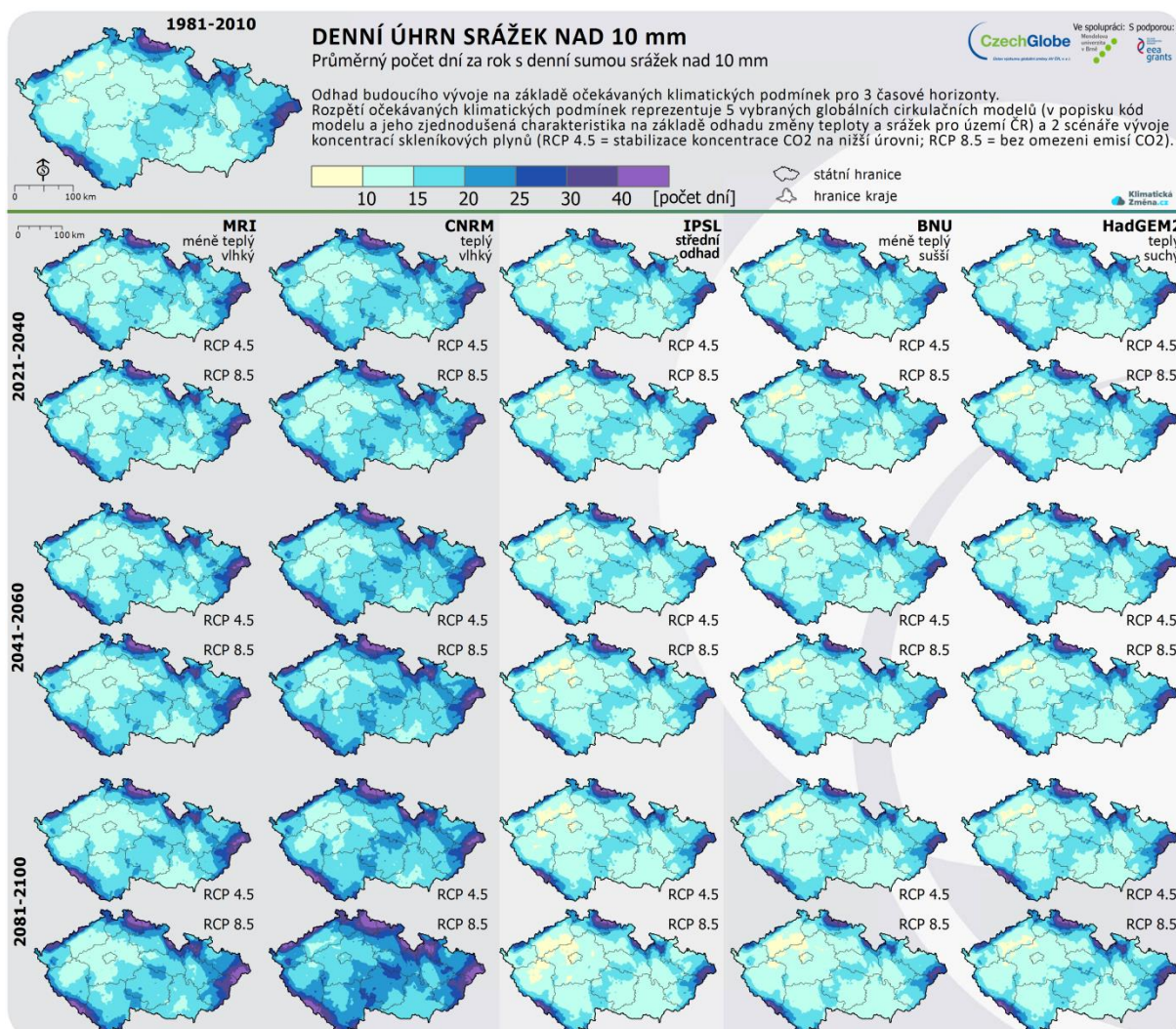


Obrázek 9. Počet dní se srážkou nad 12,5 mm pro průměrnou řadu Českou republiky a jednotlivé kategorie nadmořské výšky, shlazeno 10 letým nízkofrekvenčním filtrem a polynomičtý trend pro průměrnou řadu ČR.

Diskuze

Častou otázkou i vzhledem k možným adaptacím na budoucí klima je, jak se bude měnit množství a charakter srážek v budoucnosti. V poslední dekádě pozorujeme, že se na území České republiky mění charakter srážek. Přibývá nám více suchých epizod (počet dnů bez významné srážky) a oproti tomu jak už bylo prezentováno výše, tak narůstá počet intenzivních srážek. Proto nelze pro budoucí klima zkoumat pouze změnu srážkového úhrnu, ale i strukturu úhrnů. Podle analýzy modelů EURO-CORDEX se zvedne průměrná roční suma srážek o 12-16 % v závislosti na emisním scénáři a predikovaném období (Štěpánek a kol. 2016). Nejvyšší nárůst by měl být v zimních měsících, ale kde díky vyšším teplotám vzduchu, se nám změní srážky sněhové na dešťové. To je velmi nebezpečný jev, jelikož sníh je důležitý pro doplnění podzemních zdrojů a také většinou i zabraňuje rozvoje sucha již počátkem jara (Zahradníček a kol 2016). Štěpánek a kol 2016 analyzovali ve své práci změnu počtu dnů se srážkou nad 1 , 10, 20 a 50 mm. V úhrnech nad 1 mm nedochází podle klimatických modelů do budoucna k statisticky významné změně. Naopak pro vyšší srážkové intenzity nad 10 až 50 mm je trend již významný. Ten je vyšší hlavně u emisního scénáře 8.5. Například počet dnů se srážkou nad 10 mm vzroste podle RCP 8.5 v období 2021-2060 o 0,6 dne/10 let a o 0,5/10 let v období 2061-2100. Jinak vidí situaci modely GCM, které neumí tak dobře podchytit klima v rámci České republiky. Jak lze vidět na obrázku 10, tak většina z nich

se přiklání spíše k nevýznamné změně. Jediný model CNRM, který je teplý a vlhký prezentuje viditelný nárůst počtu dnů se srážkou nad 10 mm.



Obrázek 10. Počet dnů se srážkou nad 10 mm podle pěti GCM modelů (zdroj: www.klimatickazmena.cz)

Závěr

Jak z časové, tak i prostorové analýzy počtu dnů se srážkou nad 12,5 mm vyplývá, že dochází k rostoucímu trendu. Ten je statisticky významný a pohybuje se kolem 0,34 dní za 10 let pro zkoumané období března až dubna. Největší nárůst je zaznamenán hlavně ve vyšších nadmořských výškách. Období od roku 2001 vychází ve většině analýz jako bohatší na počet dní se srážkou nad 12,5 mm. Z porovnání období 2003-2012 vůči dlouhodobému průměru 1961-2000 vyplynulo, že k tomuto nárůstu došlo na 62 % území České republiky, ale pouze na 9 % území došlo k poklesu. Dále je z analýz patrné, že převážně období 1961-1990 patřilo k méně extrémním periodám a počet dnů se srážkou nad 12,5 mm je zde nižší. Dále lze konstatovat, že díky velké meziroční variabilitě srážek na jednotlivých meteorologických

stanicích je vhodnější používat prostorové průměry, které již prokazatelněji zachycují obecné chování dané charakteristiky.

Literatura

Brázdil, R., Trnka, M. a kolektiv (2015): Historie počasí a podnebí v českých zemích XI: Sucho v českých zemích: minulost, současnost a budoucnost. Centrum výzkumu globální změny Akademie věd České republiky, v.v.i., Brno, 402 s. ISBN 978-80-87902-11-0.

Pokladníková H., Podhrázká J., Novotný I., Středa T. 2010. Eroze půdy na Jižní Moravě. In: Rožnovský J., Litschmann T. (eds.): „Voda v krajině“, Lednice, ISBN 978-80-86690-79-7

Štěpánek, P., Zahradníček, P., Brázdil, R., Tolasz, R., 2011a. Metodologie kontroly a homogenizace časových řad v klimatologii. Praha. 118 s. ISBN 978-80-86690-97-1.

Štěpánek, P., Zahradníček, P., Farda, A., 2013. Experiences with homogenization of daily records of various meteorological elements in the Czech Republic. *Idojaros*. 117: 123-141

Štěpánek, P., Zahradníček, P., Huth, R., 2011b. Interpolation techniques used for data quality control and calculation of technical series. An example of Central European daily time series.

Štěpánek, P., Zahradníček, P., Farda, A., Skalák, P., Trnka, M., Meitner, J., Rajdl, K. 2016: Projection of drought-inducing climate conditions in the Czech Republic according to Euro-CORDEX models. *Clim Res*, CR 70:179-193

Wischmeier, W. H.; Smith, D. D. 1978. Predicting rainfall erosion losses. A guide to conservation planning. USDA Agric. Handbook n° 537. 58 p

Zahradníček, P., Rožnovský J., Štěpánek P., Farda A., Brzezina J. 2016: The effects of changes in snow depth on winter recreation. *Journal of Landscape Management*, vol:7/No. 1, Mendel University in Brno, p. 44-54.

Poděkování

Tento článek byl vytvořen za finanční podpory MŠMT v rámci programu NPU I, číslo projektu LO1415. P.Z. byl podpořen z projektu NAZV QJ1610072 „Systém pro monitoring a předpověď dopadů zemědělského sucha“. P.Š. byl podpořen z projektu GAČR (GA17-

10026S) Epizody sucha v České republice a jejich příčinná podmíněnost. J.R. by rád poděkoval projektu Národní agentury zemědělského výzkumu „Vývoj automatizovaného nástroje pro optimalizaci monitoringu eroze zemědělské půdy pomocí distančních metod“, registrační číslo QK1720289.

Kontakt:

Mgr. Pavel Zahradníček, Ph.D.

Český hydrometeorologický ústav, Brno

Kroftova 43

zahradnicek@chmi.cz