

**Mendelova univerzita v Brně**

**Lesnická a dřevařská fakulta**

**Ústav ekologie lesa**



**Lesnická  
a dřevařská  
fakulta**

**SRÁŽKOVÉ POMĚRY NA VYBRANÝCH  
LOKALITÁCH MORAVY**

**Bakalářská práce**

**2015/2016**

**Lukáš Štos**

## Čestné prohlášení

Prohlašuji, že jsem práci “Srážkové poměry na vybraných lokalitách Moravy” zpracoval samostatně a veškeré použité prameny a informace uvádím v seznamu použité literatury. Souhlasím, aby moje práce byla zveřejněna v souladu s § 47b Zákona č. 111/1998 Sb., o vysokých školách ve znění pozdějších předpisů a v souladu s platnou Směrnicí o zveřejňování vysokoškolských závěrečných prací. Jsem si vědom, že se na moji práci vztahuje zákon č. 121/2000 Sb., autorský zákon, a že Mendelova univerzita v Brně má právo na uzavření licenční smlouvy a užití této práce jako školního díla podle §60 odst. 1 autorského zákona. Dále se zavazuji, že před sepsáním licenční smlouvy o využití díla jinou osobou (subjektem) si vyžádám písemné stanovisko univerzity, že předmětná licenční smlouva není v rozporu s oprávněnými zájmy univerzity a zavazuji se uhradit případný příspěvek na úhradu nákladů spojených se vznikem díla, a to až do jejich skutečné výše.

V Brně dne

Podpis studenta .....

## **PODĚKOVÁNÍ**

Děkuji **Doc. RNDr. Ireně Markové, CSc.** za cenné rady a odborné vedení při zpracování mé bakalářské práce a celému kolektivu jejích spolupracovníků za pomoc při přípravě databáze pro mou bakalářskou práci.

## ABSTRAKT

**Jméno:** Lukáš Štos

**Téma bakalářské práce:** Srážkové poměry na vybraných lokalitách Moravy

V souvislosti s předpokládanou změnou klimatu způsobenou intenzivní lidskou činností se očekává časová i prostorová změna srážkových úhrnů, změna intenzity srážek a změna rozložení srážek, změny vypařování, změny zásob podzemní vody i změny zásob vody ve vodních tocích a nádržích.

Cílem práce bylo zhodnotit srážkové poměry na vybraných lokalitách Moravy (Drahanská vrchovina - lokalita Rájec, Bílé Karpaty – lokalita Štítná, Moravskoslezské Beskydy – lokalita Bílý Kříž) v letech 2012 a 2013 a provést jejich srovnání s dlouhodobými průměry za období 1961 – 2000. Roční úhrny srážek byly na lokalitě Bílý Kříž a Štítná v roce 2012 a 2013 nižší než dlouhodobé průměry stanovené pro tyto lokality, roční úhrny srážek na lokalitě Rájec se lišily od dlouhodobého průměru pouze v roce 2013. Na všech lokalitách i v obou sledovaných letech bylo zjištěno, že počet srážkových dnů s denními úhrny srážek < 10 mm byl menší než dlouhodobý průměr. Nejmenší počet dnů bez srážek byl zjištěn v obou letech na lokalitě Rájec, největší na lokalitě Štítná. Rozdíly v množství srážek, jejich intenzitě a rozložení byly způsobeny zejména polohou a nadmořskou výškou vybraných lokalit. Srovnáním množství a intenzity srážek na vybraných lokalitách v letech 2012 a 2013 bylo zjištěno, že se tyto hodnoty liší od dlouhodobých průměrů stanovených pro tyto lokality.

**Klíčová slova:** srážkový úhrn, intenzita srážek, počet srážkových dní, Rájec, Štítná, Bílý Kříž

## ABSTRACT

**Name:** Lukáš Štos

**The name of bachelor thesis:** Precipitation conditions at the selected Moravian sites

In connection with the expected climate change caused by intense human activity is expected temporal and spatial variation in total precipitation, precipitation intensity change and change of precipitation distribution, changes in evaporation, changes in ground water stock and changes in water supplies in rivers and reservoirs. The aim of the thesis was to evaluate the precipitation conditions in selected Moravian sites (Drahanská vrchovina Highlands – site of Rájec, the Bílé Karpaty Mts. – site of Štítná, Moravian-Silesian Beskids Mts. – site of Bílý Kříž) in the 2012 and 2013 and make a comparison with long-term averages for the 1961 – 2000. Total annual precipitation sums were lower at the site of Bílý Kříž and Štítná in 2012 and 2013 than long-term averages determined for these sites, annual precipitation sum at the site of Rájec differed from the long-term average only in 2013. Number of rain days with daily precipitation sum < 10 mm was lower at all sites and in both studied years than the long-term average. The lowest number of days without rainfall was observed in both studied years at the site of Rájec, the highest one at the site of Štítná. Differences in precipitation sums, precipitation intensity and precipitation distribution were caused mainly by the location and altitude of selected study sites. Comparing the amount and intensity of precipitation at the selected study sites in the 2012 and 2013, it was found that these values differ from long-term averages determined for these sites.

**Key words:** precipitation sum, precipitation intensity, number of rain days, Rájec, Štítná, Bílý Kříž

## SEZNAM TABULEK A OBRÁZKŮ:

Foto 1: Meteorologické věže, na kterých byly umístěny srážkoměry

Tab. 1: Charakteristika lokalit, na kterých byly sledovány srážkové poměry v letech 2012 – 2013

Tab. 2: Statisticky významné rozdíly (hladina významnosti  $\alpha = 0,05$ ) mezi měsíčními úhrny srážek na vybraných lokalitách v letech 2012 a 2013 (šedá políčka)

Tab. 3: Intenzita srážek podle <http://www.in-pocasi.cz/aktualni-pocasi/srazky/>

Tab. 4: Statisticky významné rozdíly (hladina významnosti  $\alpha = 0,05$ ) v intenzitě srážek na vybraných lokalitách v letech 2012 a 2013 (šedá políčka)

Tab. 5: Počet srážkových dní pro jednotlivé intervaly denních úhrnů srážek na vybraných lokalitách v roce 2012 a 2013 a dlouhodobé průměry stanovené pro tyto lokality pro období 1961 – 2000 podle Tolasz a kol. (2007)

Tab. 6: Hodnoty Langova dešťového faktoru na vybraných lokalitách v roce 2012 a 2013 a dlouhodobé průměry stanovené pro tyto lokality pro období 1961 – 2000 podle Tolasz a kol. (2007)

Obr. 1: Koloběh vody v přírodě (zdroj: [http://cs.wikipedia.org/wiki/Koloběh\\_vody](http://cs.wikipedia.org/wiki/Koloběh_vody))

Obr. 2: Poloha lokalit, na kterých byly sledovány srážkové poměry v letech 2012 – 2013 (zdroj: [www.zemepis.com/images](http://www.zemepis.com/images))

Obr. 3: Roční srážkové úhrny a srážkové úhrny v letním půlroce (duben – září) na vybraných lokalitách v roce 2012 a 2013 a dlouhodobé průměry pro období 1961 – 2000 (červeně) stanovené pro tyto lokality podle Tolasz a kol. (2007)

Obr. 4: Měsíční srážkové úhrny na vybraných lokalitách v roce 2012 a 2013 a dlouhodobé průměry stanovené pro tyto lokality pro období 1961 – 2000 podle Tolasz a kol. (2007)

Obr. 5: Hodinové úhrny srážek na vybraných lokalitách v roce 2012

Obr. 6: Hodinové úhrny srážek na vybraných lokalitách v roce 2013

Obr. 8: Počet výskytu dnů bez srážek na vybraných lokalitách v roce 2012 a 2013

Obr. 9: Rozložení výskytu dnů bez srážek na vybraných lokalitách v roce 2012 a 2013 období: 1.1.–28.2., 1.3.–30.4., 1.5.–30.6., 1.7.–31.8., 1.9.–31.10., 1.11.–31.12. (modrá – Rájec, zelená – Štítná, červená – Bílý Kříž)

## OBSAH:

1. ÚVOD.....	<a href="#">41</a>
2. CÍL PRÁCE .....	<a href="#">52</a>
3. SOUČASNÝ STAV ŘEŠENÉ PROBLEMATIKY .....	<a href="#">63</a>
4. METODA.....	7
5. VÝSLEDKY A DISKUZE .....	9
6. ZÁVĚR.....	21
7. SUMMARY.....	23
8. SEZNAM POUŽITÉ LITERATURY.....	25

# 1. ÚVOD

Voda je základní podmínkou života, neboť ve vodě vznikl život na planetě Zemi.

Voda je součástí výživy a života lidstva. Je důležitou surovinou průmyslových odvětví, základní podmínkou rostlinné a živočišné výroby a hraje významnou roli v dopravě. Voda se podílí na tvorbě počasí a modelování reliéfu krajiny.

V souvislosti s předpokládanou změnou klimatu způsobenou intenzivní lidskou činností se počítá s výraznými změnami v globálním, regionálním i místním koloběhu vody.

Změny ve srážkovém (a následně celkovém vodním) režimu krajiny mohou způsobit celou řadu změn na planetě Zemi (redistribuce, příp. zánik, rostlinných a živočišných organismů, změny v biodiverzitě organismů, změny v zemědělském a lesním hospodářství, změny v reliéfu krajiny, apod.). Velkým problémem se může stát častější výskyt různě dlouhých suchých období a častější výskyt intenzivních přívalových srážek.

## 2. CÍL PRÁCE

Vertikální srážky jsou významnou součástí globálního koloběhu vody na Zemi. Srážky na daném místě jsou hodnoceny z hlediska množství a intenzity, doby trvání a plochy, kterou zasahují. Vzhledem k předpokládané změně klimatu se uvažuje o změnách srážkových poměrů, zejména o změnách jejich časového a prostorového rozložení a o změnách jejich intenzity. Předpokládá se, že se budou vyskytovat delší období sucha, která budou střídána zejména krátkými, intenzivními srážkami. To by mohlo v budoucnosti ovlivnit globální koloběh vody na Zemi a také rozložení různých ekosystémů.

Cílem bakalářské práce bylo zhodnotit srážkové poměry na vybraných lokalitách Moravy (Drahanská vrchovina, Bílé Karpaty, Moravskoslezské Beskydy) v letech 2012 a 2013 a provést jejich srovnání s dlouhodobými průměry let 1961 – 2000.



### 3. SOUČASNÝ STAV ŘEŠENÉ PROBLEMATIKY

Voda je na planetě Zemi všudypřítomná – pokrývá většinu zemského povrchu, nachází se pod zemským povrchem, je součástí atmosféry Země, je přítomná v rostlinných i živočišných organismech.

Voda je součástí výživy a života lidstva. Je důležitou surovinou průmyslových odvětví, základní podmínkou rostlinné a živočišné výroby a hraje významnou roli v dopravě. Voda se podílí na tvorbě počasí a modelování reliéfu krajiny.

V přírodě voda neustále cirkuluje v poměrně složitém koloběhu (Obr. 1). V koloběhu vody se uplatňují procesy vypařování, přenosu vodní páry, kondenzace, выпадávání atmosférických srážek, odtoku a vsakování vody.



Obr. 1: Koloběh vody v přírodě (zdroj: [http://cs.wikipedia.org/wiki/Koloběh\\_vody](http://cs.wikipedia.org/wiki/Koloběh_vody))

Předpokládaná globální klimatická změna pravděpodobně významně ovlivní také koloběh vody v přírodě.

V souvislosti s předpokládanou globální změnou klimatu se očekává (Arnell 2004, Dore 2005, Watterson 2005, Khon a kol. 2007, Gimesi 2009; Sunyer a kol. 2012, Zhang a kol. 2013, Kløve a kol. 2014, Bhatt a Mall 2015):

- časová i prostorová změna srážkových úhrnů,

- změna intenzity srážek,
- změna rozložení srážek,
- změna vypařování vody,
- změna zásob podzemní vody,
- změna zásob vody ve vodních tocích a nádržích.

Předpokládá se, že globální změna klimatu způsobí změny ve srážkovém režimu ve středních zeměpisných šířkách. Zatímco dříve byla obvyklá srážkově bohatá a poměrně chladná léta, dnes se stále častěji v létě setkáváme s dlouhými horkými a suchými obdobími. Ta pak střídají relativně krátké a srážkově velmi intenzivní epizody, kdy suchá půda není schopná najednou pojmout velké množství srážek, které jsou splachovány do potoků a řek a mohou způsobit zvýšení jejich hladin nebo vylití z břehů.

Změny ve srážkovém (a následně celkovém vodním) režimu mohou ovlivnit krajinu v místním, regionálním i globálním měřítku (Arpe a Roeckne 1999, Khon a kol. 2007). Změněné srážkové poměry mohou způsobit například:

- redistribuci, příp. zánik, rostlinných a živočišných organismů,
- změnu v biodiverzitě organismů,
- změnu v zemědělském a lesním hospodářství,
- nedostatek pitné vody pro obyvatelstvo,
- nedostatek užitkové vody pro průmyslovou výrobu,
- změny v reliéfu krajiny (zvýšená vodní eroze).

Velkým problémem se může stát častější výskyt různě dlouhých suchých období a častější výskyt intenzivních přivalových srážek (Semmler a Jacob 2004, Mishra a Singh 2010, Zarch a kol. 2015) .

Vliv klimatických změn na srážky bude patrně dominantním jevem. V některých krajích průměrné množství srážek vzroste, jinde naopak poklesne – bohužel se dá očekávat pokles v již tak suchých oblastech a naopak (zdroj: [http://www.koordinace.cz/download/globalni\\_zmeny\\_klimatu\\_v\\_kostce.pdf](http://www.koordinace.cz/download/globalni_zmeny_klimatu_v_kostce.pdf)). Pro střední Evropu je rizikové přibývání četnosti a intenzity suchých období, hlavně v létě a počátkem podzimu. Pravděpodobně by to mělo hned několik spolupůsobících příčin. Jednou z nich je úbytek sněhu, a tedy horší

doplňování zásob podzemní vody při jarním tání. Navíc na jaře vlivem vyšších teplot začne vegetační období dříve a bude intenzivnější, což povede k silnějšímu odpařování (a rychlejší spotřebě půdní vlhkosti rostlinami). Posléze se přidají nižší letní srážky a na jaře i v létě vyšší výpar z půdy vinou vyšších teplot. Konečný důsledek: snížení průměrné zásoby vody v půdě koncem léta a počátkem podzimu až zhruba na polovinu dnešních hodnot. To by pochopitelně mělo velké důsledky zejména v zemědělství a vodním hospodářství (Iglesias a Garotte 2015, Koralewski a kol. 2015, zdroj: <https://cz.boell.org/sites/default/files/klimaticke-zmeny.pdf>).

Odhady budoucích dopadů globální klimatické změny na hydrosféru se různí. Všechny se ale zhruba shodují na podobě vývoje do roku 2030 – vzestup hladiny moří, zmenšení ledovců, zmenšení rozsahu sněhové pokrývky, změna režimu srážek, změna režimu odtoku, dopady na množství a zabezpečení zdrojů vody, dopady na kvalitu a ekologické funkce vody (zdroj: [http://www.koordinace.cz/download/globalni\\_zmeny\\_klimatu\\_v\\_kostce.pdf](http://www.koordinace.cz/download/globalni_zmeny_klimatu_v_kostce.pdf)).

Množství srážek a teplota vzduchu jsou dvěma hlavními klimatologickými charakteristikami, které probíhajícím změnám klimatického systému Země nejvýrazněji podléhají. Informace o vývoji těchto dvou klimatických charakteristik mohou sloužit jako základní indikátory klimatické změny.

V České republice, která leží v oblasti hlavního evropského rozvodí, jsou atmosférické srážky hlavním zdrojem vody. Mají proto nejen klíčový význam pro charakter přírodního prostředí, ale i pro řadu odvětví lidské činnosti, jako je zemědělství, lesnictví, vodní hospodářství, aj. (Tolasz a kol. 2007).

Česká republika se nachází na rozhraní severní a jižní Evropy, v nichž se změny budou projevovat odlišně. Již nyní se však projevuje nárůst teploty, který je výraznější nad severní polokoulí (nad pevninou), zejména pak v zimě. Na některých místech světa jsou již prokazatelné změny i v celkových srážkách (sever nárůst, jih pokles), v České republice se zatím větší změny v celkovém objemu nepotvrdily (díky poloze se zatím patrně stihnou vyrovnávat vlivy „jižní a severní“) - pomalu se ovšem začíná projevovat změna v rozložení srážek v průběhu roku – více srážek v zimě, méně na jaře. Dalším indikátorem klimatických změn je patrně nárůst počtu a intenzity extrémních srážek

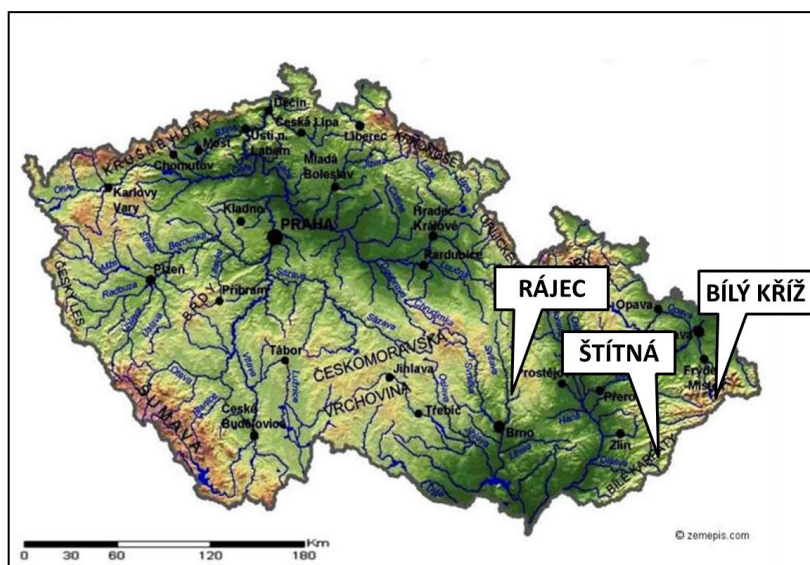
(více než 150 mm/den), který je však těžké kvantifikovat. Podíl tzv. „velmi mokrých dní“ v roce na celkovém úhrnu srážek indikuje možný výskytu povodní i sucha. Zimy budou přerušovány obdobím tání, zásoby vody ve sněhu se sníží – zvýší se výskyt zimních povodní. Rovněž dojde pravděpodobně k nárůstu výskytu lokálních přívalových povodní ([http://www.koordinace.cz/download/globalni\\_zmeny\\_klimatu\\_v\\_kostce.pdf](http://www.koordinace.cz/download/globalni_zmeny_klimatu_v_kostce.pdf)).

Srážkové úhrny jsou na území České republiky vzhledem k její velké vertikální členitosti velmi proměnlivé v čase a prostoru. Vliv nadmořské výšky na srážkové úhrny se projevuje jen u nejvyšších pohraničních pohoří. Významné jsou návětrné a závětrné efekty horských překážek. Roční srážkové úhrny kolísají na území České republiky od 410 mm (Žatecká pánev, kde se projevuje závětrí Krušných hor) po více než 1700 mm (Jizerské hory). Na více než 60 % území dosahuje roční úhrn srážek 600 – 800 mm. Nejsušší oblasti České republiky jsou Kladenská tabule, Žatecká pánev, Řípská tabule, Drnholecká a Jaroslavická pahorkatina, kde jsou roční srážkové úhrny nižší než 500 mm. Výrazně nízké srážkové úhrny jsou v celé západní polovině Čech, kde spadne průměrně ročně méně než 550 mm srážek. Směrem k východu srážkové úhrny rostou, na Českomoravské vrchovině jsou průměrné roční srážkové úhrny okolo 700 mm, v pohraničních horách pak mohou dosahovat i více než 1400 mm (zdroj: <http://www.priroda.cz/clanky.php?detail=650>, Kašpar a Müller 2014).

Ve vztahu k zemědělské výrobě a vegetaci je rozhodující rozložení srážek během roku. Roční chod srážek v České republice lze charakterizovat jako kontinentální s maximem v létě (40 % srážek) a s minimem v zimě (15 % srážek). Na jaro pak připadá 25 % a na podzim 20 % srážek. Nejvíce srážek tedy spadne od května do srpna a vůbec nejdeštivějším měsícem bývá zpravidla červenec. V nížinných oblastech Moravy se projevuje tzv. druhotné maximum v říjnu, zde je spolehlivě prokázán vliv Jaderského moře. Minimum srážek v ročním chodu se v České republice vyskytuje zpravidla v lednu nebo únoru, ale v horských oblastech to může být i březen (zdroj: <http://www.priroda.cz/clanky.php?detail=650>).

## 4. METODA

V letech 2012 a 2013 byly sledovány srážkové poměry na třech lokalitách Moravy – Rájec (Drahanská vrchovina), Štítná (Bílé Karpaty) a Bílý Kříž (Moravskoslezské Beskydy) – Obr. 2, Tab. 1.



Obr. 2: Poloha lokalit, na kterých byly sledovány srážkové poměry v letech 2012 – 2013 (zdroj: www.zemepis.com/images)

Tab. 1: Charakteristika lokalit, na kterých byly sledovány srážkové poměry v letech 2012–2013

	<b>Rájec</b>	<b>Štítná</b>	<b>Bílý Kříž</b>
Zeměpisné souřadnice	49° 26'S, 16° 41'V	49°02'S, 17°58'V	49°30'S, 18°32'V
Nadmořská výška	625 m	560 m	877 m
Průměrná roční teplota vzduchu <sup>1)</sup>	6,5 ± 0,5 °C	7,5 ± 0,5 °C	5,5 ± 0,5 °C
Průměrný roční úhrn srážek <sup>1)</sup>	625 ± 25 mm	750 ± 50	1250 ± 150 mm
Klimatická oblast <sup>1)</sup>	mírně teplá	mírně teplá	chladná
Lesní vegetační stupeň	5.	5.	5.

<sup>1)</sup>Tolasz a kol. (2007)

Úhrn srážek byl měřen automatickými srážkoměry Precipitation Gauge 386C (MetOne Instruments Inc., USA), které byly umístěny na meteorologických věžích (Foto 1). Desetiminutové úhrny srážek byly zaznamenávány do automatických ústředí. Úhrn srážek je udáván v mm (= 1 litr srážek spadlých na 1 m<sup>2</sup> plochy).

Získané výsledky byly statisticky zpracovány pomocí programu Statistica 9.0 (StatSoft, USA).

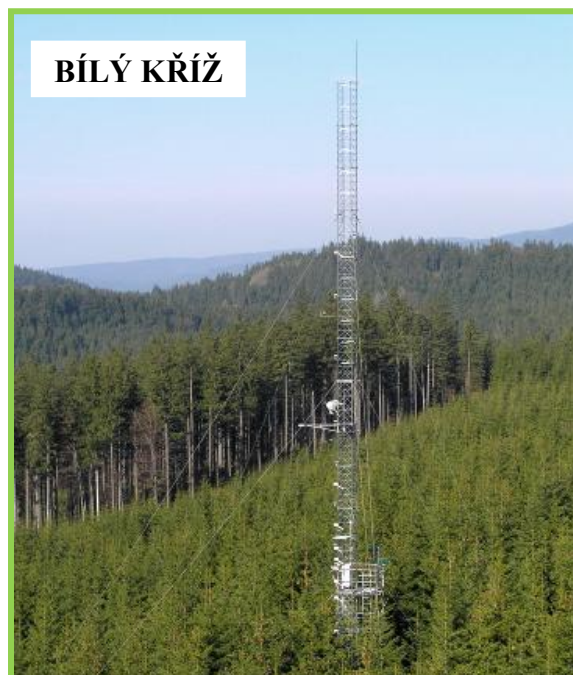
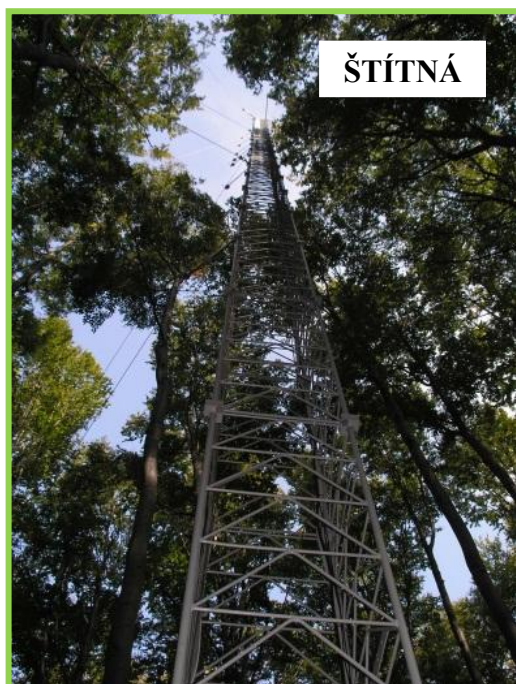


Foto 1: Meteorologické věže, na kterých byly umístěny srážkoměry

## 5. VÝSLEDKY A DISKUZE

Srážkové úhrny (množství srážek), intenzita srážek i rozložení srážek byly odlišné jak mezi jednotlivými vybranými lokalitami, tak mezi sledovanými roky 2012 a 2013. Srážkové úhrny jsou velmi variabilní jak v čase, tak v prostoru (Arpe a Roeckne 1999, Persson a kol. 2007, Madsen a kol. 2014).

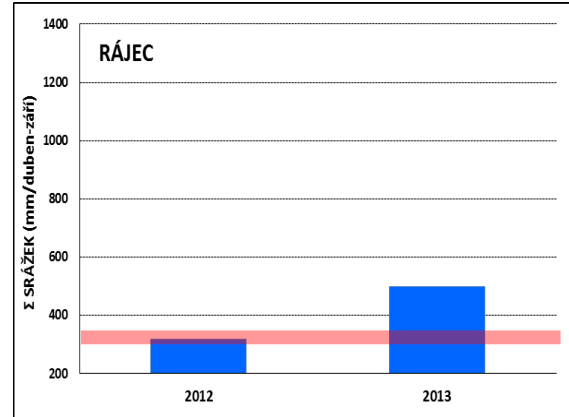
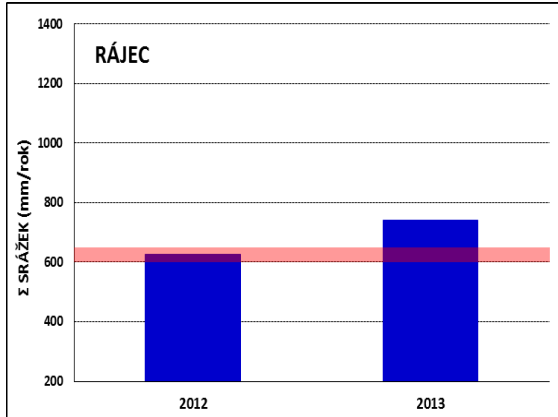
### SRÁŽKOVÉ ÚHRNY (MNOŽSTVÍ SRÁŽEK)

Srážkový úhrn je definován jako množství vody spadlé na zemský povrch za vybraný časový úsek a vyjadřuje se v mm (1 litr vody spadlý na plochu 1 m<sup>2</sup>).

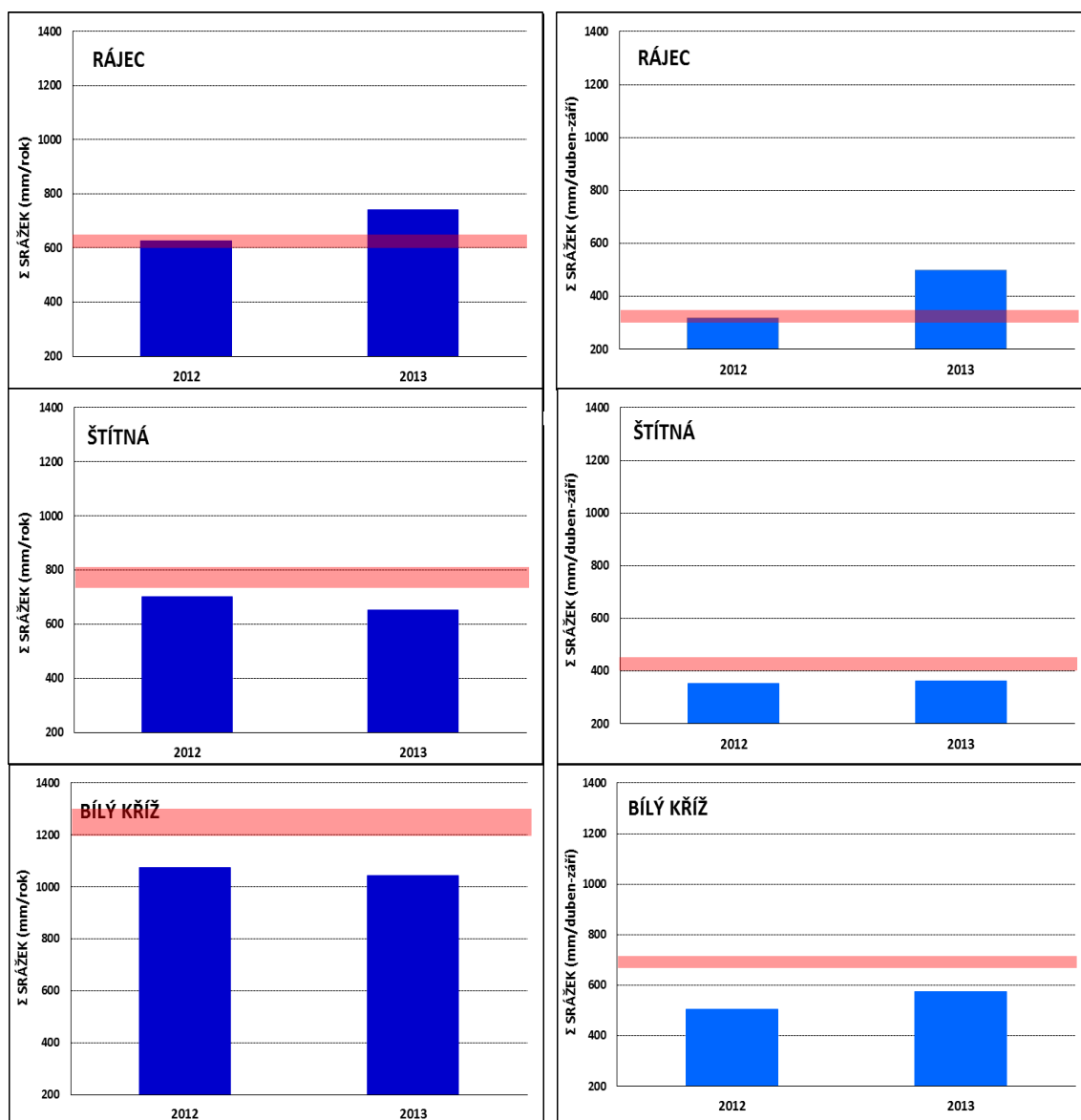
Roční úhrny srážek (Obr. 3) byly na lokalitě Bílý Kříž a Štítná v roce 2012 a 2013 nižší než dlouhodobé průměry stanovené pro tyto lokality, roční úhrny srážek na lokalitě Rájec se lišily od dlouhodobého průměru pouze v roce 2013. Podle zdroje <http://www.priroda.cz/clanky.php?detail=650> představuje kolísání srážkových úhrnů v jednotlivých letech na území České republiky do 40 % proti dlouhodobému průměru. V letech 2012 a 2013 roční srážkové úhrny tuto hodnotu nepřesáhly. V roce 2012 byl zjištěn větší rozdíl v ročním úhrnu srážek mezi horskou oblastí (Bílý Kříž) a pahorkatinnými oblastmi (Rájec a Štítná) než v roce 2013. Množství srážek stoupal s nadmořskou výškou, je však ovlivňováno i polohou místa vzhledem k horským hřbetům (zdroj: [http://cs.wikipedia.org/wiki/Geografie\\_%C4%8Ceska#Sr.C3.A1.C5.BEky](http://cs.wikipedia.org/wiki/Geografie_%C4%8Ceska#Sr.C3.A1.C5.BEky)). Roční úhrn srážek roste směrem k východu (zdroj: <http://www.priroda.cz/clanky.php?detail=650>).

Srážkové úhrny byly v letním půlroce (duben – září) na lokalitách Štítná a Bílý Kříž v letech 2012 a 2013 nižší než dlouhodobé průměry, na lokalitě Rájec odpovídaly v roce 2012 dlouhodobému průměru a v roce 2013 byly vyšší než dlouhodobý průměr stanovený pro tyto lokality za období 1961 – 2000 podle Tolazs a kol. (2007) – Obr. 3. Množství srážek v letním půlroce, resp. ve vegetačním období je velice důležité, neboť ovlivňuje vývoj a přírůst nové biomasy, a je tudíž významným faktorem ovlivňujícím

zemědělskou a lesnickou produkci (<https://cz.boell.org/sites/default/files/klimaticke-zmeny.pdf>,  
<http://www.intersucho.cz/cz/>,<http://www.klimatickazmena.cz>).







Obr. 3: Roční srážkové úhrny a srážkové úhrny v letním půlroce (duben – září) na vybraných lokalitách v roce 2012 a 2013 a dlouhodobé průměry pro období 1961 – 2000 (červeně) stanovené pro tyto lokality podle Tolasz a kol. (2007)

Roční chod srážek v České republice lze charakterizovat jako kontinentální s maximem v létě (40 % srážek) a s minimem v zimě (15 % srážek) (Tolasz a kol. 2007, zdroj: [http://cs.wikipedia.org/wiki/Geografie\\_Česka#Sr.C3.A1.C5.Beky](http://cs.wikipedia.org/wiki/Geografie_Česka#Sr.C3.A1.C5.Beky), zdroj: <http://www.priroda.cz/clanky.php?detail=650>). Ve sledovaném roce 2012 byly letní srážkové úhrny podprůměrné (Rájec 28 %, Štítná 28 %, Bílý Kříž 23 % ročního srážkového úhrnu) a zimní srážkové úhrny nadprůměrné (Rájec 30 %, Štítná 27 %, Bílý Kříž 32 % ročního srážkového úhrnu) – Obr. 4. Ve sledovaném roce 2013 odpovídaly letní i zimní srážkové úhrny na lokalitách

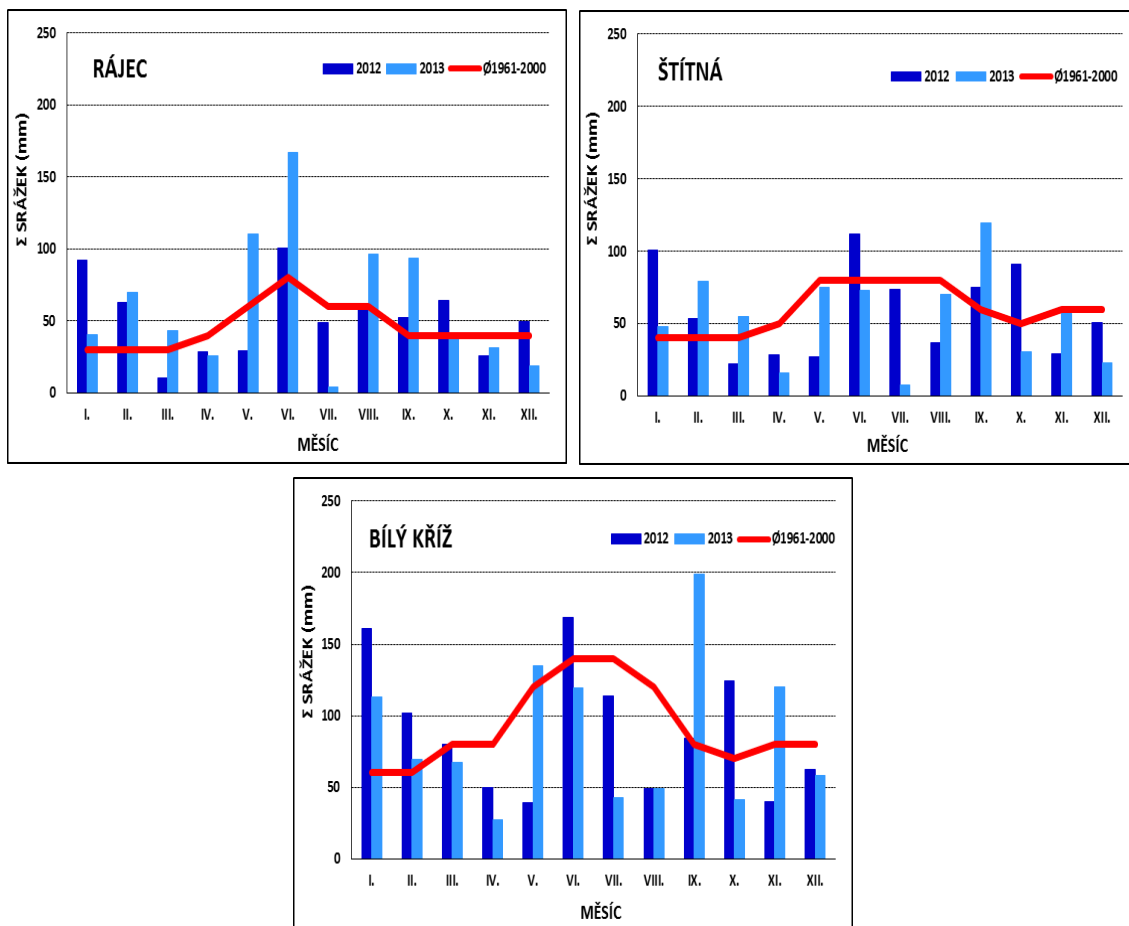
Rájec a Štítná dlouhodobým průměrem, na lokalitě Bílý Kříž byly zaznamenány podprůměrné letní srážkové úhrny a nadprůměrné zimní srážkové úhrny – Obr. 4.

Minimum srážek v ročním chodu se v České republice vyskytuje zpravidla v lednu nebo v únoru, ale v horských oblastech to může být i březen; maximum srážek se vyskytuje zpravidla v červnu nebo červenci (Kyselý 2009, Zolina 2012). Ve sledovaných letech 2012 a 2013 byly na vybraných lokalitách zaznamenány minimální srážky většinou v jiných měsících než je obvyklé (rok 2012: Rájec – květen, Štítná – březen, Bílý Kříž – březen; rok 2013: Rájec – duben, Štítná – červenec, Bílý Kříž – červenec). Ve sledovaných letech byly v měsících leden a únor zjištěny vyšší úhrny srážek než je dlouhodobý průměr, v letních měsících byly úhrny srážek většinou nižší než dlouhodobé průměry. Na vybraných lokalitách nebyly zjištěny statisticky významné rozdíly v měsíčních úhrnech srážek proti dlouhodobému průměru ani v roce 2012, ani v roce 2013 (hladina významnosti  $\alpha = 0,05$ ).

Ve sledovaných letech 2012 a 2013 však byly zjištěny statisticky významné rozdíly v hodnotách měsíčních úhrnů srážek mezi některými vybranými lokalitami (Tab. 2).

Tab. 2: Statisticky významné rozdíly (hladina významnosti  $\alpha = 0,05$ ) mezi měsíčními úhrny srážek na vybraných lokalitách v letech 2012 a 2013 (šedá políčka)

	2012			2013		
	RÁJEC	ŠTÍTNÁ	BÍLÝ KRÍŽ	RÁJEC	ŠTÍTNÁ	BÍLÝ KRÍŽ
RÁJEC	-			-		
ŠTÍTNÁ		-			-	
BÍLÝ KRÍŽ			-			-



Obr. 4: Měsíční srážkové úhrny na vybraných lokalitách v roce 2012 a 2013 a dlouhodobé průměry stanovené pro tyto lokality pro období 1961 – 2000 podle Tolasz a kol. (2007)

### INTENZITA SRÁŽEK

Intenzita srážek je definována jako množství vody spadlé na zemský povrch za 1 hodinu a vyjadřuje se v mm/h. Intenzitu srážek lze hodnotit podle Tab. 3.

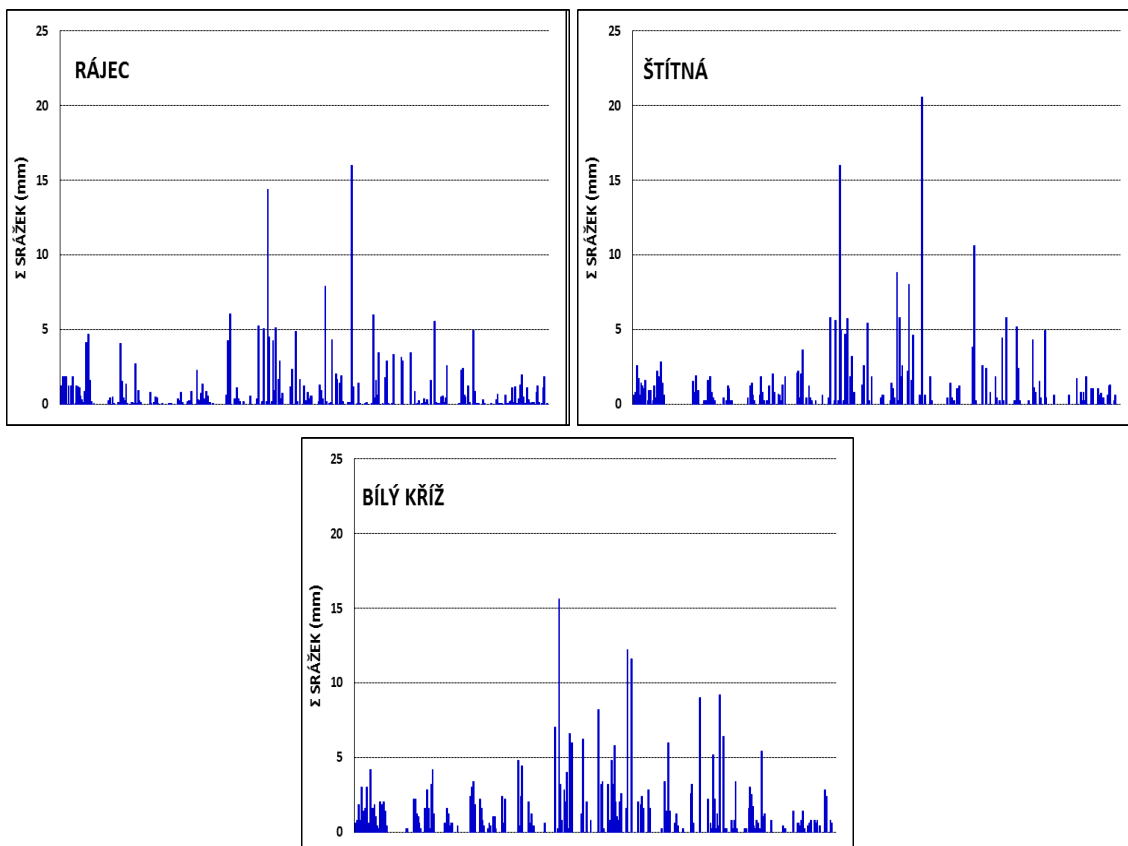
Tab. 3: Intenzita srážek podle <http://www.in-pocasi.cz/aktualni-pocasi/srazky/>

	mm/h
Velmi slabá	< 0,1
Slabá	0,1 – 2,5
Mírná	2,6 – 10,0
Silná	10,1 – 25,0
Velmi silná	> 25,1

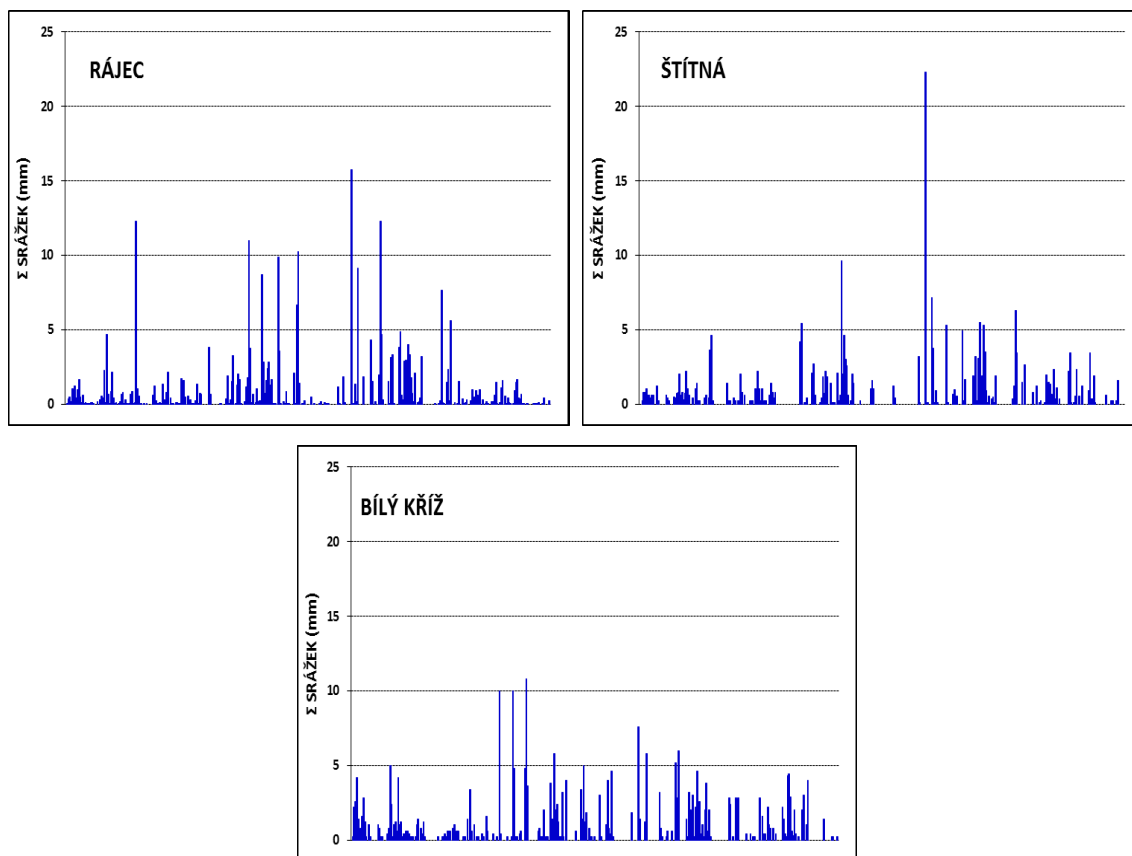
Intenzita srážek na vybraných lokalitách v letech 2012 a 2013 se lišila jak mezi jednotlivými roky, tak mezi jednotlivými vybranými lokalitami (Obr. 5 a 6). Mezi některými lokalitami byly zjištěny jak v roce 2012, tak v roce 2013 statisticky významné rozdíly v intenzitě srážek (Tab. 4). Při srovnání intenzity srážek na vybraných lokalitách mezi roky 2012 a 2013 byly zjištěny statisticky významné rozdíly pouze u lokality Rájec.

Tab. 4: Statisticky významné rozdíly (hladina významnosti  $\alpha = 0,05$ ) v intenzitě srážek na vybraných lokalitách v letech 2012 a 2013 (šedá políčka)

	2012			2013		
	RAJEC	ŠTÍTNA	BÍLÝ KRÍŽ	RAJEC	ŠTÍTNA	BÍLÝ KRÍŽ
RAJEC	-			-		
ŠTÍTNA		-			-	
BÍLÝ KRÍŽ			-			-

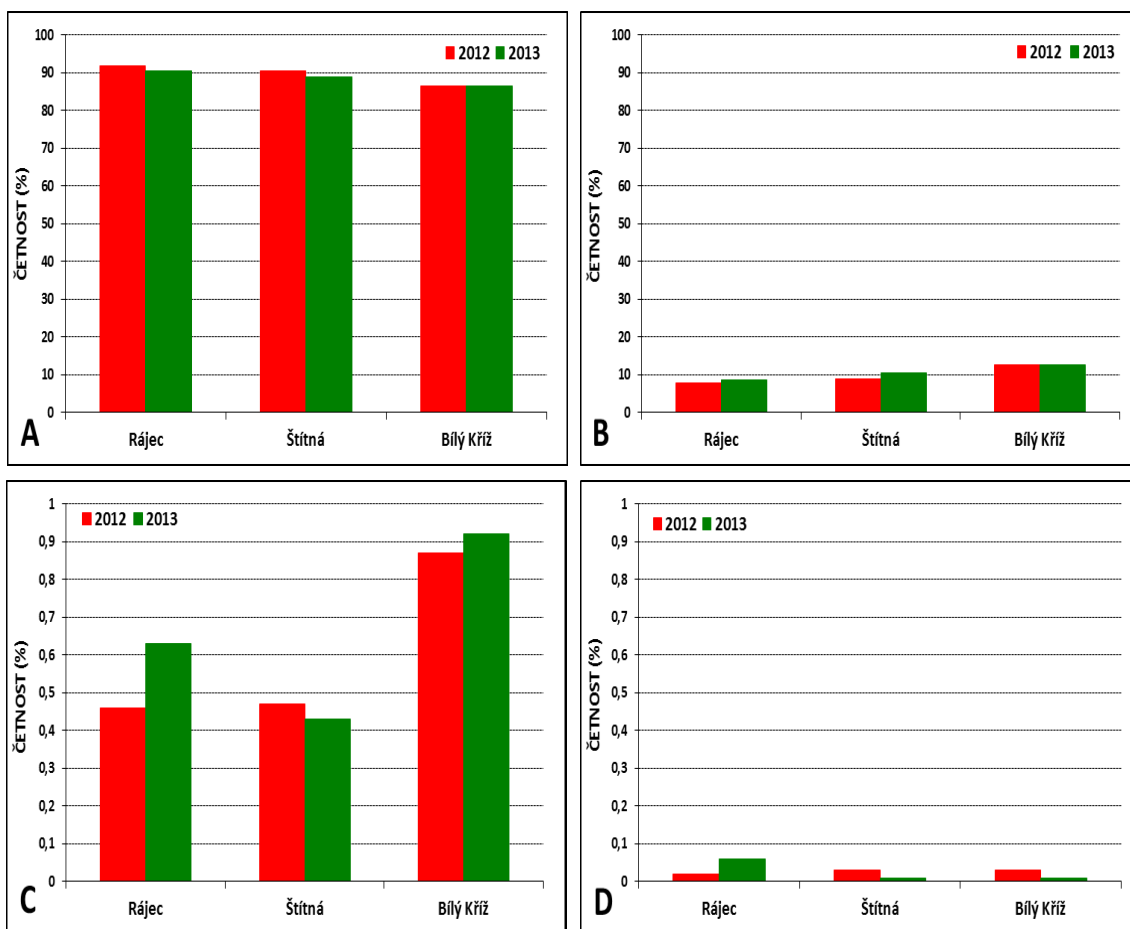


Obr. 5: Hodinové úhrny srážek na vybraných lokalitách v roce 2012



Obr. 6: Hodinové úhrny srážek na vybraných lokalitách v roce 2013

Ve sledovaných letech 2012 a 2013 bylo na všech vybraných lokalitách zaznamenáno nejvíce velmi slabých srážek a nejméně silných srážek (Obr. 7 A-D). Velmi silné srážky nebyly zaznamenány vůbec. Výskyt velmi slabých, slabých a silných srážek byl podobný jak na všech vybraných lokalitách, tak v obou sledovaných letech. Výraznější rozdíly byly zjištěny pouze u výskytu mírných srážek. Intenzita srážek ovlivňuje zejména hydrologickou stabilitu daného území (Huang a kol. 2013, Langhans a kol. 2014, Dourte a kol. 2015) a půdní erozní procesy (Mullan 2013, Routschek a kol. 2014).



Obr. 7: Čestnost výskytu různě intenzivních srážek na vybraných lokalitách v roce 2012 a 2013 (A – velmi slabé srážky, B – slabé srážky, C – mírné srážky, D – silné srážky)

### POČET SRÁŽKOVÝCH DNŮ

Na vybraných lokalitách byl v letech 2012 a 2013 zhodnocen také počet srážkových dnů a hodnoty byly srovnány s dlouhodobým průměrem pro tyto lokality (Tolasz a kol. 2007). Byl proveden součet dní s denními srážkovými úhrny  $\geq 0,1$  mm;  $\geq 1$  mm;  $\geq 5$  mm a  $\geq 10$  mm (Tab. 5). Na všech lokalitách i v obou sledovaných letech bylo zjištěno, že počet srážkových dnů s denními úhrny srážek  $< 10$  mm byl menší než dlouhodobý průměr. Pouze počet srážkových dnů s denními srážkovými úhrny  $\geq 10$  mm byl větší (lokalita Rájec) nebo byl stejný či mírně nižší (lokalita Štítná a Bílý Kříž) než dlouhodobý průměr. To nasvědčuje tomu, že v souvislosti s předpokládanou globální změnou klimatu se může objevit více epizodických silných až příválových

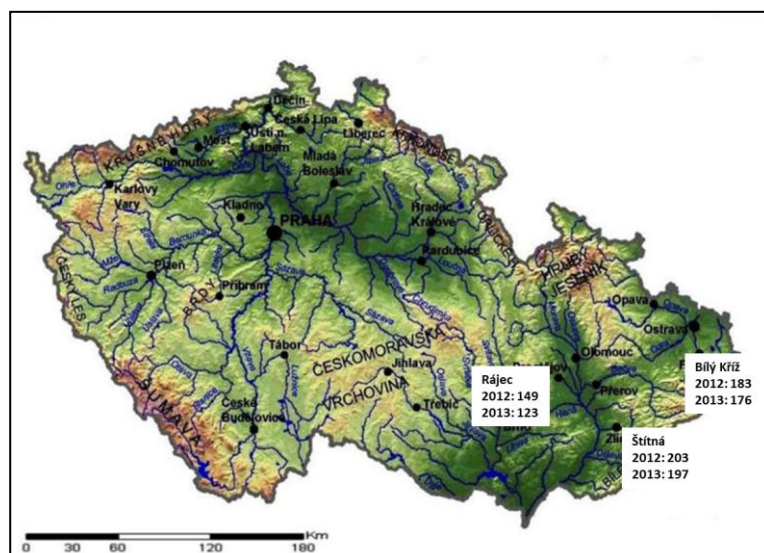
dešťů (Muzik 2002, Herrera a kol. 2012) a snižuje se počet dní s nižšími denními úhrny srážek.

Tab. 5: Počet srážkových dní pro jednotlivé intervaly denních úhrnů srážek na vybraných lokalitách v roce 2012 a 2013 a dlouhodobé průměry stanovené pro tyto lokality pro období 1961 – 2000 podle Tolasz a kol. (2007)

		2012	2013	Ø1961-2000
RÁJEC	≥ 0,1 mm	70	73	160 ± 10
	≥ 1 mm	56	68	105 ± 5
	≥ 5 mm	25	26	43 ± 3
	≥ 10 mm	18	17	15 ± 1
ŠTÍTNÁ	≥ 0,1 mm	58	64	160 ± 10
	≥ 1 mm	62	64	105 ± 5
	≥ 5 mm	24	24	55 ± 5
	≥ 10 mm	19	17	22 ± 2
BÍLÝ KŘÍŽ	≥ 0,1 mm	45	71	180 ± 10
	≥ 1 mm	70	58	145 ± 5
	≥ 5 mm	36	26	75 ± 5
	≥ 10 mm	32	34	39 ± 7

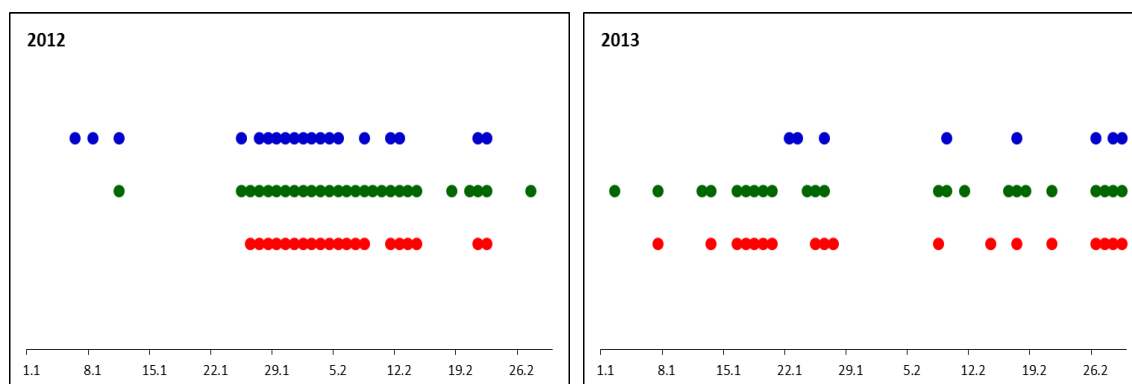
### POČET A ROZLOŽENÍ DNŮ BEZ SRÁŽEK

Na vybraných lokalitách byl v letech 2012 a 2013 vyhodnocen kromě srážkových dnů také počet a rozložení dnů bez srážek. Nejmenší počet dnů bez srážek byl zjištěn v obou letech na lokalitě Rájec, největší na lokalitě Štítná (Obr. 8). Podle zjištěných výsledků je překvapivé, že na horské lokalitě Bílý Kříž (Moravskoslezské Beskydy) bylo ve studovaných letech 2012 a 2013 zaznamenáno více dní bez srážek než na pahorkatinné lokalitě Rájec (Drahanská vrchovina). Podle Tolasze a kol. (2007) přitom patří pohraniční hory České republiky (mezi nimi i Moravskoslezské Beskydy) mezi oblasti s největšími srážkami.



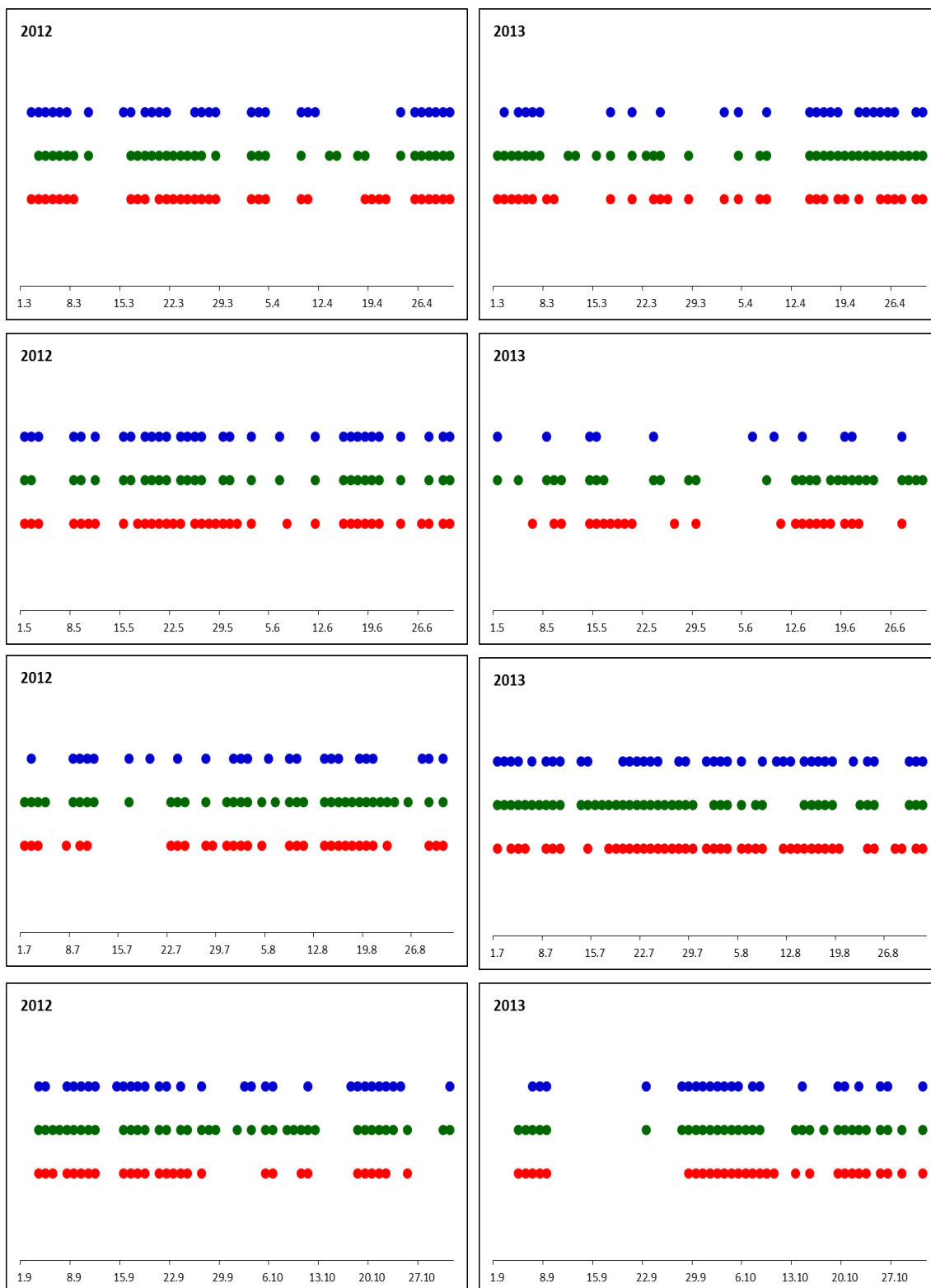
Obr. 8: Počet výskytu dnů bez srážek na vybraných lokalitách v roce 2012 a 2013

Velice významným parametrem, který je v souvislosti s předpokládanou globální změnou klimatu sledován, je výskyt sucha, resp. různě dlouhých období sucha (Mishra a Singh 2010, Zarch a kol. 2015). Podle Tolasze a kol. (2007) je v České republice primární příčinou sucha deficit srážek v určitém časovém intervalu, jako např. v průběhu vegetačního období. Na Obr. 9 je znázorněn výskyt dnů bez srážek na vybraných lokalitách v letech 2012 a 2013, ze kterých je patrné, že zejména na lokalitách Štítná a Rájec se vyskytovala v letech 2012 a 2013 různě dlouhá období bez srážek. Závažným poznatkem je, že tato období bez srážek se vyskytovala hlavně v letním půlroce, tedy v období vývoje zemědělských plodin a lesních porostů (Hanson a Weltzin 2000, Farhanghar a kol. 2015, Xu a kol. 2015).

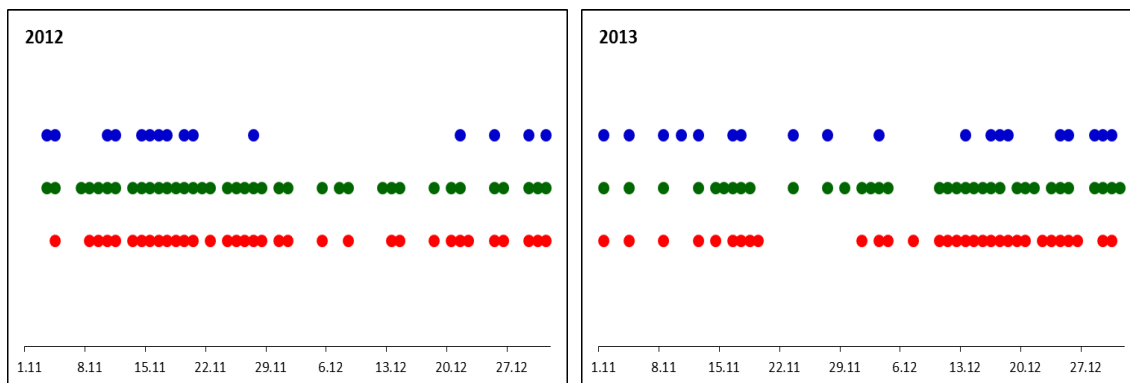


Obr. 9: Rozložení výskytu dnů bez srážek na vybraných lokalitách v roce 2012 a 2013 období: 1.1. – 28.2. (modrá – Rájec, zelená – Štítná, červená – Bílý Kříž)





Obr. 9 pokrač.: Rozložení výskytu dnů bez srážek na vybraných lokalitách v roce 2012 a 2013  
 období: 1.3. – 30.4., 1.5. – 30.6., 1.7. – 31.8., 1.9. – 31.10.  
 (modrá – Rájec, zelená – Štítná, červená – Bílý Kříž)



Obr. 9 pokrač.: Rozložení výskytu dnů bez srážek na vybraných lokalitách v roce 2012 a 2013 období: 1.11. – 31.12.  
(modrá – Rájec, zelená – Štítná, červená – Bílý Kříž)

### LANGŮV DEŠŤOVÝ FAKTOR

V souvislosti s předpokládanou změnou klimatu se očekává častější výskyt různě dlouhých suchých období (Semmler a Jacob 2004, Mishra a Singh 2010, Zarch a kol. 2015). Meteorologické sucho lze vyjádřit pomocí Langova dešťového faktoru. Langův dešťový faktor je jedním z nejstarších a nejužívanějších parametrů pro klasifikaci oblastí podle dostupnosti vláhy (Tolasz a kol. 2007). Jeho obliba vychází zejména z jednoduchosti, neboť se jedná o podíl průměrného ročního úhrnu srážek a průměrné roční teploty vzduchu. Ve sledovaných letech 2012 a 2013 odpovídaly hodnoty Langova dešťového faktoru dlouhodobým průměrům podle Tolasz a kol. (2007) pouze na lokalitě Bílý Kříž – Tab. 6. Na lokalitě Štítná byly jeho hodnoty nižší než je dlouhodobý průměr, na lokalitě Rájec byly v roce 2012 nižší a v roce 2013 nepatrně vyšší než je dlouhodobý průměr.

Hodnota Langova dešťového faktoru menší než 70 indikuje vyšší pravděpodobnost výskytu meteorologického sucha v daném roce. Na lokalitě Štítná se v obou sledovaných letech blížily hodnoty Langova dešťového faktoru této hraniční hodnotě.

Tab. 6: Hodnoty Langova dešťového faktoru na vybraných lokalitách v roce 2012 a 2013 a dlouhodobé průměry stanovené pro tyto lokality pro období 1961 – 2000 podle Tolasz a kol. (2007)

	2012	2013	Ø1961-2000
RAJEC	80	105	> 100
ŠTÍTNÁ	79	75	> 100
BÍLÝ KRÍŽ	153	157	> 100

## 6. ZÁVĚR

V souvislosti s předpokládanou změnou klimatu způsobenou intenzivní lidskou činností se počítá s výraznými změnami v globálním, regionálním i místním koloběhu vody. Očekává se časová i prostorová změna srážkových úhrnů, změna intenzity srážek a změna rozložení srážek, změny vypařování, změny zásob podzemní vody i změny zásob vody ve vodních tocích a nádržích.

Cílem bakalářské práce bylo zhodnotit srážkové poměry na vybraných lokalitách Moravy (Drahanská vrchovina – lokalita Rájec, Bílé Karpaty – lokalita Štítná, Moravskoslezské Beskydy – lokalita Bílý Kříž) v letech 2012 a 2013 a provést jejich srovnání s dlouhodobými průměry za období 1961 – 2000.

Roční úhrny srážek byly na lokalitě Bílý Kříž a Štítná v roce 2012 a 2013 nižší než dlouhodobé průměry stanovené pro tyto lokality, roční úhrny srážek na lokalitě Rájec se lišily od dlouhodobého průměru pouze v roce 2013. V roce 2012 byl zjištěn větší rozdíl v ročním úhrnu srážek mezi horskou oblastí (Bílý Kříž) a pahorkatinnými oblastmi (Rájec a Štítná) než v roce 2013.

Srážkové úhrny byly v letním půlroce (duben – září) na lokalitách Štítná a Bílý Kříž v letech 2012 a 2013 nižší než dlouhodobé průměry, na lokalitě Rájec odpovídaly v roce 2012 dlouhodobému průměru a v roce 2013 byly vyšší než dlouhodobý průměr stanovený pro tyto lokality.

Ve sledovaných letech 2012 a 2013 bylo na všech vybraných lokalitách zaznamenáno nejvíce velmi slabých srážek ( $< 0,1$  mm/h) a nejméně silných srážek (10 – 25 mm/h). Velmi silné srážky ( $> 25,1$  mm/h) nebyly zaznamenány vůbec.

Na všech lokalitách i v obou sledovaných letech bylo zjištěno, že počet srážkových dnů s denními úhrny srážek  $< 10$  mm byl menší než dlouhodobý průměr. Pouze počet srážkových dnů s denními srážkovými úhrny  $\geq 10$  mm byl větší (lokalita Rájec) nebo byl stejný či mírně nižší (lokalita Štítná a Bílý Kříž) než dlouhodobý průměr.

Nejmenší počet dnů bez srážek byl zjištěn v obou letech na lokalitě Rájec, největší na lokalitě Štítná.

Rozdíly v množství srážek, jejich intenzitě a rozložení byly způsobeny zejména polohou a nadmořskou výškou vybraných lokalit, což je dáno výraznými orografickými poměry České republiky .

Srovnáním množství a intenzity srážek na vybraných lokalitách v letech 2012 a 2013 bylo zjištěno, že se tyto hodnoty liší od dlouhodobých průměrů stanovených pro tyto lokality.

## 7. SUMMARY

In connection with the expected climate change caused by intense human activity is planned significant changes in the global, regional and local water cycle. It is expected temporal and spatial variation in total precipitation, precipitation intensity change and change of precipitation distribution, changes in evaporation, changes in ground water stock and changes in water supplies in rivers and reservoirs.

The aim of the bachelor thesis was to evaluate the precipitation conditions in selected Moravian sites (Drahanská vrchovina Highlands – site of Rájec, the Bílé Karpaty Mts. – site of Štítná, Moravian-Silesian Beskids Mts. – site of Bílý Kříž) in the 2012 and 2013 and make a comparison with long-term averages for the 1961 – 2000.

Total annual precipitation sums were lower at the site of Bílý Kříž and Štítná in 2012 and 2013 than long-term averages determined for these sites, annual precipitation sum at the site of Rájec differed from the long-term average only in 2013.

Precipitation sums were lower at the site of Bílý Kříž and Štítná in the summer half-year (April – September) in 2012 and 2013 than long-term averages, at the site of Rájec reflect the long-term average in 2012 and in 2013 were higher than long-term average.

Number of rain days with daily precipitation sum  $< 10$  mm was lower at all sites and in both studied years than the long-term average.

The lowest number of days without rainfall was observed in both studied years at the site of Rájec, the highest one at the site of Štítná.

Differences in precipitation sums, precipitation intensity and precipitation distribution were caused mainly by the location and altitude of selected study sites what is due to the significant orographic conditions of the Czech Republic.

Comparing the amount and intensity of precipitation at the selected study sites in the 2012 and 2013, it was found that these values differ from long-term averages determined for these sites.

## 8. SEZNAM POUŽITÉ LITERATURY

- ARNELL, N.W., 2004: Climate change and global water resources: SRES emissions and socio-economic scenarios. *Global Environmental Change*, vol. 14, no. 1, s. 31–52.
- ARPE, K., ROECKNE, E., 1999: Simulation of the hydrological cycle over Europe: Model validation and impacts of increasing greenhouse gases. *Advances in Water Resources*, vol. 23, no. 2, s. 105–119.
- BHATT, D., MALL, R.K., 2015: Surface Water Resources, Climate Change and Simulation Modeling. *Aquatic Procedia*, vol. 4, s. 730–738.
- DORE, M.H.I., 2005: Climate change and changes in global precipitation patterns: What do we know? *Environment International*, vol. 31, no. 8, s. 1167–1181.
- DOURTE, D.R., FRAISSE, C.W., BARTELS, W.-L., 2015: Exploring changes in rainfall intensity and seasonal variability in the Southeastern U.S.: Stakeholder engagement, observations, and adaptation. *Climate Risk Management*, vol. 7, s. 11–19.
- FARHANGFAR, S., BANNAYAN, M., KHAZAEI, H.R., BAYG, M.M., 2015: Vulnerability assessment of wheat and maize production affected by drought and climate change. *International Journal of Disaster Risk Reduction*, vol. 13, s. 37–51.
- GIMESI, L., 2009: Development of a visualization method suitable to present tendencies of changes in precipitation. *Journal of Hydrology*, vol. 377, no. 1–2, s. 185–190.
- HANSON, P.J., WELTZIN, J.F., 2000: Drought disturbance from climate change: response of United States forests. *Science of The Total Environment*, vol. 262, no. 3, s. 205–220.
- HERRERA, S., GUTIERREZ, J.M., ANCELL, R., PONS, M.R., FRIAS, M.D., FERNANDEZ, J., 2012: Development and analysis of a 50-year high-resolution daily gridded precipitation dataset over Spain (Spain02). *International Journal of Climatology*, vol. 32, no. 1, s. 74–85.



- HUANG, J., WU, P., ZHAO, X., 2013: Effects of rainfall intensity, underlying surface and slope gradient on soil infiltration under simulated rainfall experiments. *CATENA*, vol. 104, s. 93–102.
- IGLESIAS, A., GARROTE, L., 2015: Adaptation strategies for agricultural water management under climate change in Europe. *Agricultural Water Management*, volume 155, s.113–124.
- KAŠPAR, M., MÜLLER, M., 2014: Combinations of large-scale circulation anomalies conducive to precipitation extremes in the Czech Republic. *Atmospheric Research*, vol. 138, s. 205–212.
- KHON, V.CH., MOKHOV, I.I., ROECKNER, E., SEMENOV, V.A., 2007: Regional changes of precipitation characteristics in Northern Eurasia from simulations with global climate model. *Global and Planetary Change*, vol. 57, no. 1–2, s. 118–123.
- KLØVE, B., ALA-AHO, P., BERTRAND, G., GURDAK, J.J., KUPFERSBERGER, H., KVÆRNER, J., MUOTKA, T., MYKRÄ, H., PREDÄ, E., ROSSI, P., BERTACCHI UVO, C., VELASCO, E., PULIDO-VELAZQUEZ, M., 2014: Climate change impacts on groundwater and dependent ecosystems. *Journal of Hydrology*, vol. 518, Part B, s. 250–226.
- KORALEWSKI, T.E., WANG, H.-H., GRANT, W.E., BYRAM, T.D., 2015: Plants on the move: Assisted migration of forest trees in the face of climate change. *Forest Ecology and Management*, vol. 344, s. 30–37.
- KYSELÝ, J., 2009: Trends in heavy precipitation in the Czech Republic over 1961 – 2005. *International Journal of Climatology*, vol. 29, s. 1745–1758.
- LANGHANS, CH., GOVERS, G., DIELS, J., STONE, J.J., NEARING, M.A., 2014: Modeling scale-dependent runoff generation in a small semi-arid watershed accounting for rainfall intensity and water depth. *Advances in Water Resources*, vol. 69, s. 65–78.
- MADSEN, H., LAWRENCE, D., LANG, M., MARTINKOVA, M., KJELDSEN, T.R., 2014: Review of trend analysis and climate change projections of extreme precipitation and floods in Europe. *Journal of Hydrology*, vol. 519, Part D, s. 3634–3650.
- MISHRA, A.K., SINGH, V.P., 2004: A review of drought concepts. *Journal of Hydrology*, vol. 391, no. 1–2, s. 202–216.

- MULLAN, D., 2013: Soil erosion under the impacts of future climate change: Assessing the statistical significance of future changes and the potential on-site and off-site problems. *Catena*, vol. 109, s. 234–246.
- MUZIK, I., 2002: A first-order analysis of the climate change effect on flood frequencies in a subalpine watershed by means of a hydrological rainfall–runoff model. *Journal of Hydrology*, vol. 267, no. 1–2, s. 65–73.
- PERSSON, S., ALDAHAN, A., POSSNERT, G., ALFIMOV, V., HOU, X., 2007: Variability in precipitation over Europe. *Nuclear Instruments and Methods in Physics Research Section B: Beam Interactions with Materials and Atoms*, vol. 259, no. 1, s. 508–512.
- ROUTSCHEK, A., SCHMIDT, J., KREIENKAMP, F., 2014: Impact of climate change on soil erosion. A high-resolution projection on catchment scale until 2100 in Saxony/Germany. *CATENA*, vol. 121, s. 99–109.
- SEMMLER, T., JACOB, D., 2004: Modeling extreme precipitation events—a climate change simulation for Europe. *Global and Planetary Change*, vol. 44, no. 1–4, s. 119–127.
- SUNYER, M.A., MADSEN, H., ANG, P.H., 2012: A comparison of different regional climate models and statistical downscaling methods for extreme rainfall estimation under climate change. *Atmospheric Research*, vol. 103, s. 119–128.
- TOLASZ a kol. (2007): *Atlas podnebí Česka*. ČHMÚ – PU: Praha – Olomouc, 255 s.
- WATTERSON, I.G., 2005: Simulated changes due to global warming in the variability of precipitation, and their interpretation using a gamma-distributed stochastic model. *Advances in Water Resources*, vol. 28, no. 12, s. 1368–1381.
- XU, X., LI, D., LUO, Y., 2015: Modeled ecosystem responses to intra-annual redistribution and levels of precipitation in a prairie grassland. *Ecological Modelling*, vol. 297, s. 33–41.
- ZARCH, M.A.A., SIVAKUMAR, B., SHARMA, A., 2015: Assessment of global aridity change. *Journal of Hydrology*, vol. 520, s. 300–313.
- ZOLINA, O., 2012: *Changes in intense precipitation in Europe*. In: KUNDZEWICZ, Z.W. (Ed.): *Changes in Flood Risk in Europe*. IAHS Special Publication 10, Chapter 6, s. 97–120.
- ZHANG, Q., LI, J., SINGH, V.P., XIAO, M., 2013: Spatio-temporal relations between temperature and precipitation regimes: Implications for temperature-

induced changes in the hydrological cycle. *Global and Planetary Change*, vol. 111, s. 57–76.