

UNIVERZITA KARLOVA
Přírodovědecká fakulta

Studijní program: Geografie

Studijní obor: Geografie se zaměřením na vzdělávání – Matematika se zaměřením na vzdělávání



Kateřina Králová

Rozdělení silných srážek napříč Šumavou
Distribution of heavy precipitation across the Šumava
Mts.

Bakalářská práce

Vedoucí bakalářské práce: RNDr. Miloslav Müller, Ph.D.

Praha, 2020

Zadání bakalářské práce

Název práce

Rozdělení silných srážek napříč Šumavou

Cíle práce

Cílem práce je typizace případů silných srážek na Šumavě, a to z hlediska rozdělení denních srážkových úhrnů napříč centrální částí tohoto pohoří. Dalším cílem je následná analýza vymezených typů srážkových událostí z hlediska jejich sezonality, cirkulačních podmínek, zastoupení srážkových extrémů apod., včetně posouzení vzájemné závislosti uvedených charakteristik.

Použité pracovní metody, zájmové území, datové zdroje

Analýzou rozmístění srážkoměrných stanic v Česku i v Německu bude vybrán vhodný příčný profil pohořím Šumava, pro který budou k dispozici dlouhé časové řady denních úhrnů srážek z co největšího počtu stanic s různou nadmořskou výškou i expozicí vůči světovým stranám. V práci budou tedy využita data Českého hydrometeorologického ústavu a Německé povětrnostní služby, a to pro období minimálně 30 roků. Případy silných srážek budou vybrány pomocí vhodného kritéria pro celý profil dohromady, typizace srážkových událostí bude provedena pomocí shlukové analýzy. K vyjádření cirkulačních podmínek bude využita Typizace povětrnostních situací ČHMÚ.

Datum zadání: 3. ledna 2020

Jméno studenta: Kateřina Králová

Podpis studenta:.....

Jméno vedoucího práce: RNDr. Miloslav Müller, Ph.D.

Podpis vedoucího práce:

Prohlašuji, že jsem závěrečnou práci zpracovala samostatně a že jsem uvedla všechny použité informační zdroje a literaturu. Tato práce, ani její podstatná část, nebyla předložena k získání jiného, nebo stejného akademického titulu.

V Praze dne 5. června 2020

.....

Kateřina Králová

Poděkování

Ráda bych v první řadě poděkovala svému vedoucímu bakalářské práce RNDr. Miloslavu Müllerovi, Ph.D. za jeho věnovaný čas, ochotu a trpělivost, cenné rady a odborné vedení. Také bych chtěla poděkovat svému bratřovi za odbornou pomoc při práci s programem MATLAB a celkovou podporu. V neposlední řadě bych chtěla poděkovat svému kamarádovi Markovi Kasnerovi za korekturu práce a podporu při psaní.

Rozdělení silných srážek napříč Šumavou

Abstrakt

Práce se zabývá nejprve rešerší problematiky silných srážek a fyzickogeografickou charakteristikou Šumavy, a následně typizací a analýzou 201 silných srážkových událostí napříč centrální částí tohoto pohoří v letech 1980–2014. Do analýzy bylo zahrnuto 7 stanic rozmístěných na obou stranách pohoří. K výběru srážkových událostí posloužil 99. percentil aplikovaný na každé stanici zvlášť, což zajistilo rovnoměrné zastoupení silných srážek na všech stanicích v souboru studovaných událostí. Na normované srážkové úhrny byla poté aplikována metoda k-means v programu MATLAB, která události rozčlenila do tří typů srážek z hlediska podobnosti rozsahu úhrnů na jednotlivých stanicích; v textu jsou označovány jako rovnoměrný, jihozápadní a severovýchodní typ. Typy pak byly podrobeny analýze z hlediska sezonality výskytu, cirkulačních situací, vícedennosti srážkových úhrnů, prostorové heterogenity srážek na jednotlivých stanicích, meziroční variability a trendů.

Ačkoliv byly typy srážek vytvořeny pouze na základě rozložení úhrnů v příčném profilu, tak vykazují vnitřní podobnosti i z dalších zmíněných hledisek. Podstatný vliv má orografie, kdy u jihozápadního typu vzniká výrazný srážkový stín při západním vzdušném proudění, a to převážně v zimním období. Orografické zesilování srážek se projevuje u rovnoměrného typu, který zaznamenává zvýšené úhrny srážek na výše položených stanicích. Tyto srážkové události jsou pak zastoupeny převážně v letních měsících stejně jako u severovýchodního typu, který ovšem orografií není tak výrazně ovlivněn, a váží se převážně k cirkulačním situacím B, Bp a C. Z hlediska sezonality lze pak říci, že nejvíce silných srážek se vyskytuje v letních měsících (s maximem v červenci) a podružné maximum nastává ve vrcholné zimě, s čímž se pojí i sezonalita katastrofálních povodní, kde má značný vliv i vícedennost událostí. Ve studovaném období byl navíc zaznamenán vzestupný trend rovnoměrného typu na úkor jihozápadního typu.

Klíčová slova: silné srážky, Šumava, orografie, cirkulační podmínky, sezonalita, úhrny srážek

Distribution of heavy precipitation across the Šumava Mts.

Abstract

The work first deals with the recherche of the issue of heavy precipitation and physical-geographic characteristics of the Šumava Mts., and then the typification and analysis of 201 heavy precipitation events across the central part of this mountain range in the years 1980–2014. The analysis included 7 stations located on both sides of the mountain range. The 99th percentile applied to each station separately was used to select precipitation events, which assured an even representation of heavy precipitation at all stations in the set of studied events. The k-means method in MATLAB was then applied to the standardized precipitation totals, which divided the events into three types of precipitation in terms of the similarity of the range of totals at individual stations; in the text they are referred to as the steady, the southwestern and the northeastern types. The types were then subjected to analysis in terms of seasonality, circulating situations, multi-day precipitation totals, spatial heterogeneity of precipitation at individual stations, year-on-year variability and trends.

Although the types of precipitation were created only on the basis of the distribution of totals in the transverse profile, they show internal similarities from other points of view. Orography has a significant effect, as the southwestern type produces a significant precipitation shadow during western situation, mainly in winter. Orographic intensification of precipitation is manifested in the steady type, which records increased total precipitation at higher stations. These precipitation events are then represented mainly in summer months as well as in the northeastern type, which, however, is not so significantly affected by orography, and is mainly related to circulating situations B, Bp and C. From point of view of seasonality, it can be said that the strongest precipitation occurs in the summer months (with a maximum in July) and a secondary maximum occurs in peak winter, which is associated with the seasonality of catastrophic floods, where the multi-day events have a significant impact. In addition, an upward trend of the steady type was recorded in the studied period at the expense of the southwestern type.

Key words: heavy precipitation, Šumava Mts., orography, circulating situations, seasonality, precipitations totals

Obsah

Obsah.....	7
1. Úvod.....	9
2. Silné srážky	11
2.1 Příčiny silných srážek	11
2.1.1 Mechanismy vzniku silných srážek.....	11
2.2.1 Druhy oblaků spojené se silnými srážkami	13
2.2 Hodnocení silných srážek.....	15
2.2.1 Vymezení silných srážek.....	15
2.2.1 Trendy v silných srážkách	16
3. Silné srážky na Šumavě.....	18
3.1 Příčiny silných srážek	18
3.2 Sezonalita povětrnostních situací silných srážek.....	19
3.3 Trendy v silných srážkách	20
4. Fyzickogeografická charakteristika zájmového území	21
4.1 Geomorfologické uspořádání	22
4.2 Klima	24
4.3 Poměry ovlivňující odtok	28
4.3.1 Land use	28
4.3.1.1 Lesnictví a vegetační kryt	30
4.3.2 Půdní kryt	32
4.4 Hydrologický režim toků ve zvoleném profilu	34
5. Data a metody zpracování.....	36
5.1 Zdroje dat.....	36
5.2 Výběr srážkových událostí	36
5.3 Normalizace dat a shluková analýza srážkových událostí	37
5.4 Metody analýzy souboru srážkových událostí.....	38
5.4.1 Výpočet heterogenity srážek při jednotlivých událostech.....	38
5.4.2 Typizace povětrnostních situací při událostech.....	38
6. Analýza silných srážkových událostí ve zvoleném profilu	40
6.1 Typy srážek podle prostorového uspořádání	40
6.1.1 Rovnoměrný typ.....	40

6.1.2 Jihozápadní typ.....	41
6.1.3 Severovýchodní typ.....	42
6.2 Porovnání typů srážek z různých hledisek	43
6.2.1 Velikost srážek a jejich prostorová heterogenita.....	43
6.2.2 Vícedennost srážkových událostí.....	48
6.2.3 Sezonalita	48
6.2.4 Cirkulační podmínky	49
6.2.6 Meziroční variabilita a případné trendy.....	51
7. Diskuze.....	53
8. Závěr	56
Literatura	58
Internetové zdroje.....	62
Seznam obrázků.....	63
Seznam tabulek.....	63
Seznam příloh	63

1. Úvod

Silné srážky patří k přírodním rizikům s katastrofálními dopady na lidskou společnost. V jejich důsledku vznikají povodně, mohou vést k sesuvům půdy a bahenním tokům, které mají za následek materiální škody a úmrtí (Kyselý 2009). K rozsáhlejšímu zkoumání silných srážek ve střední Evropě došlo hlavně kvůli extrémním povodním v červenci 1997 a v srpnu 2002. Právě tyto dvě události se staly velmi rozebíranou kapitolou českých meteorologů. Následkem toho bylo napsáno mnoho studií týkajících se silných srážek z různých hledisek. Samostatné studie se ale zaměřují převážně na jedno hledisko.

Jedním z nejstudovanějších hledisek jsou cirkulační situace při silných srážkách v Česku, kterými se ve svých studiích zabývají Květoň a Žák (2018), Sandev (2017) nebo Kašpar a Müller (2010). Výsledkem je potvrzení výskytu nejsilnějších velkoplošných srážkových událostí spojenými s cyklonou v teplé části roku, která má zdroj vlhkosti i energie ve Středozezemním moři. V zimním období jsou konkrétně na Šumavě silné srážky vázány na západní vzdušné proudění (Květoň a Žák 2011; 2018). Dalším výrazným zkoumaným prvkem je vliv orografie, kdy se pozorují rozdíly mezi návětrnou a závětrnou stranou (Brádka 1970) nebo celková míra zintenzivnění silných srážek, která je u vrstevnatých srážek značná (Hostýnek 2014). Katastrofické následky spojené se silnými srážkami zároveň vyvolávají otázku, zda dochází k častějšímu výskytu silných srážek vedoucích k takovým rizikům. Dosavadní zkoumání trendů v Česku ale nepotvrzuje výrazný vzestupný trend silných srážek (Kyselý 2009).

Je zřejmé, že silné srážky se v Česku úzce pojí s fyzickogeografickým prostředím konkrétních oblastí. Jejich projevy jsou nejvíce vázány na orograficky výrazné celky jako jsou Krkonoše, Jizerské hory, Moravskoslezské Beskydy, Šumava apod. Hlavní motivací práce tak je zaměřit se na jedno pohoří a analyzovat jej z různých hledisek souvisejících se silnými srážkami v průběhu celého roku. Jako zájmové území je zvoleno pohoří Šumava, které je situováno na jihozápadní okraj Česka. Ke zvolení tohoto pohoří vedla i vnitřní motivace, jelikož sama pocházím ze Šumavského podhůří a tato oblast je mi tak velice blízká. Vybrány jsou stanice z české i německé strany tohoto pohoří, aby zde byl dobře pozorovatelný efekt návětrí a závětrí při výskytu silných srážek. Tato bakalářská práce tak předkládá snahu o provázání otázky návětrí/závětrí s dalšími hledisky jako např. sezónními rozdíly.

Cílem této práce je typizovat případy silných srážek na Šumavě s využitím shlukové analýzy K-means, a to z hlediska rozdělení denních srážkových úhrnů zaznamenanými napříč centrální částí tohoto pohoří v letech 1980–2014. Druhým navazujícím úkolem je následná analýza vymezených typů srážkových událostí z hlediska jejich sezonality, cirkulačních podmínek, zastoupení srážkových extrémů apod., včetně posouzení vzájemné závislosti uvedených charakteristik. Tomu předchází rešerše problematiky silných srážek obecně i konkrétně na Šumavě a bližší seznámení s fyzickogeografickými charakteristikami zájmového území.

2. Silné srážky

Tato kapitola bude obecně zaměřena na silné srážky. Nejprve budou představeny mechanismy vzniku silných srážek včetně typů oblaků, které jsou se silnými srážkami přímo spojeny. Další podkapitola se bude věnovat hodnotícím kritériím, jak oddělit silné srážky od srážek průměrných, jelikož silné srážky nejsou oficiálně definovány, a také tomu, jaké trendy jsou v silných srážkách v posledních letech.

2.1 Příčiny silných srážek

2.1.1 Mechanismy vzniku silných srážek

Vznik silných srážek je vázán na celou řadu faktorů, které jsou založeny na fyzice atmosférických procesů. Zpravidla se pak vážou na výstupné pohyby vzduchu, které mají různou rychlost a horizontální rozsah. Silné srážky tak vznikají buď v konvektivní, anebo ve vrstevnaté oblačnosti, kdy konvektivní oblačnost je vždy spojena s výstupnými pohyby působením vzlaku a vrstevnatá oblačnost může být takovými pohyby ovlivněna také (Řezáčová et al. 2007).

Samotný vývoj konvektivní oblačnosti je předurčen splněním několika podmínek. Mezi základní podmínky patří:

1. existence procesu, který vyvolá vznik výstupných konvektivních pohybů a je prvním impulsem pro jejich další vývoj
2. vertikální profil teploty a vlhkosti v troposféře podporující další zrychlení vzniklého výstupného proudu
3. dostatečně teplý a vlhký vzduch proudící vzhůru, aby zajistil přísun vody potřebné pro vývoj oblaku

Po splnění předchozích podmínek mohou nastat dva základní typy konvekce – konvekce termická a konvekce vynucená (Řezáčová et al. 2007).

Při termické konvekci se uplatňuje působení vzlaku (Archimédova síla) vzniklého následkem horizontálních teplotních nehomogenit, které jsou zpravidla způsobeny nerovnoměrným radiačním ohříváním zemského povrchu. Rozvoji konvektivní oblačnosti navíc napomáhá instabilní teplotní zvrstvení atmosféry (ČMeS 2020). V krajině navíc může být konvekce umocněna lidskou činností, díky které dochází k většímu přehřívání povrchů

(Vysoudil 2009). K vynucené konvekci může dojít různými způsoby. Počátečními impulzy k jejímu rozvoji tak jsou proudění vzduchu přes orografické překážky, výkluzné pohyby vzduchu v oblasti frontálního rozhraní, popř. prostorová proměnnost drsnosti povrchu (ČMeS 2020). Konvekce termická a vynucená se mohou uplatnit i souběžně. Příkladem je vynucený výstup při proudění přes hory spojený s vlivem prohřátých horských svahů (Řezáčová et al. 2007).

Vznik konvektivních oblaků je také vázán na konkrétní prostředí. Oblaky se tak vyvíjejí v prostředí, v němž vzduchová částice získává kladný vztlak a vzduch vystupuje s kladným vertikálním zrychlením. Pokud je takové prostředí podmíněno instabilním teplotním zvrstvením, vznikají druhy oblaků cumulus a cumulonimbus. Zaměříme-li se na podrobnější popis, pak konvektivní oblaky vznikají, když vlhký vzduch ve spodních hladinách začne vystupovat vzhůru a stává se lehčím než vzduch v okolí. U systémů oblačného měřítka je neudržitelný předpoklad hydrostatické rovnováhy, a proto zde dochází ke kompenzačním pohybům. Naopak zde není zachováno okamžité vyrovnávání tlaku vzduchu uvnitř vzduchové částice s tlakem vzduchu v jejím okolí (Řezáčová et al. 2007). Tím dochází ke zmíněné konvekci a tvorbě oblačnosti, přičemž při silné konvekci pak mohou vznikat i silné konvektivní bouře spojené s nebezpečnými meteorologickými jevy.

Nyní se více zaměříme na vynucenou konvekci, která většinou rozhoduje o projevech silných srážek na konkrétním území. Úhrny orograficky podmíněných srážek rostou téměř lineárně se zvyšující se nadmořskou výškou (Rulfová et al. 2019). Ovšem jsou i další faktory, které rozhodují o množství srážek na daném území při silných srážkových úhrnech. Mezi ty patří například topografické rysy jako expozice svahů (Konrad 1996; Prudhomme a Reed 1998; Weiss a Bois 2001), či jejich sklonitost (Prudhomme a Reed 1998; Weiss a Bois 2001). Významným faktorem je i kontinentalita klimatu, kdy s vyšší vzdáleností od oceánu množství srážek obecně klesá (Konrad 1996). Při orografické překážce je pak tento faktor v jejím závětří ještě umocněn. Zmíněné faktory ale mají rozdílné vlivy podle délky trvání srážek. Silnější úhrny srážek delšího trvání tak např. korelují s nadmořskou výškou, krátkodobé silné úhrny srážek se naopak vyskytují převážně v údolích (Weiss a Bois 2001). Samotné délky trvání silných srážek jsou pak vázány na konkrétní druhy oblaků, které jsou blíže popsány v podkapitole 2.1.2.

Zaměříme-li se na postup atmosférických front, tak celkově představují procesy mezosynoptických měřítek a utvářejí různé druhy oblačnosti závisující nejvíce na vlastnostech

daných front. Nejvíce však záleží na kvantitativních rozdílech mezi dvěma různými vzduchovými hmotami, a to především na rozdílech teplot – čím je tento rozdíl větší, tím jsou projevy výraznější (Dvořák 2007). Na rozhraní teplé a studené vzduchové hmoty navíc vznikají tlakové níže, když dochází k proudění teplého vzduchu do oblasti se vzduchem chladnějším, jelikož atmosféra má tendence tyto vzájemné rozdíly vyrovnávat. Při stálém přílivu teplého vzduchu do centra nízkého tlaku se tlaková níže dále prohlubuje, rozvíjí se rozsáhlé vrstevnaté oblačné systémy a v určitých místech může docházet k intenzivní srážkové činnosti trvalejšího charakteru. Naopak, když dochází k přechodu studené fronty, která postupuje rychleji a díky svým vlastnostem se podsouvá pod teplejší vzduchovou hmotu, vzniká v létě vertikálně mohutná konvektivní oblačnost (Dvořák 2007).

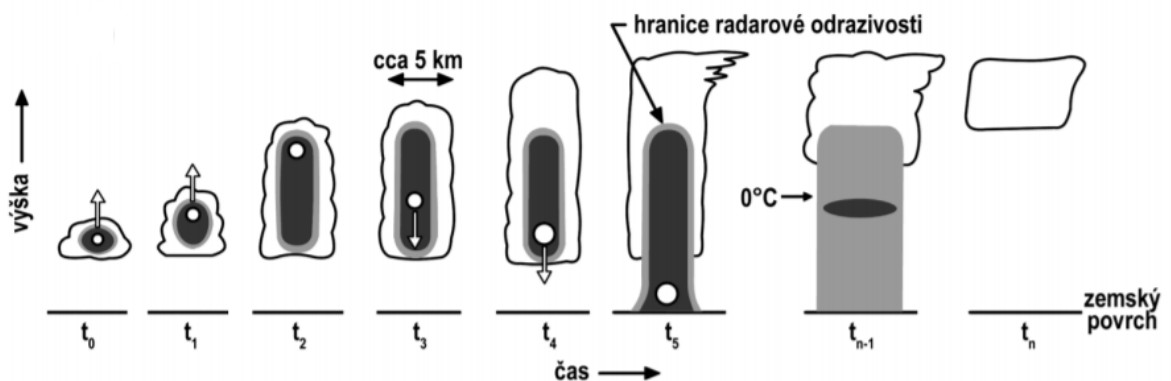
2.2.1 Druhy oblaků spojené se silnými srážkami

Na základě dvou typů oblačnosti – vrstevnaté a konvektivní – rozeznáváme i dva druhy srážkových oblaků s nimi spojených. Silné srážky při konvektivní oblačnosti jsou spojeny s oblaky druhu cumulonimbus (Cb) a při vrstevnaté oblačnosti s oblaky druhu nimbostratus (Ns). Zde si oba druhy specifikujeme blíže.

Nejprve si charakterizujeme konvektivní oblačnost, která se při projevech silných srážek pojí s oblaky Cb. Tento druh oblaků je považován za vertikálně nejmohutnější. Dosahovat může až do tropopauzy a celková výška oblaků může být až 15 km (ČMeS 2020). Jedná se o druh oblaku s výraznější vertikální složkou nad složkou horizontální. Srážky mívají obvykle krátkou dobu trvání a vysokou intenzitu (Řezáčová et al. 2007). Odborně takové srážky nazýváme jako přívalové deště, které mohou vyvolat prudké lokální přívalové povodně. Při srážkách navíc pozorujeme další potenciálně nebezpečné meteorologické jevy např. snížení dohlednosti, prudký nárazový vítr, rychlé ochlazení apod. (Dvořák 2007). Přesná lokalizovaná předpověď takových bouří přitom stále není možná, a i varování v časovém předstihu 1-2 hodiny, založené na tzv. nowcastingu, je obtížné. Samotné kumulonimby mohou mít dobu trvání od přibližně 45 minut až po několik hodin (Řezáčová et al. 2007)

Cb se ve středních zeměpisných šířkách vyvíjí hlavně v letní polovině roku, jelikož jeho vznik je většinou podmíněn silnými radiačními faktory, které způsobí teplotní instabilitu atmosféry, dále pak vznikají na studených frontách (ČMeS 2020). Vývoj srážek je zde založen na koalescenci oblačných kapiček a zachycování přechlazených kapiček ledovými krystaly. Větší částice tak rostou na úkor částic menších. Cb tak musí dosahovat do takových

vertikálních výšek, kde se vyvíjí a rostou ledové krystaly (Řezáčová et al. 2007). Vzduch uvnitř oblaku musí obsahovat značné množství kondenzované vody (Ludlam 1966) a zároveň musí obsahovat dostatečné množství kondenzačních jader, které tvoří základ ledových krystalů. Samotný růst srážkových částic probíhá ve výstupném proudu a musí začít již v blízkosti základny oblaku. Výstupná rychlost unášených částic ve výstupném proudu uvnitř oblaku je v průměru $10-20 \text{ m}\cdot\text{s}^{-1}$ (Řezáčová et al. 2007). Vývoj srážek v konvektivní oblačnosti je pak schematicky znázorněn na obr. 1. Oblaky se mohou vyskytovat i samostatně, většinou jsou ale součástí rozsáhlejšího oblačného pole, tzv. multicel (Dvořák 2007).

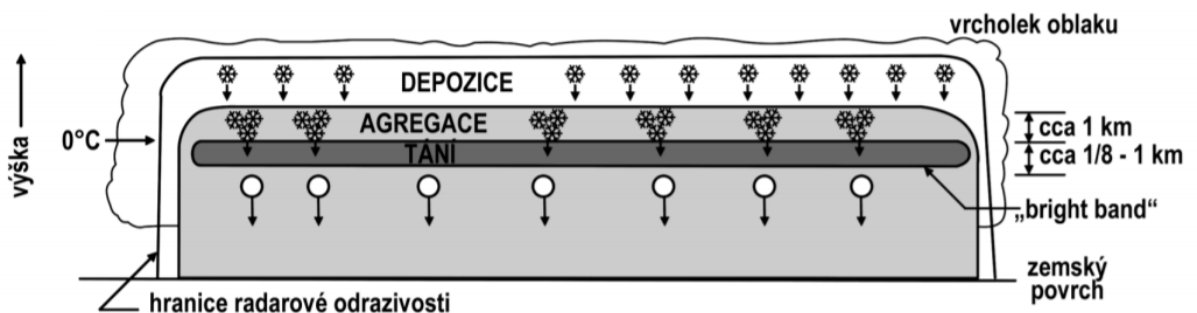


Obrázek 1: Schéma vývoje srážek z konvektivní oblačnosti; zdroj: Řezáčová et al. (2007)

Vrstevnatá oblačnost je při silných srážkách zpravidla spojena s oblaky druhu Ns. Stejně jako Cb se jedná o oblak zpravidla smíšený. Podobně jako Cb zasahuje do více oblačných pater a při výrazných atmosférických frontách může dosahovat výšek až 10 km (Dvořák 2007). Jedná se o horizontálně i vertikálně mohutný oblak, kdy horizontální složka zpravidla přesahuje složku vertikální. Srážky jsou pak ve formě trvalého deště nebo sněžení (Řezáčová et al. 2007). Trvalý déšť trvá většinou několik hodin, někdy až několik dní, kdy se mohou vyskytnout i krátké přestávky. Mívá větší plošný rozsah a nižší, ale stálou intenzitu. Nejčastěji vzniká na teplé frontě před její přízemní čarou, nebo v oblastech spojených s cyklonou (ČMeS 2020). Projevy srážek bývají daleko silnější a vydatnější na horách než nad rovinami (Dvořák 2007). Například s nimi byly spojené povodně v letech 1997 a 2002, největší povodně posledních let, které zasáhly podstatnou část střední Evropy (Řezáčová et al. 2007).

Ns se může vyskytovat ve středních zeměpisných šířkách i v tropech. Podle obr. 2 je patrné, že vývoj srážek je založen na depozici vodní páry a agregaci oblačných částic. Na rozdíl od konvektivních srážek je tak rychlost vývoje srážek výrazně nižší. Naopak je zapotřebí, aby

vertikální složka proudění vzduchu v oblaku byla dostatečně malá ve srovnání s pádovou rychlostí ledových krystalů a částic sněhu, které musí zvolna klesat. Výstupná rychlost ale musí být na druhou stranu dostatečně velká, aby zajistila potřebný tok vodní páry a udržela stav přesycení. Za běžných okolností tak celková rychlost nepřevyšuje několik desetín $\text{m}\cdot\text{s}^{-1}$ (Řezáčová et al. 2007). Důležitou roli ve vrstevnaté oblačnosti hrají samotné ledové částice. Jakmile se objeví první ledové krystaly, tak začínají růst zmíněnou depozicí vodní páry. Ledové částice se v oblacích nacházejí v horních hladinách a naprostá většina významných vrstevnatých srážek vypadává z nimbostratu, jehož vrcholek zasahuje nad izotermu $0\text{ }^\circ\text{C}$ (Řezáčová et al. 2007).



Obrázek 2: Schéma vývoje srážek z vrstevnaté oblačnosti; zdroj: Řezáčová et al. (2007)

2.2 Hodnocení silných srážek

2.2.1 Vymezení silných srážek

Po objasnění příčin je vhodné se zabývat způsobem, jak lze silné srážky oddělit od průměrných srážkových událostí. K tomuto hodnocení jsou ve většině případů používány různé percentilní indexy (Schär et al. 2016). Další možností je zvolit konkrétní fixní práh, ten se ovšem váže vždy ke konkrétnímu prostředí a nelze ho tak používat univerzálně. O’Gorman a Schneider (2009) ve své práci také odkazují na hodnocení silných srážek pomocí vysokého percentilu srážek denních. Schär et al. (2016) ovšem uvádí, že tímto způsobem se ale nevyhledávají vzácné srážkové extrémní, takové extrémní vyžadují již sofistikovanější statistické přístupy.

Při hodnocení silných srážek jsou percentilní indexy populární hlavně proto, že kombinují jednoduchost s flexibilitou. Jeden percentilní index je potom schopen posoudit změny v různých silných jevech v extrémně odlišných klimatických podmínkách (Schär et al. 2016), nemusí se dokonce jednat pouze o srážkové události. Schär et al. (2016) rozdělují percentily do tří skupin – percentily počítané ze všech dní, percentily počítané pouze ze dnů se srážkami a frekvenční indexy založené na percentilních prázích. Westra et al. (2014)

uvádějí, že v klimatologii se silné srážky obecně vztahují k událostem větším než nějaký extrémní práh, jako je 90., 95. nebo 99. percentil, obvykle odvozený pomocí denních srážkových úhrnů.

Percentily počítané ze všech dní jsou vyjádřeny ke všem datům, tj. ke dnům, kdy byly i nebyly zaznamenány srážky (Schär et al. 2016). Tento typ používá ve své práci třeba O’Gorman a Schneider (2009), kteří uvádí, že při zvolení 99,9. percentilu suché dny kvalitativně nemění výsledky. Percentily počítané pouze ze dnů se srážkami se počítají pouze pro podskupinu dní s nenulovými srážkami. Typicky bývá za den se srážkami označován den s úhrny alespoň 1 mm/den. Tyto prahy jsou ovšem důsledkem pozorovacích omezení (Schär et al. 2016). S metodou indexů pouze srážkových dní počítají ve své studii třeba Boroneant et al. (2006), kteří pracují s 90. percentilem pro každou sezónu. Poslední skupina založená na percentilních prazích frekvenčních indexů cílí analýzu na frekvenci, s jakou jsou tyto prahové hodnoty překročeny (Schär et al. 2016). World Meteorological Organization (WMO) (2009) podporuje poslední zmíněný typ a uvádí jej za jeden z klíčových přístupů pro hodnocení silných srážek v praxi. Percentily s prahovými hodnotami uvádí jako vhodné k posouzení mírných extrémů, které se mohou vyskytovat i několikrát ročně. Prahové hodnoty jsou podle WMO (2009) počítány ze všech dnů se srážkami v určitém období. Zároveň objasňuje důvod pro výběr percentilních prahů spíše než pevných prahů, a to takový, že počet dní překračujících práh percentilu je rovnoměrněji rozložen v prostoru a má smysl v každém regionu. Na principu tohoto typu indexu zkoumají například Karl a Knight (1998) trendy srážek ve Spojených státech, při nichž se zaměřují právě na frekvenci ročních úhrnů srážek na základě různých prahových hodnot. Jako silné srážky hodnotí ty srážky, které přesáhly horních 10 %, tedy je zde vyšší než 90. percentil. Mnoho studií uplatňuje i kombinaci různých percentilních indexů (Schär et al. 2016).

2.2.1 Trendy v silných srážkách

Zaměříme-li se na četnost a intenzitu silných srážek ve středních zeměpisných šířkách, pak lze pozorovat rostoucí trend. Trendy, rostoucí i klesající, jsou v posledních letech zaznamenávány u celé řady meteorologických prvků a přisuzují se nejčastěji změně klimatu. V důsledku této změny jsou prováděny mnohé výzkumy týkající se právě trendů jednotlivých meteorologických prvků.

Schär et al. (2016) píše, že v mnohých oblastech středních zeměpisných šířek se předpokládá, že budou silné srážky do konce století častější a intenzivnější než doposud. Hennessy et al. (1997) uvádějí ve svém modelu, že pravděpodobnost silných denních srážek se na mnoha místech zvyšuje i o více než 50 %, v průměru je to v mírných zeměpisných šířkách o 10 až 25 %. Dále O’Gorman a Schneider (2009) potvrzují, že extrémní srážky rostou téměř po celém světě. V některých regionech se dokonce zvyšuje pravděpodobnost výskytu silných srážek i přes pokles celkových srážek (Voss et al. 2002). Celkově tedy jsou ve velkých oblastech středních zeměpisných šířek hlášeny tendence ke zvýšení četnosti a závažnosti silných úhrnů srážek za 24 hodin (Kyselý 2009). Tento nárůst můžeme vysvětlit fyzikálně. Globální oteplování v důsledku zvyšujících se koncentrací atmosférických skleníkových plynů bude mít totiž pravděpodobně dopad na globální hydrologický cyklus (Voss et al. 2002). Hydrologický cyklus by se tak měl podle hypotéz zintenzivňovat a měnit (Kyselý 2009). Ross a Elliott (2001) ve své studii uvádí, že již od 70. let dochází ke zvyšování množství vodní páry v atmosféře. Zvyšování absolutní vlhkosti je umožněno díky zvyšující se teplotě vzduchu a odpařování na základě radičního záření. To vede ke zvýšení závažnosti dopadů spojenými s konvektivními oblaky. Changnon (2001) pak potvrzuje zvýšení intenzity bouřek i intenzity srážek.

3. Silné srážky na Šumavě

Šumava se svým nejvyšším vrcholem Velký Javor s nadmořskou výškou 1456 m n. m. na německé straně a nejvyšším českým vrcholem Plechý, 1378 m n. m., představuje významnou orografickou překážku pro vzdušné proudění a s ním spojenými úhrny srážek. Má tedy smysl se zabývat silnými srážkami v této lokalitě.

3.1 Příčiny silných srážek

Silné srážky vypadávají ve dvou podobách jako konvektivní a vrstevnaté srážky (popř. v jejich kombinaci), viz kapitolu 2.1. Samotné množství srážek závisí na mnoha faktorech; velkou roli hraje poloha středu cyklony a tlakový gradient (Sandevev 2017). Maximální denní úhrny srážek jsou pro celé území Česka, a tedy i Šumavy, spojeny s postupem teplotně asymetrických cyklon z oblasti Středozemního moře (Brázdil 2005, Sandev 2017). Je ovšem rozdíl, zda se nacházíme na přední nebo na zadní straně cyklony. Přední strana cyklony bývá spojena s konvektivními srážkami, naopak na zadní straně cyklony dochází k vývoji vrstevnaté oblačnosti, na kterou mohou být navázány vysoké úhrny srážek. Tyto vrstevnaté srážky mají na svědomí všechny velké povodňové situace (Sandevev 2017). Nejvyšší denní úhrny jsou pak zpravidla spojeny s cyklonami, které mají pomalý a často až retrográdní postup (Brázdil 2005; Květoň a Žák 2018).

Nejsilnější vrstevnaté srážky jsou v Česku vždy spojeny s horskými oblastmi (Tolasz 2007; Štěkl et al. 2001). Pohoří jsou významnou překážkou, přes kterou přechází vlhký vzduch, a to především na jejich návětrných stranách (Sandevev 2017). Při extrémních srážkových událostech, spojenými s povodněmi v letech 2002 a 2013, byl pak potvrzen přímý vliv orografie na zintenzivnění srážek na návětrní a hřebenových partiích celé české části Šumavy (Hostýnek 2014).

Výskyt konvektivních bouří je v celém Česku celkem nahodilý (Brázdil 2005). Silné konvektivní bouře dosahují větší srážkové vydatnosti v údolích z důvodu možného většího vertikálního růstu a podmíněny jsou silnou vzdušnou konvekcí. Na Šumavě jsou tak nejsilnější srážkové úhrny z konvektivní oblačnosti zaznamenávány na níže položených stanicích, tedy v Šumavském podhůří (Rulfová et al. 2019).

3.2 Sezonalita povětrnostních situací silných srážek

Úhrny silných srážek na Šumavě můžeme rozdělit na období teplého a chladného půlroku. Příímý vliv na sezonalitu silných srážek má konvekce, která je výrazně zesílená v letních měsících. V létě se tak k vrstevnatým srážkám, které se vyskytují po celý rok, přidávají ještě srážky konvektivní (Rulfová et al. 2019) a zvyšují pravděpodobnost vzniku silných srážkových událostí. Období jsou často navíc charakterizována typickými cirkulačními typy, které v dané části roku podmiňují vznik silných srážek. Cirkulační podmínky jsou totiž typicky vázány pouze na určitou část roku.

V teplém půlroce jsou silné úhrny srážek na Šumavě vázané často na severovýchodní až severní proudění. Vyskytují se tak cirkulační situace typu C, SEc, Ec, Bp a B (viz tab. 1), kdy se jedná o cyklonální situace (Květoň a Žák 2018; Vlasák 2008) vázané většinou na letní měsíce (ČHMÚ 2020). Zajímavé zde ovšem je, že poměrně vysoké úhrny srážek mohou být vázány i na západní anticyklonální situaci letního typu (Wal) (Křivancová a Vavruška 1997; Květoň a Žák 2018), vyskytující se v období květen-září (ČHMÚ 2020).

Tabulka 1: Vysvětlení zkratk cirkulačních situací; zdroj: chmi.cz

Zkratka	Název
Wc	západní cyklonální situace
Nc	severní cyklonální situace
NWc	severozápadní cyklonální situace
SWc1	jihozápadní cyklonální situace
SWc2	jihozápadní cyklonální situace
C	cyklona nad střední Evropou
Ec	východní cyklonální situace
SEc	jihovýchodní cyklonální situace
Bp	brázda postupující přes střední Evropu
B	brázda nízkého tlaku nad střední Evropou
Wal	západní anticyklonální situace letního typu

Ve chladném půlroce (říjen-březen) padají srážky obzvláště ve vrcholových oblastech Šumavy v pevném skupenství. Mimo toto období se sněžení vyskytuje jen zřídka a zpravidla není dostatečně silné (Květoň a Žák 2011). Silné sněžení je opět často vázáno na konkrétní typy cirkulačních podmínek, které jsou většinou provázeny západním prouděním působící nejvíce v zimních měsících. Květoň a Žák (2011) ve své studii uvádějí, že nejvíce sněhových kalamit je na Šumavě vázáno na situace Wc, Nc, C, případně SWc2, B a SWc1. Novější studie Květoně a Žáka (2018) ukazuje, že vydatné sněžení se v posledních letech častěji pojí

k situacím C, následně B, Nc, NWc a Ec. Vždy se jedná pouze o cyklonální cirkulace. Při anticyklonálních situacích může také docházet ke sněžení, avšak úhrny srážek jsou celkem zanedbatelné. Na přechodná období jara a podzimu se příliš neváží povětrnostní situace vedoucí k silným srážkám. Toto období je tak na silné srážky poměrně chudé.

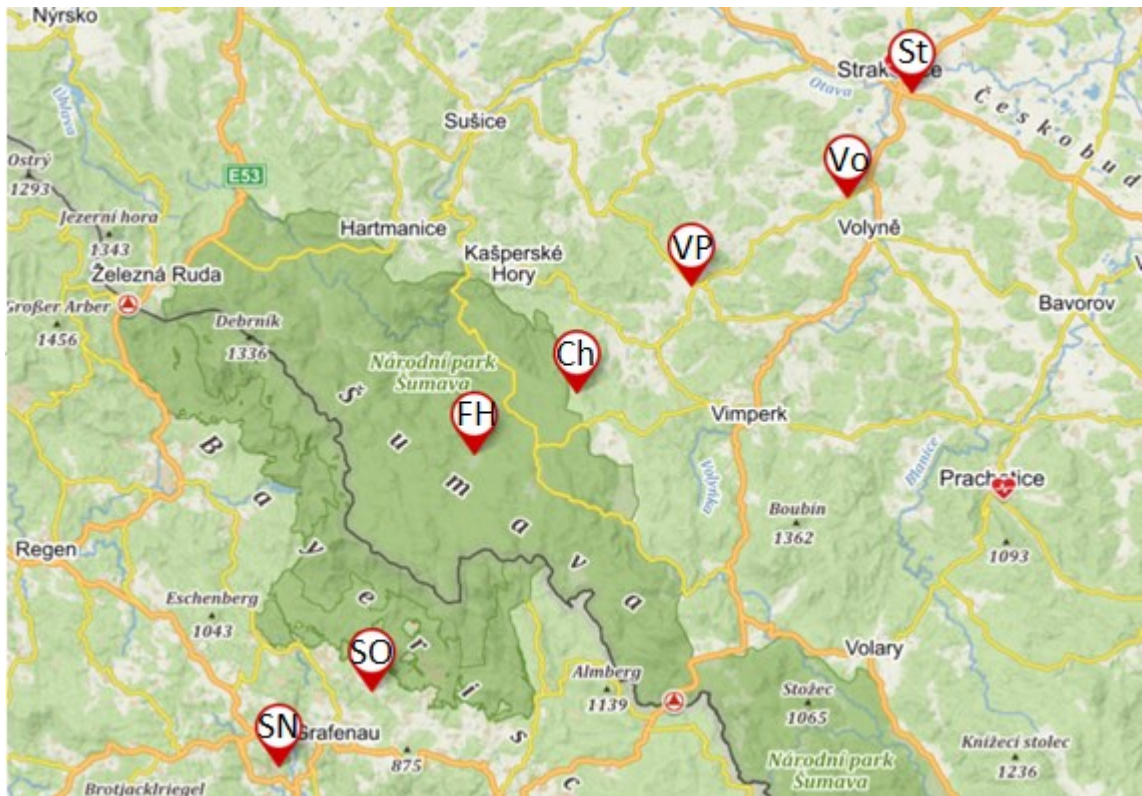
3.3 Trendy v silných srážkách

V Česku lze pozorovat určité trendy v silných srážkách v průběhu roku. Kyselý (2009) vypracoval celou studii týkající se těchto trendů. Čistě rostoucí trend z hledisek indexu intenzity deště, denního indexu intenzity atd., je nad západním Českem zaznamenán pouze v zimním období, převážně pak v horských oblastech v povodí Vltavy, tedy na Šumavě. Spíše rostoucí je ještě v letním období. V jarních měsících je pak značně klesající (Kyselý 2009), což může přispívat ke zvyšujícímu se suchu v posledních letech (Rulfová et al. 2019). Na podzim se v posledních letech objevuje mírný trend zvyšujících se silných konvektivních srážek (Rulfová et al. 2019).

4. Fyzickogeografická charakteristika zájmového území

V této kapitole budou popsány fyzickogeografické charakteristiky, které mají přímý vliv na vznik silných srážek anebo při působení těchto srážek mohou mít výrazný vliv na následky s nimi spojené. Zde se jedná o případné povodně na místních vodních tocích. Budeme se tedy postupně věnovat geomorfologii a reliéfu, klimatu Šumavy i vybraných stanic, poměrům ovlivňující odtok a také hydrologickými režimy řek.

V následujícím textu bude konkrétněji popsána lokalizace zájmových meteorologických stanic. Stanice byly zvoleny tak, aby byl z velké části zachován charakter přímého příčného profilu a zároveň bylo zohledněno zastoupení stanic na závětrné i návětrné straně Šumavy s ohledem na převládající západní proudění. Dvě stanice se tedy nacházejí na německé straně Šumavy, nazývané Bavorský les, kdy se jedná o stranu návětrnou při převažujícím západním prouděním. Stanice Schönberg/Niederbayern je situována na západní okraj pohoří. Druhý okraj území (východní okraj) ohraničuje stanice Strakonice. Tato stanice byla do zájmového území přiřazena, aby byla lépe pozorovatelná vzdušná cirkulace působící od východu. Zbýlých pět stanic je vybráno s ohledem na pozorování různých cirkulačních podmínek a s nimi spojenými denními srážkami v konkrétních částech pohoří v závislosti na příčném profilu Šumavy. Celkem se jedná o sedm stanic (obr. 3). Stanice jsou označovány číselně 1–7 a jsou seřazeny od jihozápadu k severovýchodu. Popořadě jsou to stanice Schönberg/Niederbayern (SN), Sankt Oswald-Riedlhütte (SO), Filipova Huť (FH), Churáňov (Ch), Vacov-Peckov (VP), Volyně (Vo), Strakonice (St). Krajní stanice jsou od sebe vzdáleny necelých 65 km.



Obrázek 3: Stanice v zájmovém území; zdroj: mapy.cz (upraveno)

4.1 Geomorfologické uspořádání

Geomorfologické uspořádání je jedním z nejdůležitějších faktorů, který ovlivňuje klima a formuje hydrologické poměry určité lokality. Podíváme-li se na jednotlivé stanice a jejich umístění, zjistíme, že se mezi sebou geomorfologicky liší, a tak si je podrobněji z tohoto pohledu charakterizujeme.

Stanice se nacházejí v oblasti České vysočiny, která je prostoupena masívy hlubinných vyvřelých hornin, a proto je nazývána morfostrukturně Českým masivem (Demek et al. 2014). Česká vysočina vznikla v době hercynského vrásnění v karbonu (prvohory) a byla dotvarována v třetihorách do tvaru kotliny s okrajovými pohořími (Demek et al. 2014). Téměř celá zájmová oblast leží v podsoustavě zvané Šumavská hornatina, kterou tvoří dvě základní geologické jednotky – moldanubikum a moldanubický pluton (Albrecht et al. 2003; Demek et al. 2014). Z geologického hlediska Šumava leží převážně na podkladu tvořeném rulami, žulami, granulity, svory a v menší míře i granitovými masivy (Albrecht et al. 2003; Bystřický et al. 2017; Demek et al. 2014; Fischer et al. 2002). Tento druh masivu se nachází třeba v okolí řeky Vydry (Albrecht et al. 2003). Z geomorfologického hlediska je i Bavorský les součástí Českého masivu

(Raab a Völkel 2003) a z pohledu geologického se skládá převážně z prekambriické ruly (Raab a Völkel 2003; Fischer et al. 2002).

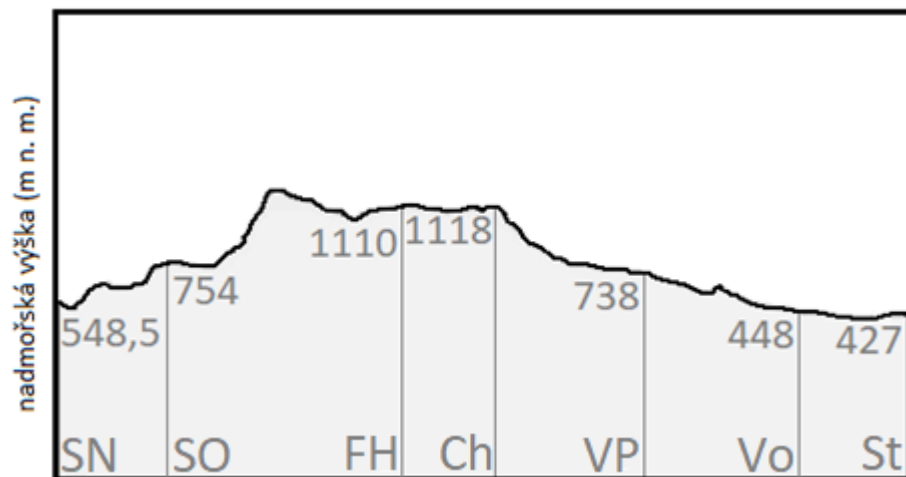
Povrchové tvary Šumavy se dále dynamicky formovaly v době alpinského vrásnění ve třetihorách a poté ve čtvrtohorách, kdy se střídaly doby ledové s meziledovými (Albrecht et al. 2003). Do oblasti nezasahoval pevninský ledovec, ale máme jednoznačné doklady o pleistocenním horském zalednění na Šumavě, které zde vznikalo díky vhodným klimatickým a geomorfologickým poměrům (Czudek 2005). Díky horskému ledovci zde vznikaly kary, ze kterých následně vzniklo celkem osm šumavských ledovcových jezer na české i německé straně (Demek et al. 2014). Mezi česká šumavská ledovcová jezera patří Černé jezero, které je zároveň největším jezerem na českém území, dále pak Čertovo j., Prášílské j., Plešné j. a jezero Laka. Hladiny těchto jezer leží v relativně vysokých polohách mezi 900-1100 m n. m. (Šobr 2007). Karové stěny, které tvoří stěny jezer, potom patří mezi nejstrmější svahy Šumavy. Pod vlivem mrazového zvětrávání se poté vytvořily i četné výrazné geomorfologické útvary jako jsou mrazové sruby, skalní hradby, balvanovité sutě, rozložené po svazích, a kamenná moře. Za zmínku stojí i mělké terénní sníženiny na Šumavských pláních (Albrecht et al. 2003), které jsou významné z meteorologického hlediska (viz kapitolu 4.2).

Většina území náleží do geomorfologického celku Šumava a Šumavské podhůří (NP Šumava 2020b). Demek et al. (2014) člení georeliéf do pěti typů. V těchto celcích jsou zastoupeny většinou dva typy – hornatiny a vrchoviny. Šumava je navíc tvořena megaantiklinálními hřbety, oddělenými megasynklinálními sníženinami (Demek et al. 2014).

Nyní se zaměříme na geomorfologické členění a charakteristiku stanic v Česku. Stanice Filipova Huť a Churáňov jsou umístěny v celku Šumava a podcelku Šumavské pláně, kdy se jedná o plochou hornatinu se střední nadmořskou výškou 979,8 m n. m. (Demek et al. 2014), jedná se o vysoko položenou holorovinu se zvětralinovým pláštěm a početnými rašeliništi vrchovištního typu (Albrecht et al. 2003). Lokality stanic Vacov-Peckov a Volyně již spadají do Šumavského podhůří, kdy se jedná o severovýchodní okraj Šumavské hornatiny, jejíž základním charakteristickým prvkem je příkrost svahů se střední hodnotou $6^{\circ}42'$. Z pohledu podcelků pak leží ve Vimperské a Bavorské vrchovině (Demek et al. 2014). Specifikem okolí řeky Volyňky jsou navíc terciérní pedimenty na žulách a rulách (Czudek 2005; Demek et al. 2014). Vyskytují se zde i kaňonovitá údolí, kdy jejich denudační svahy jsou často strmější než 20° (Albrecht et al. 2003). Nejnižší položenou stanicí je stanice ve Strakonících s nadmořskou

výškou 427 m n. m. Lokalita této stanice se jako jediná řadí do sníženin a leží na přelomu celků Šumavské podhůří a Českobudějovické pánve v podcelku Putimská pánev (Demek et al. 2014).

Z příčného profilu (obr. 4) lze pozorovat značnou souměrnost rozmístění stanic na návětrné i závětrné straně Šumavy. Stanice Filipova Huť a Churáňov jsou v nejvyšších nadmořských výškách. Je zde ale patrné, že se nacházejí za hřebenem (v závětrné straně pohoří při převažujícím západním proudění). V závětrné části se nacházejí všechny české stanice. Stanice Sankt Oswald-Riedlhütte a Vacov-Peckov se nacházejí v podobné nadmořské výšce, a tedy lze pozorovat rozdíly na stanicích bez ohledu na nadmořskou výšku. Je také patrné, že sklonitost je v Bavorském lese ještě výraznější než v Česku. Převýšení pak mezi vrcholovým pohořím a blízkými údolními může být až 900 m (Fischer et al. 2002).



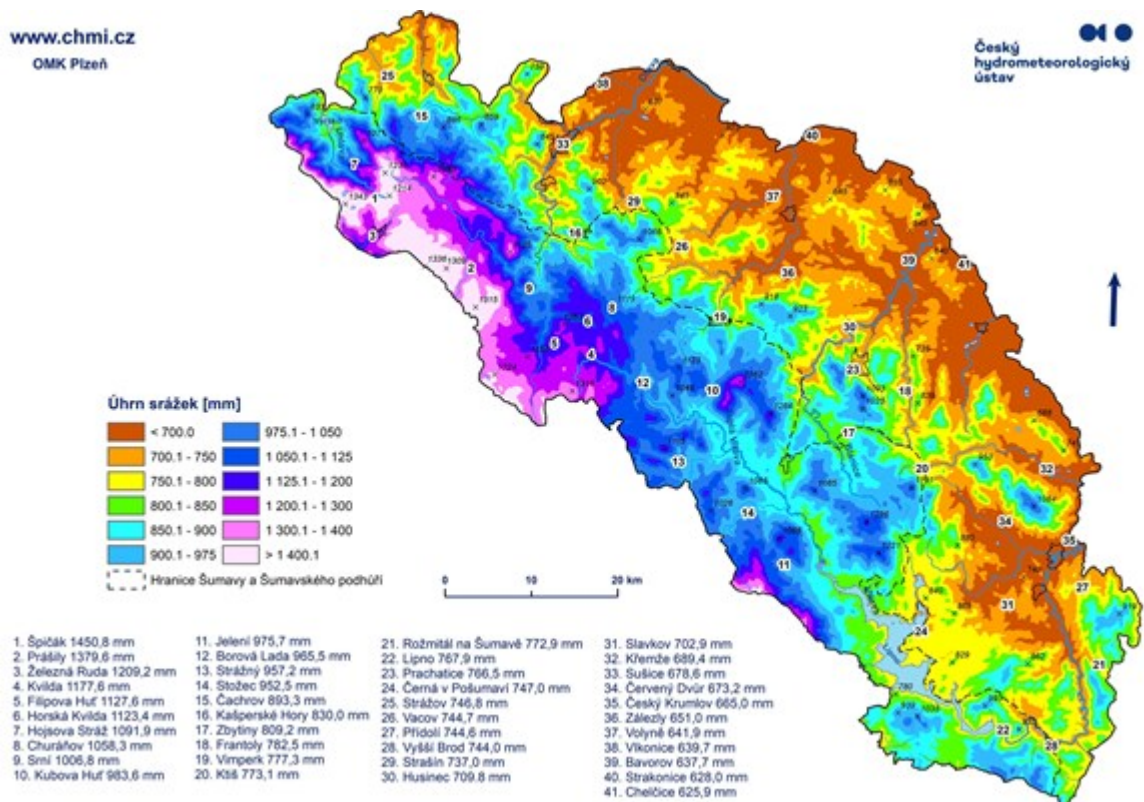
Obrázek 4: Příčný profil zájmového území; zdroj: mapy.cz (upraveno)

4.2 Klima

Z klimatologického a meteorologického hlediska je Šumava velmi významnou lokalitou. My se zaměříme na dva základní meteorologické prvky, kterými jsou úhrn srážek a teplota vzduchu. Tyto prvky výrazně formulují specifičnost místní krajiny.

V zájmovém území, stejně jako v celé oblasti Česka, je nejpodstatnějším faktorem ovlivňujícím velikost denních srážkových úhrnů nadmořská výška a závětrný či návětrný efekt při převažujícím západním prouděním. Nejvyšší průměrné roční úhrny srážek na české, tedy závětrné straně Šumavy jsou zaznamenávány na hraničním hřebeni (Starostová 2012). Závětrná strana je obecně chudší na srážkové úhrny. Celkově ale pohraniční pohoří v Česku mají nejvyšší roční úhrny srážek (Tolasz 2007). Se vzdáleností od hraničního hřebene do vnitrozemní oblasti srážek velmi rychle ubývá a závislost na nadmořské výšce je zde značně

potlačena (Starostová 2012; Albrecht et al. 2003). Oblast s nejvyššími úhrny srážek je v okolí Modravy, kde mohou srážky vykazovat hodnoty kolem 1500 mm/rok (Albrecht et al. 2003). Nejvyšší průměrné roční úhrny srážek pak zaznamenává stanice na Březníku (Starostová 2012). Srážkoměrná stanice zde byla zřízena již v roce 1879, měření pak trvala téměř bez přerušení až do roku 1948 (Procházka 2019). Poté došlo k přesunutí srážkoměrné stanice o 1,8 km blíže k hraničnímu hřebeni a hodnoty ročních úhrnů srážek se tím ještě zvýšily. Roční úhrny srážek tady již několikrát přesáhly hranici 2000 mm (Starostová 2012). Zatímco celkově v Česku jsou průměrné roční úhrny srážek přibližně 670 mm, na Šumavě je tato hodnota překonána prakticky na všech stanicích s výjimkou východního okraje Šumavského podhůří, viz obr. 5.



Obrázek 5: Průměrné roční úhrny srážek na Šumavě v období let 2000-2019; zdroj: Za krásnější Vimperk (2020)

Na německé (návětrné) straně poté srážky dosahují ještě vyšších hodnot. Již v bavorských studiích z počátku 20. století se uvádějí v oblasti Velkého Roklanu (druhý nejvyšší bod Šumavy – 1452 m n. m.) průměrné úhrny srážek okolo 2000 mm/rok (Procházka 2019). V celém Bavorském lese se potom průměry ročních srážek pohybují v rozmezí 1200–2000 mm (Printzen et al. 2002), což je vyšší hodnota, než vykazuje většina českých stanic s výjimkou hraničních oblastí. Fischer et al. (2002) uvádějí úhrny srážek v NP Bavorský les o trochu nižší, a to v rozmezí 1100–1500 mm/rok.

Zaměříme-li se na oblasti vybraných stanic, tak můžeme pozorovat návětrný nebo závětrný efekt. Stanice Filipova Huť je z vybraných stanic nejbližší pohraničnímu pásmu, a tak vykazuje i nejvyšší roční úhrny srážek. Průměrně zde roční úhrny srážek dosahují hodnot více než 1200 mm (Starostová 2012). Okolí stanice Churáňov ještě přesahuje hranici 1000 mm/rok, kolem stanice Vacov-Peckov, vzdálené od Churáňova přibližně 10 km, dosahují srážky v průměru už jen k 600–700 mm/rok. Oblast Volyně má roční úhrny okolo 560–600 mm/rok a nejnižší úhrny má Strakonická kotlina, kde spadne už jen přibližně 550 mm/rok (Albrecht et al. 2003). Král (1999) uvádí, že ve střední Evropě je úhrn srážek v mezihorských kotlinách vůbec nejnižší. Toto potvrzuje i Tolasz (2007), který závětrnou část českých pohoří označuje za jednu ze dvou výrazně sušších oblastí v rámci Česka spolu s oblastí jižní Moravy. Německé stanice pak v závislosti na jejich lokalizaci mimo vrcholové části Bavorského lesa dosahují spodní hranice průměrných ročních srážek pro Bavorský les. Tuto hranici určují Printzen et al. (2002) a Fischer et al. (2002) okolo 1100–1200 mm/rok.

Na základě tab. 2 lze s menší odchylkou potvrdit poznatky z literatury. Zároveň je zde dobře pozorovatelný návětrný a závětrný efekt, kdy stanice Sankt Oswald-Riedhütte a Vacov-Peckov leží přibližně ve stejné nadmořské výšce, přesto je rozdíl ročních úhrnů vyšší než 400 mm/rok. Je tedy jasně patrné, že vyšší vliv má expozice svahu vzhledem k převládajícímu proudění před orografickým efektem. Jediné období, kdy se závětrná strana srážkově přibližuje ke straně návětrné, jsou letní měsíce. V letním období srážky z velké části vznikají na základě konvektivních bouří. Konvektivní bouře jsou také obecně silnější v nižších nadmořských výškách, protože zde mohou dosáhnout vyšší vertikální mohutnosti. Potvrzuje to Tolasz (2007), když píše, že v létě výrazná část srážek přechází ze Šumavy do jižních částí Čech, naproti tomu v zimě a na jaře jsou srážky výrazně ovlivněny orografií. Z hlediska ročního rozvržení srážek pak v zimním období (říjen-březen) množství srážek v Šumavském podhůří představuje pouze 20 % z celkových ročních úhrnů, ve vyšších nadmořských výškách je to až 40 %. V tomto období jsou srážky převážně sněhové a souvislá sněhová pokrývka zde může přetrvat až 150 dní (Albrecht et al. 2003).

Tabulka 2: Průměrné měsíční a roční úhrny srážek na zvolených stanicích v období 1980-2014; zdroj dat: chmi.cz

	Schönberg/ Niederbayern	Sankt Oswald- Riedlhütte	Filipova Huť	Churáňov	Vacov- Peckov	Volyně	Strakonice
leden	109,1	110,3	111,4	90,7	41,4	30,5	30,6
únor	83,3	87,5	87,2	74,9	33,5	26,3	25,2
březen	86,0	91,5	97,1	91,7	49,5	43,5	38,7
duben	56,3	55,0	71,9	73,4	44,7	39,2	38,8
květen	85,2	87,5	98,2	96,8	75,8	67,8	68,6
červen	99,4	113,5	120,1	113,3	95,4	89,4	80,7
červenec	118,5	118,4	142,4	133,2	97,7	90,7	91,7
srpen	99,3	115,0	116,8	115,6	95,5	86,2	78,7
září	77,0	89,6	90,3	79,3	55,5	49,1	46,0
říjen	73,2	79,1	84,7	73,5	47,8	42,3	39,9
listopad	78,1	83,9	87,2	73,7	44,4	35,6	36,1
prosinec	114,3	115,9	118,9	97,1	43,8	33,5	31,8
roční	1079,8	1147,2	1226,2	1113,1	724,9	634,1	606,6

Celkový úhrn srážek může být často podhodnocen, což může být způsobeno náhodnou chybou související s činností pozorovatele, ale i systematickými chybami, které plynou z konstrukce a způsobu měření staničních srážkoměrů. Je tedy nutné chápat kvantitativní údaje týkající se srážek na území Česka jako podhodnocené odhady jejich skutečného množství (Tolasz 2007).

Pokud se zaměříme na teplotu vzduchu v zájmovém území, pak podle Köppenovy klasifikace prostupují Šumavu a Šumavské podhůří hned tři klimatické oblasti: jedná se o oblasti Cfb (podtyp podnebí listnatých lesů mírného pásma), Dfb a Dfc (boreální klima). V typech C i D průměrná teplota nejteplejšího měsíce převyšuje 10 °C, liší se tak v průměrné teplotě nejchladnějšího měsíce, kdy u boreálního pásma teplota klesá pod -3 °C. Na základě Quittovy klasifikace jsou to pak chladné až mírně teplé oblasti (Tolasz 2007).

V oblasti Šumavských plání jsou ovšem velmi často naměřeny nejnižší teploty v rámci celého Česka. Jedná se o mrazové kotliny, což jsou mělké sníženiny, které mají studený a inverzní charakter (Křivancová 1991). Nízké teploty způsobuje vysoká nadmořská výška a zároveň zatékání a shromažďování studeného vzduchu ve zmíněných depresích. Intenzita mrazu je zvyšována v zimních měsících navíc sněhovou pokrývkou, která zvyšuje albedo a povrch se tím ohřívá ještě méně, dále pak brání tepelnému toku z půdy. Teplotní rozdíly jsou nejvíce patrné ve dnech, kdy je teplota vzduchu ovlivňována zejména radiačními činiteli.

Časté jsou pak poklesy teplot pod 0 °C i v letních měsících (Křivancová 1991). Nejchladnějšími stanicemi jsou stanice Perla v blízkosti Jezerní slati a Rokytská slať, z nichž lehce mrazivější bývá stanice Perla (Vojvodík et al. 2019). Z hlediska absolutních měsíčních minim tyto dvě stanice zaznamenaly 7 z 12 minim v rámci Česka, a to převážně právě v letních měsících (ČHMÚ 2020).

Zajímavé je se podívat i na průměrná minima teploty vzduchu při silné inverzi, která se v této oblasti nachází poměrně často v zimním půlroce. Při takové inverzi je průměrné teplotní minimum Churáňova vyšší než v oblasti Strakonice, přičemž je zde výškový rozdíl téměř 700 m (Křivancová 1991).

4.3 Poměry ovlivňující odtok

Již Horton (1932) uvedl, že odtok je převážně modifikován vegetačním krytem, sklonitostními poměry, charakteristikami půd a hornin, na které srážky dopadnou a klimaticko-hydrologickými faktory. Jelikož se jedná o oblast převážně hornatin a vrchovin, jak již bylo zmíněno v kapitole 3.1, je zde sklonitost významným faktorem, který zvyšuje rychlý odtok srážek. Zároveň člověk dokáže výrazně měnit ráz krajiny, a to především právě vegetační kryt a vlastnosti půdy, a proto zde bude diskutován i vliv antropogenní činnosti.

Od roku 1978 je téměř celé území národního parku (NP) a chráněné krajinné oblasti (CHKO) Šumava zároveň vyhlášeno Chráněnou oblastí přirozené akumulace vod. Tato oblast zahrnuje především rozsáhlé rašeliništní komplexy vrchovištního typu, které ovlivňují příznivě akumulaci vod a regulaci jejich odtoku, kterým se věnujeme dál v textu. Na území se nachází i velké množství rašelinných jezírek, která mají také svou retenční úlohu z hlediska odtoku (Albrecht et al. 2003).

4.3.1 Land use

Budeme-li se soustředit na faktory ovlivňující odtok v zájmovém území, pak se jedná o rozsah zemědělského půdního fondu (ZPF), zejména orné půdy a drnového fondu, lesní porosty (viz kapitolu 4.3.1.1) a plochy zastavěné, které představují nejdynamičtější se rozvíjející kategorii (Bičík a Kupková 2004).

Tendence změn využití ploch začínají v celé Evropě od konce 18. století s průmyslovou revolucí a s tím spojenými procesy industrializace, změnami v zemědělství, dopravě atd. (Bičík

a Kupková 2004). V Českých zemích vyvolaly tyto procesy zásadní změny ve využívání krajiny zhruba v druhé čtvrtině 19. století a vedly k poklesu využívané zemědělské a orné půdy v oblastech, které neposkytovaly alespoň minimální zisk s ohledem na diferenciální rentu. Stejný pokles zemědělské a orné půdy zaznamenalo i sousední Německo (Bičík a Kupková 2004).

Zemědělství na Šumavě bylo až do konce 19. století spíše jen doplňkovou činností. Poté došlo k úpadku těžby dřeva a zemědělství se tak stalo hlavním zdrojem obživy. Tento stav trval až do druhé světové války, kdy došlo k opětovnému útlumu, a to kvůli odsunu německy mluvícího obyvatelstva (Albrecht et al. 2003). Od roku 1948 byla v ČSSR centrálně řízená politika, která usilovala o maximalizaci využití zemědělské půdy bez ohledu na přírodní podmínky, umožněné díky dotacím socialistickým podnikům v horších přírodních podmínkách (Bičík a Kupková 2004). Z klimatického hlediska totiž časté teplotní inverze spolu se zamokřenými půdami představují nepříznivé růstové podmínky i v údolích, především na německé straně Šumavy (Printzen et al. 2002). Špatné podmínky se tak projeví v intenzitě a struktuře zemědělského hospodaření, v neefektivnosti vynakládaných prostředků i ve stále rostoucích negativních dopadech (ukládání zbytků umělých hnojiv v nižších půdních horizontech, splachu hnojiv a chemikálií do vodotečí apod.) (Bičík a Kupková 2004). Velkoplošné zemědělství tak vedlo ke ztrátě stabilizačních prvků v krajině. Intenzivní zemědělství bylo doprovázeno rozsáhlým odtokem půdy v bažinatých oblastech a narovnáním menších řek (Kliment a Matoušková 2009). Tato politika tedy stav krajiny výrazně poškodila a stopy po ní jsou zde patrné doposud (Albrecht et al. 2003). Celkově tak struktura ploch v průběhu 20. století prošla několikrát změnami spojenými s politicko-ekonomickými podmínkami (Bičík a Kupková 2004). V tomto období se v negativním smyslu výrazně změnil i vztah místních obyvatel ke krajině i péči o ní, píše Albrecht et al. (2003) i Bičík a Kupková (2004).

V období tzv. studené války byly navíc pohraniční oblasti zcela vysídleny a vzniklo zde hraniční pásmo nazývané „železná opona“, která oddělovala východní a západní blok. Oblast železné opony byla obzvláště po roce 1968 velmi přísně střežena a doposud můžeme sledovat holé vykácené pásy, kudy vedly ostnaté dráty. Zároveň jsou k vidění relikty zaniklých sídel, především bývalého německého obyvatelstva. V blízkosti železné opony směly hospodařit jen státní statky (Bičík a Kupková 2004). Po sametové revoluci dochází k procesům restituce a privatizace, přeměně jednotných zemědělských družstev na zemědělská družstva a dále

dochází k pronájmu ZPF výrobcům (Bičík a Kupková 2004). Především od pádu železné opony dochází k opětovnému osidlování těchto oblastí a výrazně vzrostl zájem o Šumavu ze strany rekreační, sportovní a turistické (Albrecht et al. 2003). Zároveň po roce 1994 byly převážně oblasti podhůří Šumavy v důsledku státních dotací značně zatravněny (Kliment a Matoušková 2009). Docházelo tak k nárůstu luk ale i lesů na úkor orné půdy. Tyto změny jsou z pohledu retence vody v krajině a procesu evapotranspirace považovány za pozitivní (Kliment a Matoušková 2007).

V neposlední řadě se na území nacházejí oblasti, kde se vyskytují půdy, které jsou většinou přirozené a v primitivním stádiu vývoje, tedy nevhodné k zemědělství i lesnictví. Mohou se zde tvořit skalní výchozy, hřbety, remízky, kamenná moře atd., kde srážkové vody mohou infiltrovat a jejich význam je proto značný (Šefrna 2004).

Velkým zásahem do krajiny bylo také budování častých kamenolomů v oblastech Šumavského podhůří (Albrecht et al. 2003). Na území Šumavy byly budovány ale i umělé kanály a náhony, které sloužily převážně k plavení dřeva. V souvislosti s plavením dřeva docházelo i ke zvyšování přirozených hrází ledovcových jezer, aby se zajistilo více vody pro tento účel (Albrecht et al. 2003).

Jak už bylo zmíněno, na značném území se rozprostírají národní parky – NP Šumava a NP Bavorský les. Tato území jsou státy chráněna a v tzv. I. zónách je přísně zakázáno do krajiny jakkoli zasahovat (NP Šumava 2020a). Kromě parků je zde i velké množství zvláště chráněných území v rámci CHKO Šumava (Albrecht et al. 2003). CHKO Šumava byla vyhlášena v roce 1963 a jednalo se o třetí nejstarší a zároveň největší takto chráněnou krajinnou oblast u nás. V roce 1991 byla završena dlouhodobá snaha o ochranu přírody a byl vyhlášen NP Šumava (Albrecht et al. 2003). Nyní je území národního parku rozděleno do tří zón, které mají různý stupeň ochrany, z nichž nejpřísněji chráněná území jsou tzv. I. zóny, kde je i přísný zákaz pohybu mimo vyznačené turistické stezky (NP Šumava 2020a). NP Bavorský les byl založen roku 1970 a jedná se tak o nejstarší německý národní park (Fischer et al. 2002).

4.3.1.1 Lesnictví a vegetační kryt

Největším zásahem člověka do krajiny na území Šumavy bylo již od středověku lesnictví a s ním spojená změna vegetačního krytu. V některých oblastech Šumavského podhůří se vyskytoval ještě v 18. století souvislý prales, později ovšem došlo ke zvýšení těžby dřeva, a to především kvůli těžbě pro palivové účely a na výrobu dřevěného uhlí. Vytěžené oblasti byly

zalesňovány smrkem (Albrecht et al. 2003). Stejný osud čekal lesy i v Bavorském lese. Nejprve došlo ke kácení v oblastech nižších nadmořských výšek, později se osadníci a s tím spojená těžba stěhovali do vyšších poloh. V Německu byla těžba regulována v polovině 19. století zavedením státního lesnictví (Naturpark Bayerischer Wald 2020). Soustředíme-li se pouze na oblast národního parku, tak ta je dodnes téměř úplně pokryta lesy (Fischer et al. 2002).

V současnosti je tento unikátní lesní komplex, který je největším ve střední Evropě, převážně smrkovou monokulturou, což způsobuje množství problémů, především zamoření škůdci, poškození bouřemi anebo kyselé půdy (Naturpark Bayerischer Wald 2020). Podle Fischera et al. (2002) jsou bouřkové události nejdůležitější příčinou přírodního poškození velkého rozsahu, která ovlivňuje porost přírodních i obhospodařovaných lesů ve střední Evropě. S větrnými bouřemi bylo spojeno i mnoho kůrovcových kalamit, kdy lidé nebyli schopni rozsáhlou plochu polomů včas zpracovat a odklidit, a právě tyto vyvrácené stromy napadal kůrovec (Albrecht et al. 2003).

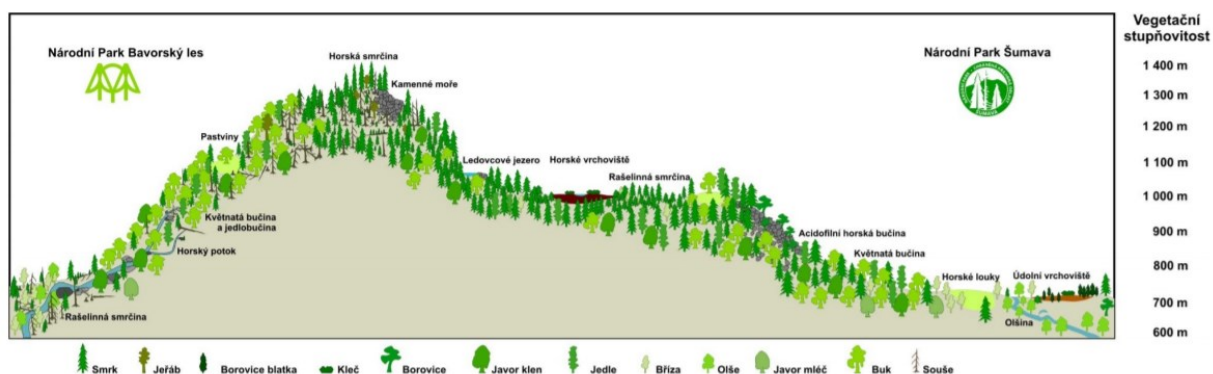
Německo má oblasti, které jsou přísně chráněny. Jsou to jádra ochranné zóny národního parku a zde porosty zůstávají bez lidského zásahu. Mimo tyto oblasti dochází k odstraňování dřeva z lesů, ovšem opětovné vysázení se zde také neprovozuje (Fischer et al. 2002). V Česku jsou takovými oblastmi již zmíněné I. zóny národního parku, ve kterých nedochází k zasahování do lesního ekosystému, naopak se polomy nechávají ležet ladem, aby se zde vybuodoval nový ekosystém přirozený pro dané přírodní podmínky. Na obr. 6 můžeme pozorovat, jak vypadá přechod mezi I. zónou NP Šumava a „vyčištěnou“ stranou Německa.



Obrázek 6: Česko-německé hranice (Česko vpravo od cesty); zdroj: vlastní foto

Oblast českého pohraničí zažila největší odlesnění na přelomu 19. a 20. století, kdy byla největší intenzita tradičního zemědělství, region byl také poznamenán poválečným odsunem, kdy velká část území zůstala ležet ladem, nebo zde vznikaly pastevní areály (Albrecht et al. 2003). K nejmenším změnám v zásahu do krajiny došlo ve vrcholových oblastech Šumavy, a to především díky velmi špatné přístupnosti na tehdejší poměry (Albrecht et al. 2003; Fischer et al. 2002).

Vegetační kryt Šumavy se formoval přibližně posledních 15–20 tisíc let a původně byl formován do přirozených klimaticky podmíněných vegetačních stupňů (viz obr. 7). Vertikální vegetační stupňovitost je determinována zejména nadmořskou výškou (Matějka 2008), která ovlivňuje teplotu a množství srážek. Dnes největší plochu celkově zaujímá stupeň smrkových bučin, který tvoří přibližně 43 % plochy všech lesů (Albrecht et al. 2003). Celkově se v téměř celém zájmovém území nachází člověkem modifikovaná druhová skladba lesů. Tak vznikly smrkové monokultury (Matějka 2008).



Obrázek 7: Vegetační stupňovitost Šumavy – schéma; zdroj: Lachová (2017)

Všechna opatření, která se na území Šumavy nyní provádějí, jsou zvažována v širším krajinném kontextu s ohledem na ekosystémové funkce (hydrické, půdoochranné, klimatické apod.), a proto je snaha o obnovu přirozené prostorové výstavby lesů a s tím spojenou nápravou narušeného vodního režimu (Albrecht et al. 2003).

4.3.2 Půdní kryt

Půdní kryt je jednou z hlavních fyzickogeografických charakteristik, která rozhoduje o odtoku. Půda je seskupení minerální a organické půdní hmoty do strukturních částic, které na základě vzájemného uspořádání vytvářejí systém pórů. Pomocí pórů voda prosakuje až do zóny saturace a zde se zadržuje. Schopnost přijmout a akumulovat srážkovou vodu v půdě se mění podle jednotlivých půdních typů (Šefrna 2004).

Schopnost, jak zachytit extrémní srážky v půdě závisí především na vsaku a jímovosti půdy (Šefrna 2004). Bolt et al. (1975) ve svém článku uvádějí jako nejdůležitější faktor odtoku míru půdní vlhkosti. Mezi charakteristiky vsaku patří především zrnitost půdního profilu, výskyt vrstev s různými fyzikálními vlastnostmi (utužené vrstvy mohou vést vodu paralelně s povrchem téměř stejnou rychlostí jako povrchový odtok (Vilímek 2004)), strukturní stav půdy, hloubka půdy, charakter pórů, mineralogické složení jílové frakce a obsahu humusu a jeho vlastnosti. V půdách s vyšším podílem jílu nebo prachu dochází při silných srážkách k povrchovému odtoku – méně vody se může infiltrovat a případně zachytit kapilárními silami v pórech (Vlček 2017). Jímovost půdy závisí také na zrnitosti, hloubce, obsahu humusu anebo obsahu šterku v půdě. Jímovost neboli retence může být ale velmi poškozována dlouhodobým zkulturnováním a degradací lidskou činností (Šefrna 2004).

V oblasti Šumavských plání, tedy ve vysokých nadmořských výškách jsou půdy typicky s nižším stupněm vývoje (Šefrna 2004). V lesích zde zcela dominují podzoly (Bystřický et al. 2017), dále zde jsou zastoupeny především rankery, litozemě, kambizemě, kryptopodzoly a organozemě (rašeliništní půdy) (Šefrna 2004) – právě tento typ půdy je pro oblast velmi charakteristický. Rašeliništní půdy jsou typickými organogenními půdami. Vznikají intenzivní akumulací slabě rozložených rostlinných zbytků v silně zvodnělém prostředí. Ve vodohospodářství mají tyto půdy vysoký význam (Tomášek 2003). Ovšem z výzkumu Janského a Kocuma (2007) vyplývá, že vyšší schopnost retence vody v povodí Vydry je v oblastech s výrazně nižším zastoupením rašelinišť. Může tak docházet k přeceňování vyrovnávání odtokového režimu (tento výzkum ovšem může být potvrzen až po delším a podrobnějším zkoumání dané lokality). Jedná se o větší část vegetační sezóny, kdy je hladina podzemní vody poměrně vysoko. V méně zastoupeném období s minimální a průměrnou hladinou podzemní vody se ale prokázal fakt, že vrchoviště může mít řádově vyšší retenční kapacitu než zbytek půd (Vlček 2017). Celkově ale mají zde zastoupené půdy vysokou vsakovací rychlost a malou retenční schopnost (Šefrna 2004).

V oblasti Vacovské vrchoviny se vyskytují kambizemě s velmi kyselým pH (Albrecht et al. 2003). Zastoupeny jsou zde i pseudogleje a další hydromorfní půdy a rankery, které se vyskytují na svažitých územích. Různorodost půd je výsledkem různých matečných hornin a reliéfové členitosti (Šefrna 2004). V okolí měst Strakonice a Volyně jsou ovšem opět nejvíce rozšířena kambizem modální a v menší míře poté kambizem dystrická, která má výrazně

kyselý charakter (Albrecht et al. 2003). Pohybujeme-li se v blízkosti tzv. záplavové oblasti, je půdní kryt tvořen z velké části fluvizeměmi a hydromorfními půdami (Šefrna 2004).

V Německu je zastoupení půd velmi podobné jako v Česku. Nejzastoupenějším typem půd v oblasti mezi Dunajem a Vltavou je kambizem. Ve vysokých nadmořských výškách jsou hojně zastoupeny podzoly (oblasti nad 1000 m n. m.), které mají pod humusovým horizontem světlý ochuzený horizont, což je způsobeno vysokým množstvím srážek a nízkými ročními teplotami, ale také kyselostí podkladu a opadu. V zamokřených oblastech se hojně vyskytují i rašeliniště a méně potom i gleje (Naturpark Bayerischer Wald 2020).

4.4 Hydrologický režim toků ve zvoleném profilu

Podle Bakera et al. (2004) má hlavní vliv na hydrologický režim toků především podnebí, topografie, geologie, půdy, dále také vegetace, velikost a tvar povodí nebo využití půdy. Většina zmíněných faktorů již zde byla popsána, a tak se můžeme zaměřit na konkrétní odtokové režimy a další charakteristiky řek ve zvoleném profilu.

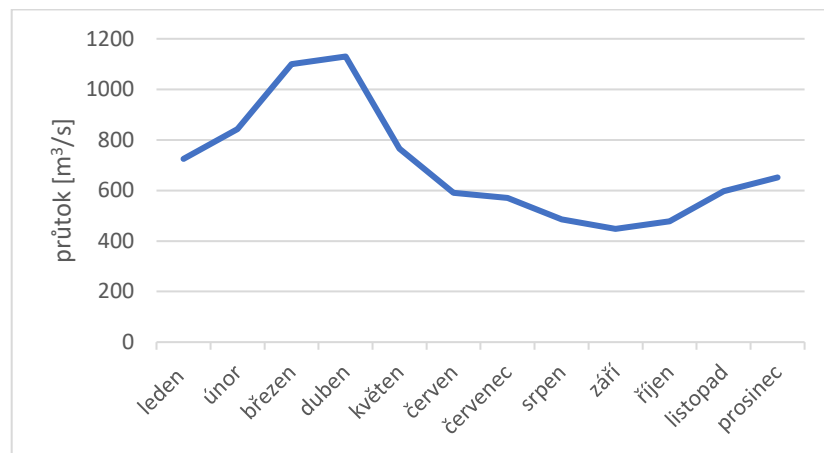
V Česku jsou hlavním činitelem, který ovlivňuje vodnost toků, atmosférické srážky (Čurda et al. 2011). Oblast zájmového území je pak v rámci Česka charakterizována jako srážkově nadprůměrná (Tolasz 2007). Díky vysokému úhrnu srážek a typu reliéfu je v této lokalitě hustá říční síť, obzvláště na rozsáhlých Šumavských pláních. Menší toky ve vrcholové části Šumavy zároveň často tvoří přirozené meandry (Albrecht et al. 2003). Když se zaměříme na větší toky, jsou jimi řeky Otava se svou zdrojnicí Vydrou a pravým přítokem Volyňkou a na německé straně řeka Ilz.

Víme, že většina území Čech je odvodňována do Severního moře. Toto úmoří nám ovšem vymezuje v jihozápadní části Česka právě pohoří Šumava. Jelikož hranice s Německem a také s Rakouskem vedou téměř výhradně po hřebeni tohoto pohoří, vzniká nám jasně viditelná rozvodnice. Toto ale neplatí pro celé hranice, a tak můžeme v pohraniční části české strany Šumavy nalézt oblasti, které spadají již do úmoří Černého moře (takovou oblastí je třeba oblast Železnorudska). Řeka Otava, v jejímž povodí se vyskytují všechny české stanice, pak spadá do úmoří Severního moře, naproti tomu obě německé stanice leží v povodí řeky Ilz, která se vlévá do Dunaje a úmořím tak náleží Černému moři.

Odtokový režim je pro celou hercynskou střední Evropu stejný (s výjimkou Rýna). Jedná se o režim tzv. středoevropský neboli pluvio-nivální (Král 1999). Do oblasti hercynské

střední Evropy spadají všechny řeky v zájmovém území, a tedy mají všechny zmíněný odtokový režim. Napájeny jsou tak především deštěm a tajícím sněhem, a to je důvod, proč se nejvyšší vodní stavy vyskytují v jarních měsících; nejnižší hodnoty dosahují naopak v létě v době největšího výparu anebo na začátku podzimu (Král 1999).

Tato charakteristika je dobře pozorovatelná na obr. 8, který daný režim reprezentuje hydrogramem řeky Labe v německém městě Neu-Darchau. Jelikož mají řeky dva zdroje vodnosti, tak jejich rozkolísanost je nižší než u většiny dalších odtokových režimů. U řeky Vydry se ovšem může vyskytovat výrazná rozkolísanost v denním, a především v hodinovém chodu, a to zejména v době jarního tání sněhu (Čurda et al. 2011). Zároveň je třeba zmínit, že ve vyšších nadmořských výškách (cca nad 800 m n. m.) režim vodních toků přechází z pluvio-niválního na niválně-pluviální. Rozdíl je v hlavním zdroji vodnosti, kdy u niválně-pluviálního režimu jsou toky napájeny hlavně tuhými sněhovými srážkami.



Obrázek 8: Hydrogram řeky Labe v Neu-Darchau, zdroj: PŘF UK

Zaměříme-li se na povodně, které jsou častým důsledkem silných srážek, tak zjistíme, že v různých částech zájmového území se obvykle vyskytují v různou dobu. Vrcholová část Šumavy je zasahována povodněmi nejčastěji v zimním období, nejvíce pak v prosinci, naopak Šumavské podhůří sužují většinou letní povodně (Vlasák 2007).

5. Data a metody zpracování

5.1 Zdroje dat

K analýze srážkových událostí ve zvoleném profilu bylo využito dvou zdrojů dat denních úhrnů srážek (R_d). Prvním zdrojem dat byl Český hydrometeorologický ústav (ČHMÚ), který mimo jiné spravuje srážkoměrnou síť pro území Česka. Druhým zdrojem dat pro obě německé stanice byla databáze Německé povětrnostní služby (DWD 2020). Obě tyto databáze jsou dostupné online. V závislosti na fungování všech zvolených stanic bylo vymezeno studované období od března 1980 do prosince 2014, protože teprve v březnu 1980 byla zřízena nejnovější ze stanic – stanice Volyně. Zároveň ČHMÚ zpřístupnila veškerá svá data až v květnu 2020, v době vypracovávání práce tak bylo umožněno pracovat s kompletními daty pouze do roku 2014. Vybraná podkladová data byla pak dále upravována metodami podrobněji popsanými níže.

5.2 Výběr srážkových událostí

Úprava dat probíhala v několika fázích. První úpravy se uskutečnily v tabulkovém procesoru Microsoft Excel a jejich úkolem bylo především vybrat silné srážkové události. Postupně došlo k výběru dní se srážkami na základě R_d , následovalo vyřazení srážkových událostí, kdy data nebyla kompletní pro všechny stanice. Na základě metody, kterou pro tuto činnost doporučuje WMO (2009), byl zvolen percentil, na jehož principu byly vybrány pouze dny s největšími úhrny srážek na stanicích ve zvoleném časovém úseku.

Z celkových 12 724 dní byly nejprve odstraněny veškeré dny, kdy nebyla zaznamenána srážka alespoň na jedné ze stanic, přičemž pro den se srážkami byl zvolen nejnižší možný práh 0,1 mm. Ze zbylých dní byly dále vyloučeny dny, kdy minimálně na jedné ze stanic chyběla data z důvodu dočasné nefunkčnosti stanice. Nejvíce dní se srážkami bylo na české stanici Filipova Huť, zde se srážky vyskytly v 8099 dnech. Nejméně srážkových dní bylo na stanici Volyně, a to 5216. Po tomto zúžení datového souboru došlo ke zvolení percentilu. Byl volen 99. percentil, který zajistil výběr pouze nejsilnějších srážkových událostí. Percentil byl aplikován jednotlivě na každou stanici, aby podíl zastoupení silných srážek z jednotlivých stanic byl rovnoměrný. Dohromady se tak jednalo o 460 srážkových událostí. Silné srážkové události jsou ovšem zaznamenávány často na více stanicích najednou, takže došlo

k výraznému překryvu vybraných dat. Výsledkem bylo 201 silných srážkových událostí, které byly zkompletovány do jedné tabulky, která se stala základním souborem pro další zpracování a analýzu.

5.3 Normalizace dat a shluková analýza srážkových událostí

Následné zpracování a shluková analýza byly provedeny v programu MATLAB. MATLAB je navržen pro analýzy dat, vytváření algoritmů a modelů s pomocí programovacího jazyka a pracuje přímo s maticovou matematikou (Mathworks 2020). Úlohou tohoto programu bylo získaná data normalizovat a následně je pomocí zvolené shlukové analýzy k-means rozdělit do skupin podle jejich charakteru. Na základě takto roztříděných dat proběhla samotná analýza silných srážkových událostí ve zvoleném profilu.

Po vložení tabulky s daty do programu MATLAB bylo vytvořeno několik jednoduchých programovacích zápisů. Po vložení a převedení dat do matice proběhla normalizace dat. Normalizovaná data, označovaná dále jako R_n , posloužila jako prostředek, jak hodnotit data na základě jejich relativní podobnosti bez ohledu na absolutní čísla. Mohlo tak dojít k porovnávání událostí z hlediska podobnosti rozdělení srážek mezi stanicemi bez ohledu na R_d . Samotnou normalizaci představuje rovnice:

$$R_n = \frac{R_d}{\max(R_d)} * 9 \quad (1)$$

kde R_d je denní úhrn srážek na konkrétní stanici a $\max(R_d)$ představuje maximální úhrn daného dne na jedné ze sedmi stanic. Násobek devíti sloužil pouze k lepší orientaci ve výsledcích. Výstupem byla matice obsahující čísla z intervalu $<0; 9>$, kdy číslo devět bylo přiděleno vždy stanici, na které daný den bylo zaznamenáno maximum denních srážek; zbylé stanice pak mohly dosáhnout hodnoty 9 (kdyby bylo na dvou stanicích stejné denní maximum) anebo nižší. Normalizovaná data se stala výchozími k dalšímu kroku.

Druhým krokem byla shluková analýza srážkových událostí, kdy hlavním cílem této fáze bylo rozčlenit dny silných srážek do skupin na základě jejich vzájemné podobnosti. K této analýze byl použit algoritmus shlukování k-means. Tento algoritmus seskupuje do tříd soubor bodů prostoru pozorování, aniž by měl informaci o konkrétních vlastnostech těchto skupin (Khedairia 2008). K provedení shlukové analýzy bylo zapotřebí rozmyslet si množství výsledných skupin. Bylo pracováno postupně s k od 2 do 9, kdy pro $k = 9$ byla snaha vyčlenit

konvektivní druh srážek na jednotlivých stanicích. Nakonec byly vybrány tři skupiny, protože na základě doprovodného grafu se zdála jejich interpretace nejjednodušeji definovatelná. Algoritmus k-means vytvořil z dat právě tři středy skupin a pomocí sum vzdáleností přiřadil všem srážkovým událostem konkrétní skupinu. K těmto skupinám byly nadále vytvořeny ještě různé grafy, sloužící k názorné ilustraci výsledků práce.

Rozčleněná matice byla opět zkompletována do excelové tabulky, která obsahovala data srážkových událostí s R_n z jednotlivých vybraných stanic a přidělené číslo skupiny. Tato tabulka byla nadále rozšířena ještě o typ cirkulačních podmínek převládající na území Česka v konkrétní dny a doplněna o R_d jednotlivých stanic. Na základě takto sestavené tabulky (viz přílohu 1, 2 a 3) a vytvořených grafů proběhla hlavní analýza srážkových událostí z pohledu různých hledisek, které budou popsány dále.

5.4 Metody analýzy souboru srážkových událostí

5.4.1 Výpočet heterogenity srážek při jednotlivých událostech

Rozdílnost jednotlivých skupin byla motivací ke zkoumání prostorového rozložení srážek na základě vytvořených typů. Aby mohlo dojít k hodnocení této heterogenity napříč stanicemi bylo nutné zavést nový výpočet. Pro všechny srážkové události tak byla vypočítána heterogenita H jako:

$$H = \frac{\max(R_d)}{\bar{R}_d} \quad (2)$$

kde $\max(R_d)$ je maximální a \bar{R}_d průměrný úhrn srážek daného dne ze sedmi stanic. Každá událost tak byla opatřena číslem z intervalu $<1; 7>$, kdy nízké hodnoty představují malou heterogenitu, tedy vysokou vyrovnanost R_d napříč stanicemi.

5.4.2 Typizace povětrnostních situací při událostech

K určování typů synoptických situací je třeba nejprve najít vztah mezi počasím a povětrnostní situací. Touto problematikou se zabývali Brádka et al. (1961), kteří sestavili první typizaci synoptických situací pro území Čech a Moravy. Tato práce vymezuje celkem 21 typů, přičemž typy jsou vázány na časové úseky 3–4 dnů na základě trvání přirozeného synoptického období, ze kterého vychází předpověď počasí (Brádka 1968). Typizace byla dále upravována a doplňována. Dnes ČHMÚ (2020) rozděluje 25 typů povětrnostních situací.

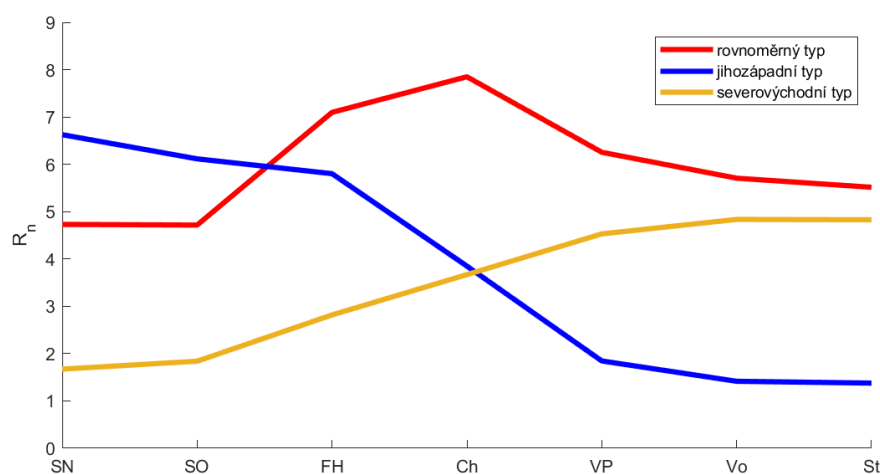
Typizace povětrnostních situací pro analýzu byla proto převzata ze stránek ČHMÚ (2020), kde je možné stáhnout si celý kalendář synoptických typů pro jednotlivé roky již od roku 1946 až po současnost. Tato data jsou dostupná v podobě matice. Zároveň je na stránkách stručně charakterizován každý jednotlivý typ cirkulačních podmínek a doplněn o ilustrační synoptickou mapu.

6. Analýza silných srážkových událostí ve zvoleném profilu

Tato kapitola bude zaměřena na výsledky analýzy silných srážkových událostí. Jednotlivé skupiny jsou nejprve charakterizovány zvlášť a následně jsou porovnávány z hlediska velikosti srážek a jejich prostorové heterogenity, vícedennosti srážkových událostí, sezonality, cirkulačních podmínek, kombinace sezonality a cirkulačních podmínek a také je zmíněna meziroční variabilita a možné trendy.

6.1 Typy srážek podle prostorového uspořádání

Silné srážky na Šumavě je možno (dle využitých dat) typizovat z hlediska rozdělení R_n . Na obr. 9 můžeme pozorovat vzniklé středy tří typů silných srážkových událostí. Při porovnání těchto středů s výškovým profilem zvoleného profilu je zřejmá závislost průběhu silných srážek na orografii. Na základě rozmístění srážek napříč stanicemi jsou typy srážek pojmenovány jako rovnoměrný typ, jihozápadní typ a severovýchodní typ a v navazujícím textu jsou pak jednotlivě blíže specifikovány.



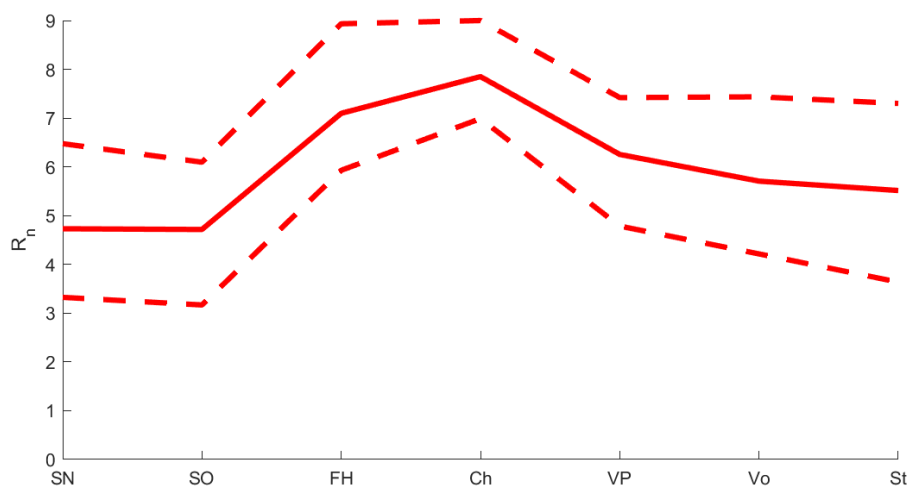
Obrázek 9: Tři typy srážkových událostí, charakterizované těžištěm skupiny normovaných úhrnů srážek R_n na jednotlivých stanicích, řazených od jihozápadu k severovýchodu

6.1.1 Rovnoměrný typ

Do rovnoměrného typu je na základě shlukové analýzy přiřazeno celkem 83 silných srážkových událostí. Z průběhu střední hodnoty (nepřerušovaná křivka) na obr. 10 je zřejmé, že srážky tohoto typu jsou na všech stanicích přibližně stejně vysoké, s mírně zvýšenými úhrny ve vrcholové části Šumavy. To lze říci díky celkově vysokým hodnotám R_n , které vyjadřují poměr

srážek na jednotlivých stanicích k absolutnímu maximu při dané události. Můžeme tak předpokládat, že se bude jednat o srážky, které dokáží způsobit povodně velkého plošného rozsahu. Z orografického hlediska si lze povšimnout, že stanice s vyšší nadmořskou výškou zaznamenávají v průměru i vyšší denní úhrny srážek. Absence výraznějšího útlumu srážek v závětří naznačuje, že srážkové události tohoto typu musely být podmíněny i jiným mechanismem než jen orografickými výstupy vzduchu.

Na intervalu spolehlivosti, který je v obr. 10 znázorněn čárkovaně, je dobře viditelný poměrně úzký pás, který kopíruje střední hodnotu. Lze tedy říci, že rozkolísanost hodnot R_n na jednotlivých stanicích je poměrně malá. Srážkové události zařazené do tohoto typu jsou si navzájem velmi podobné, což nám evokuje i podobný průběh daných srážkových událostí. Zároveň díky 75. percentilu můžeme říci, že maxima denních úhrnů srážek jsou u více než poloviny případů dosažena na českých stanicích Filipova Huť nebo Churáňov. Nejnižší úhrny srážek pak bývají v průměru zaznamenány na německé stanici Sankt Oswald-Riedlhütte.



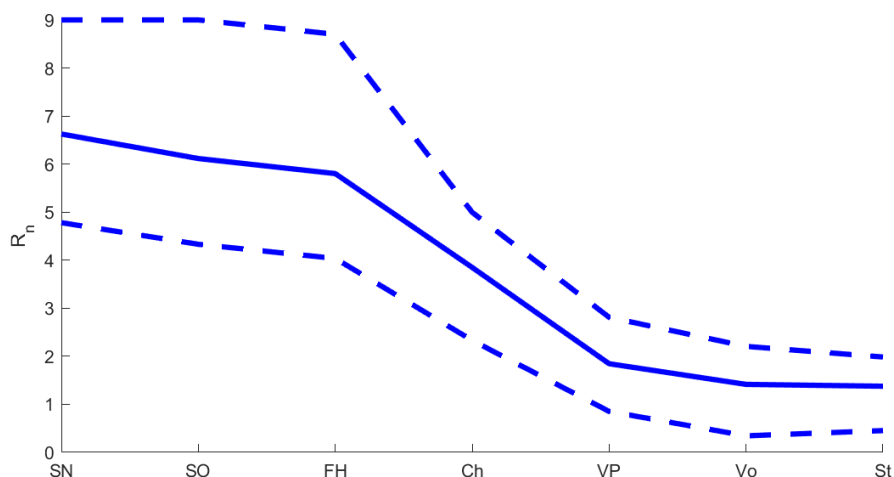
Obrázek 10: Rozsah normalizovaných srážkových úhrnů při událostech rovnoměrného typu, vyjádřený hodnotami těžiště skupiny (spojeny plnou čarou) a prvního a třetího kvartilu (spojeny přerušovanými čarami) rozdělení na jednotlivých stanicích

6.1.2 Jihozápadní typ

Jihozápadní typ je vytvořen celkem ze 74 silných srážkových událostí, jejichž rozdělení srážek je zachyceno na obr. 11, z kterého je zároveň patrné, že průběh silných srážkových událostí již není vyrovnaný jako u rovnoměrného typu. Můžeme tak pozorovat klesající úhrny srážek z jihozápadní části do severovýchodní části Šumavy, tedy napříč centrální částí tohoto pohoří.

Tento jev je zřejmě způsoben návětrným efektem, který vytváří na české straně významný srážkový stín.

Maximální hodnoty jsou v intervalu spolehlivosti vždy soustředěny na návětrné straně pohoří, ovšem je zde vyšší variabilita v dosažení denních maxim na jednotlivých stanicích. Denní maxima jsou tak nejvíce soustředěna na německé straně, ale často dochází i k maximům ve vrcholových partiích, konkrétněji na stanici Filipova Huť. Tato stanice leží již za hřebenem pohoří, avšak zároveň je umístěna ve vysoké nadmořské výšce, takže zde není ještě tak silný závětrný efekt. Naopak interval spolehlivosti stanic s nízkými úhrny je relativně úzký, což vypovídá o velmi malé rozkolísanosti R_n v závětrné části. Nejnížší úhrny jsou zaznamenávány na stanici Strakonice, která zároveň leží i nejvýchodněji, a je tedy umístěna nejdále od hřebene pohoří a od jeho návětrné strany při převažujícím západním proudění. Zde tak hraje významnou roli orografie, jakožto významná překážka při průběhu srážkové události.



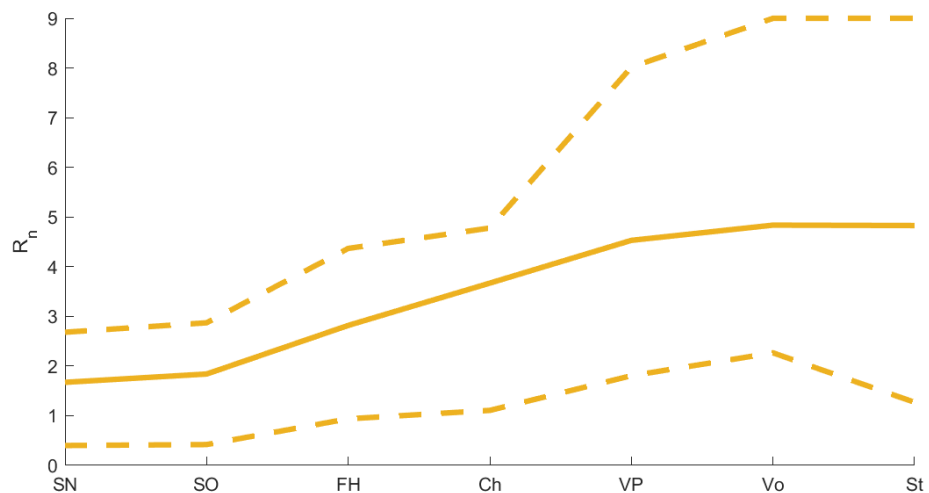
Obrázek 11: Rozsah normalizovaných srážkových úhrnů při událostech jihozápadního typu, popis obrázku viz obr. 10

6.1.3 Severovýchodní typ

Nejméně početně zastoupený je severovýchodní typ, který představuje pouze 44 silných srážkových událostí. Z toho vyplývá, že podmínky pro vznik tohoto typu silných srážkových událostí nastávají nejméně často nebo denní úhrny nejsou natolik vysoké. Střední hodnota na obr. 12 má obrácený charakter, než tomu bylo u západního typu, srážek by tak mělo ubývat od severovýchodu k jihozápadu pohoří.

Maxima úhrnů jsou koncentrována většinou do tří nejvýchodnějších stanic, tedy na závětrnou stranu při převažujícím západním proudění. Lokalizace maxim tak ukazuje spojitost

spíše se severovýchodním prouděním, případně s jinými faktory, než je orografické zesílení srážek. Hodnoty R_n zde mají vysokou variabilitu, což prozrazuje, že i sousední stanice se od sebe z hlediska velikosti srážek často výrazně liší. To naznačuje, že v řadě případů šlo o konvektivní srážky, kdy denní maxima mohou být zaznamenány na jedné stanici a zároveň na stanici vedlejší nemusí být detekován žádný nebo pouze minimální R_d , přestože jsou stanice umístěny relativně blízko u sebe. Interval spolehlivosti stanic s nižšími úhrny je podstatně užší, což poukazuje na menší rozkolísanost R_n srážkových událostí v této části profilu a minima R_n jsou tak dosahována převážně na německých stanicích.



Obrázek 12: Rozsah normalizovaných srážkových úhrnů při událostech severovýchodního typu, popis obrázku viz obr. 10

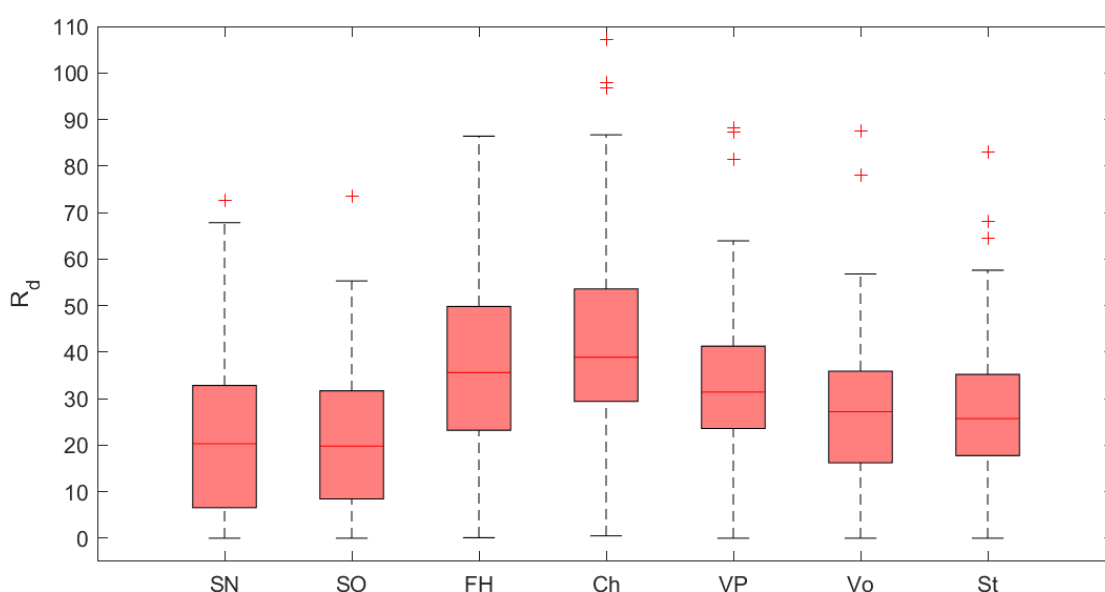
6.2 Porovnání typů srážek z různých hledisek

Přestože všechny srážkové události jsou hodnoceny jako silné, jednotlivé typy se mezi sebou mohou výrazně lišit. Tato část tak bude zaměřena na porovnávání získaných typů. Zároveň se předpokládá, že jednotlivé typy jsou vnitřně relativně homogenní.

6.2.1 Velikost srážek a jejich prostorová heterogenita

Dosahované hodnoty R_d jsou značně variabilní u jednotlivých typů srážek. Ovšem z pohledu průměrných maxim jednotlivých srážkových událostí, celkového průměru R_d na stanici i absolutního dosaženého maxima R_d (viz přílohu 1, 2 a 3; sloupce 18 a 19) se vyskytují nejsilnější srážky při rovnoměrném typu, což je patrné i z obr. 13. Tento typ tak zaznamenal maximum 107,2 mm dne 10. července 1981 na stanici Churáňov, kdy tento extrémní srážkový úhrn měl za následek i povodně, a s výjimkou Filipovy Hutě byla dosažena maxima pro tento

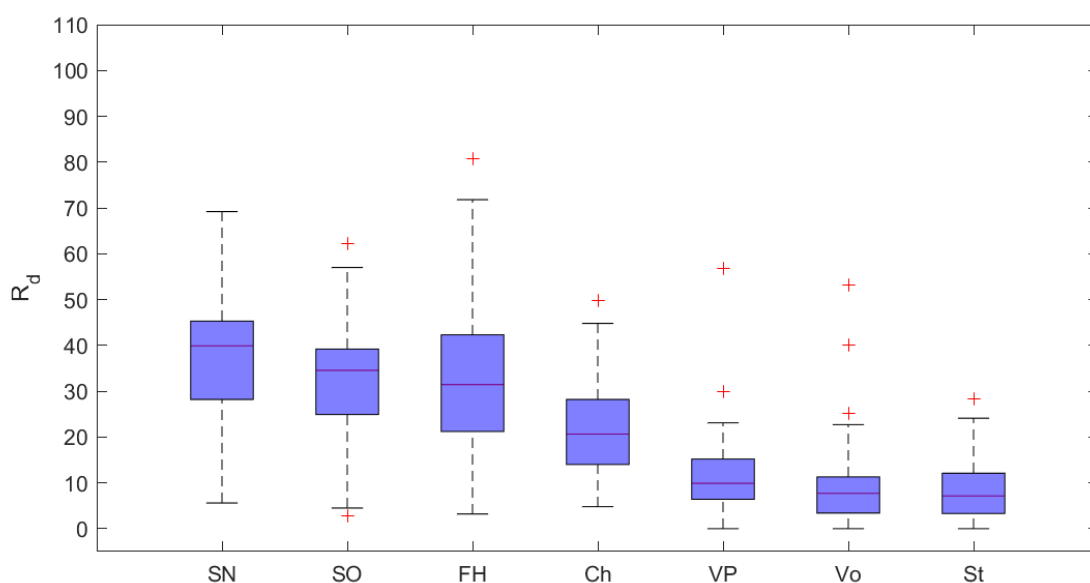
typ srážek i na zbylých českých stanicích. Churáňov zaznamenává celkově nejvyšší R_d a zároveň zde nikdy nebyl zaznamenán nulový R_d . Pokud by došlo k vyřazení konvektivních srážek z tohoto typu, pak by minimální hodnoty byly výrazně vzdálenější od nuly i u dalších stanic. Při průměrné srážkové události jsou na českých stanicích Churáňov a Filipova Huť, které nejčastěji zaznamenávají maxima, dosahované R_d kolem 40 mm. Průměrné maximum dosahuje hodnoty 51,1 mm, což je v českých podmínkách již poměrně vysoká hodnota a při rovnoměrném rozdělení srážek by na každé stanici spadlo v průměru 29,8 mm srážek. Zároveň jsou průměrné R_d u všech stanic nad 20 mm, což svědčí o značné rovnoměrnosti, přesto jsou opět patrné vyšší R_d na české straně Šumavy.



Obrázek 13: Statistické rozdělení denních úhrnů srážek na jednotlivých stanicích při událostech rovnoměrného typu, střední „krabicová“ část diagramu je shora ohraničena 3. kvartilem, zespodu 1. kvartilem a mezi nimi se nachází linie vymežující medián, vousy reprezentují rozpětí maxima a minima kromě odlehlých hodnot, odlehlé hodnoty jsou znázorněny křížky

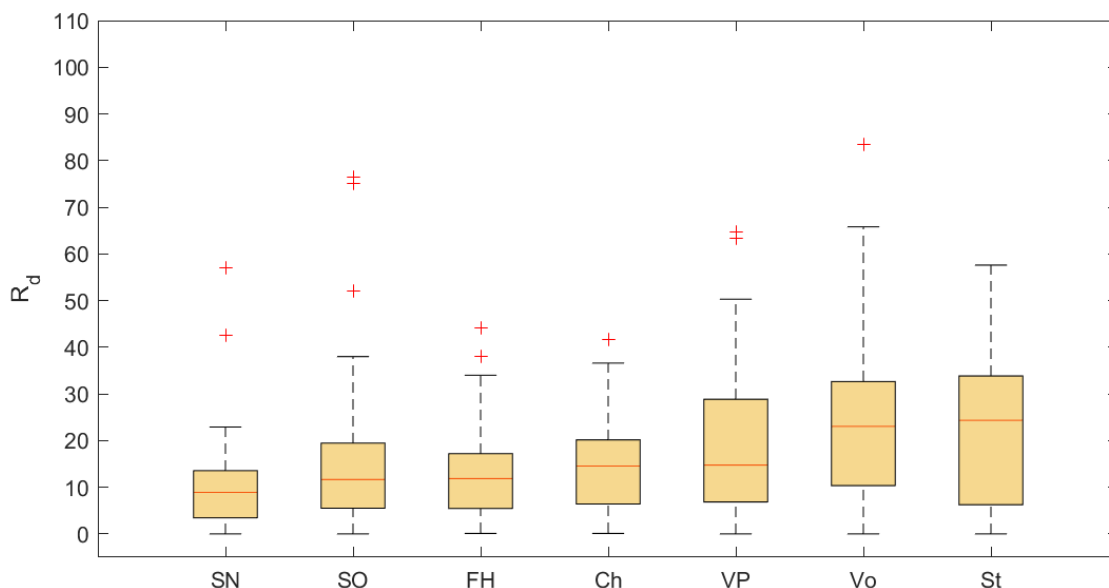
Méně extrémní je jihozápadní typ s maximem 80,7 mm ze stanice Filipova Huť (15. prosince 1989) a průměrným maximem 47,6 mm. Podle obr. 14 jsou vyšší R_d povětšinou koncentrovány na německé stanice a českou stanicí Filipova Huť. Stanice Filipova Huť má celkově nejvíce variabilní R_d z celého profilu, R_d jsou tak zřejmě podmíněny vysokou nadmořskou výškou, ale někdy se může projevit již vliv závětrného efektu. Relativně vyšší R_d je i na stanici Churáňov, ovšem zde je již výraznější závětrný efekt. Tyto čtyři stanice také při všech srážkových událostech zařazených do analýzy měly vždy nenulové R_d . Zbylé tři stanice na české straně poukazují již na značný závětrný efekt a až na pár výrazných odchylek tak maximální R_d nepřekračují hodnotu 30 mm, v průměru se pak pohybují pouze okolo

10 mm. Průměr na jednu stanicí je 21,9 mm, což je o poznání nižší než u rovnoměrného typu. Je to tak důsledek nevyrovnaných R_d na návětrí a závětrí i celkově nižších dosahovaných R_d .



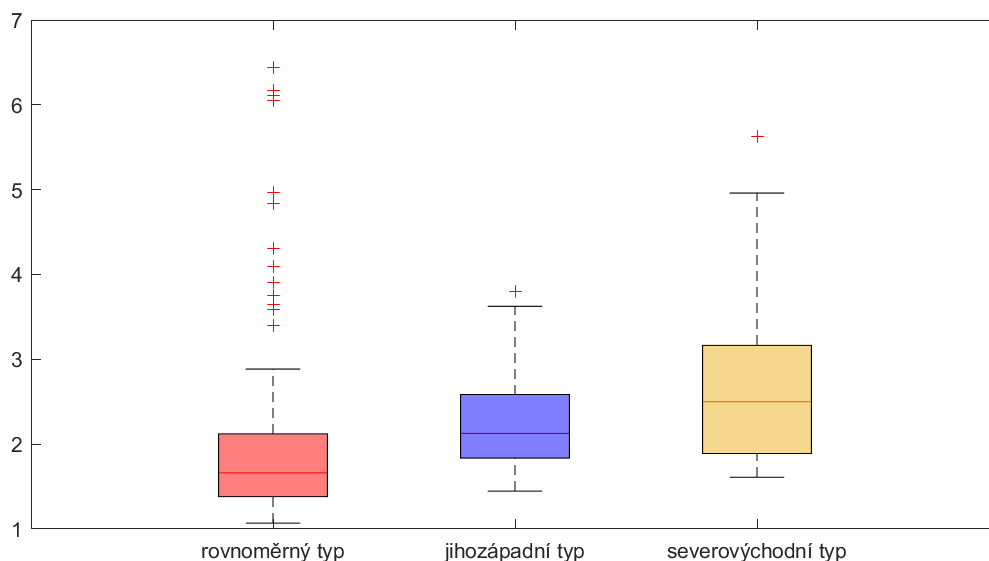
Obrázek 14: Statistické rozdělení denních úhrnů srážek na jednotlivých stanicích při událostech jihozápadního typu, popis obrázku viz obr. 13.

Přestože severovýchodní typ má maximální denní úhrn 83,4 mm, zaznamenaný 3. července 2002 na stanici Volyně, z obr. 15 je zřejmé, že toto maximum, podobně jako maxima na dalších stanicích, je pouze výjimečně dosažený R_d . Zajímavé je pak povšimnout si absolutních maxim na jednotlivých stanicích, jelikož nejnižší maxima zaznamenávají stanice umístěné v nejvyšších nadmořských výškách, což je při srážkových událostech neobvyklé. Průměrným maximem severovýchodní typ dosahuje pouze na hodnotu 43,4 mm. To může symbolizovat, že srážky při tomto typu nebudou tak extrémní při uvažování velikosti zasažené plochy. Pokud se ovšem jedná o konvektivní srážky a tato hodnota je zaznamenána v krátkém časovém úseku, může i tak dojít lokálně ke katastrofickým následkům. Ještě nižší je průměr na jednu stanicí, a to 17,0 mm. To může symbolizovat silnou rozkolísanost mezi jednotlivými stanicemi.



Obrázek 15: Statistické rozdělení denních úhrnů srážek na jednotlivých stanicích při událostech severovýchodního typu, popis obrázku viz obr. 13

Z těchto poznatků a z průběhu středních hodnot lze již poznamenat, že typy srážek budou dosahovat i různě vysokých úhrnů napříč stanicemi v rámci jednotlivých srážkových událostí. Na základě předchozích poznatků se předpokládá nejvíce homogenní prostorové uspořádání u rovnoměrného typu, u zbylých dvou typů naopak bude značná vnitřní prostorová rozdílnost. V příloze 1, 2 a 3 ve sloupci 20 je uvedena heterogenita jednotlivých srážkových událostí, jejíž výpočet je popsán v kapitole 5.4.1 a kterou ilustruje obr. 16 u všech tří typů najednou. Samotná velikost prostorové heterogenity závisí především na vlastnostech silných srážek. Konvektivní srážky díky svému lokálnímu charakteru způsobují vysoké R_d v mnoha případech pouze na jedné stanici a z toho vyplývá, že čím je rozsah konvektivní bouře menší, tím je tedy heterogenita vyšší. Srážky z vrstevnaté oblačnosti naopak ovlivňují zpravidla rozsáhlejší oblast a hodnoty heterogenity jsou nízké.



Obrázek 16: Statistické rozdělení heterogenity jednotlivých typů, popis obrázku viz obr. 13

Rovnoměrný typ dosahuje průměrné hodnoty heterogenity 2,1. Vykazuje ale také velké množství odlehlých hodnot, které s vysokou pravděpodobností patří srážkám konvektivním, a kdyby došlo k eliminaci těchto srážek, průměr by se dál výrazně snížil, což ukazuje i umístění hodnoty mediánu, jehož hodnota je 1,66. Celkově se pak téměř 75 % případů pohybuje pod hodnotou 2, což je znakem silné vnitřní homogenity prostorového rozložení silných srážek. Veškeré hodnoty pak náleží intervalu $\langle 1,07; 6,44 \rangle$.

Jihozápadní typ vykazuje průměrnou hodnotu 2,3. To v porovnání s rovnoměrných typem může vést k iluzi podobné homogenity. U tohoto typu se ovšem téměř nevyskytují odlehlé hodnoty, a tedy průměr je i velice blízko mediánu. Všechny silné srážkové události jihozápadního typu tak leží v intervalu $\langle 1,45; 3,79 \rangle$.

U severovýchodního typu, který zřejmě zahrnuje převážně konvektivní srážky, je průměrná heterogenita 2,8. Celkově je patrná nejvyšší variabilita heterogenity, ale zároveň nízký výskyt odlehlých hodnot. Případy silných srážkových událostí severovýchodního typu spadají do intervalu $\langle 1,61; 5,63 \rangle$ a jedná se tak o typ srážkových událostí s nejvíce heterogenním rozdělením srážkových úhrnů mezi stanicemi a zároveň nejméně homogenní z hlediska variability mezi událostmi.

6.2.2 Vícedennost srážkových událostí.

Z celkových 201 dní je jich 33 součástí vícedenního úseku se silnými srážkami, kdy se jedná povětšinou o dvoudenní srážky, v jednom případě se vyskytuje i třídní událost. Celkově tak analýza zaznamenává 16 případů vícedenních srážkových událostí.

V celé analýze se nevyskytují dva dny po sobě severovýchodního typu, jelikož ten je z velké části navázán na konvektivní srážky, které mají krátkou dobu trvání spíše v řádu hodin. Vícedenní silné srážkové události navázané na rovnoměrný typ nastaly ve dnech 18.–19. 7. 1981, 6.–7. 8. a 11.–12. 8. 2002, 1.–2. 7. 2009 a 1.–2. 6. 2013. S výjimkou roku 2009, kdy se s vysokou pravděpodobností jednalo o konvektivní srážky, jsou to výhradně události, které způsobily povodně na rozsáhlém území. Můžeme tedy tvrdit, že silné srážkové události s vícedenním průběhem, které jsou spojeny pouze s rovnoměrným typem často vyvolávají povodňové stavy a mívají katastrofické následky. Jihozápadní typ představuje celkem pět vícedenních případů: 2.–3. 1. 1981, 9.–10. 9. 1984, 20.–22. 10. 1986, 29.–30. 12. 1986 a 17.–18. 12. 1987. Z důvodu většinového rozložení do chladné poloviny roku je možné, že se ve vyšších polohách jednalo o silné sněžení.

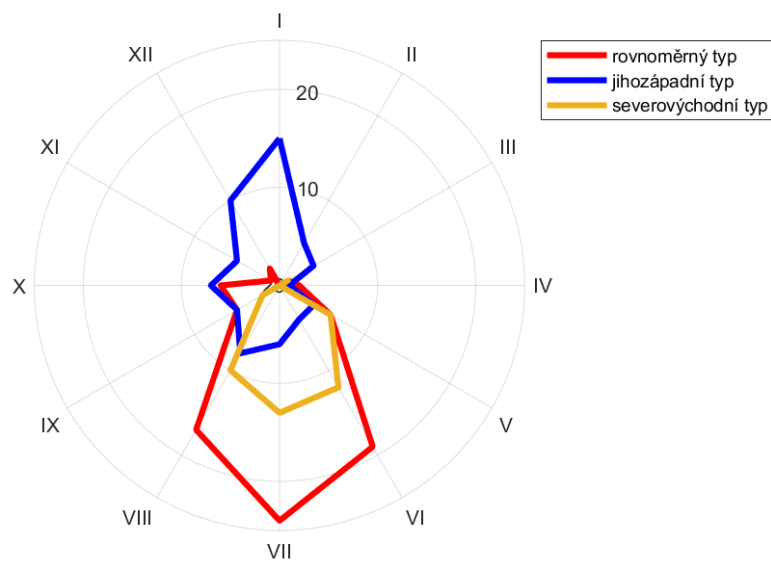
Zbýlých šest případů vícedenních sérií je rozděleno mezi dva různé typy srážek. Ve dnech 31. 5.–1. 6. 1995, 1.–2. 6. 1996, 1.–2. 6. 2004 a 21.–22. 7. 2014 jsou spojeny rovnoměrný a severovýchodní typ. Nastávají zde dvě různá vysvětlení: 1) jedná se o jeden typ srážkové události, ale shluková analýza jej rozděluje do dvou různých skupin; 2) jedná se o jednodenní srážkovou událost, kdy se ve stejnou dobu projevuje i silná konvektivní bouře, jelikož se jedná o teplou část roku. Analýza vykazuje také jeden případ spojení severovýchodního a jihozápadního typu, a to 5.–6. 8. 2010. Tento případ je velmi neobvyklý, ale protože se jedná o letní měsíc, významnou roli zde budou nejspíš opět hrát problematické konvektivní srážky. Poslední případ dvoudenní srážkové události je 26.–27. 5. 2006, který je rozdělen mezi rovnoměrný a jihozápadní typ.

6.2.3 Sezonalita

Z obr. 17 vyplývá, že sezonní rozdělení dat přináší další vzájemné odlišnosti napříč typy srážek. Rovnoměrný typ se vyskytuje převážně v teplé polovině roku s výrazným maximem v letních měsících, nejvíce pak v červenci. V tomto období se navíc jedná o nejfrekventovanější typ srážek, ale částečné zastoupení má i v druhé polovině jara a na podzim, naopak ve vrcholné

zimě se nevyskytuje. Jihozápadní typ se projevuje během celého roku, přičemž zvýšení četnosti silných srážkových událostí nastává v chladném půlroce, kdy je nejvýraznější ze všech tří typů. V lednu a únoru je to dokonce jediný typ, který se vyskytuje. Severovýchodní typ je spjat převážně s obdobím od května do srpna, což naznačuje, že výraznou úlohu při něm hraje teplota vzduchu.

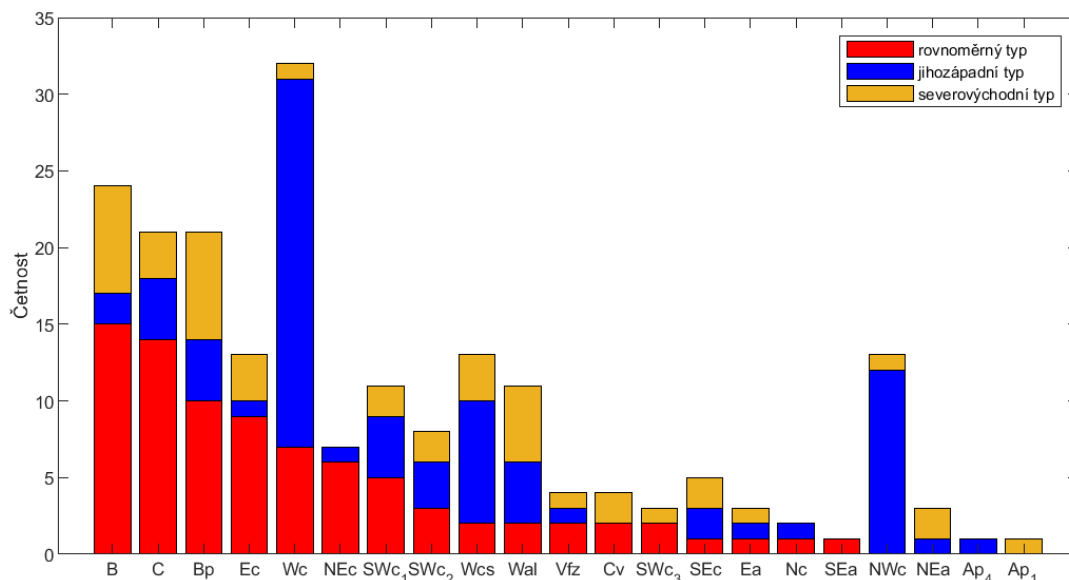
Zároveň z pohledu celkového rozvržení silných srážek lze usuzovat, že nejvíce silných srážek se vyskytuje v letních měsících a podružné maximum nastává pak ve vrcholné zimě. Přechodná období, tedy jaro a podzim, jsou na silné srážky poměrně chudé.



Obrázek 17: Početní zastoupení jednotlivých srážkových typů v průběhu roku, hodnoty I-XII představují jednotlivé měsíce, na ose je znázorněna četnost výskytu

6.2.4 Cirkulační podmínky

V příloze 1, 2 a 3 ve sloupci 3, který uvádí povětrnostní situace převažující nad územím Česka při jednotlivých srážkových událostech, je zaznamenáno celkem 21 typů povětrnostních situací. Nejvíce jsou zastoupené situace, které jsou podmíněné cyklonálním prouděním, a naopak situace s anticyklonálním charakterem jako jsou Ap_1 , Ap_4 , Ea apod. jsou zastoupeny jen velmi zřídka. Často se tak může jednat pouze o anomálie, viz obr. 18, kdy výjimkou je pouze cirkulace typu Wal , která je v analýze vcelku vysoce zastoupena, přestože jde o anticyklonální typ situace.



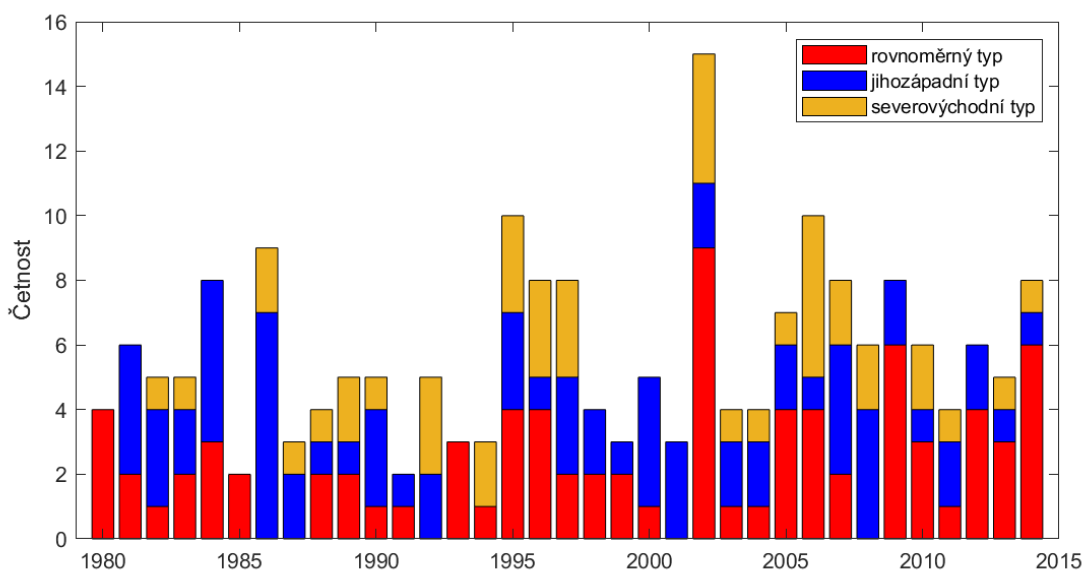
Obrázek 18: Četnost zastoupení cirkulačních typů, řazeno podle četnosti zastoupení rovnoměrného a následně jihozápadního typu, na ose x jsou znázorněny zkratky jednotlivých cirkulačních typů

Jednotlivé typy srážek jsou spjaty i s dominantními cirkulačními podmínkami. Rovnoměrný typ je vázán převážně k cirkulačním typům B, Bp, nebo C v menší míře potom i Ec, NEc nebo Wc, kdy u většiny se jedná o dominantní zastoupení rovnoměrného typu u daných cirkulačních podmínek. Zároveň zmíněné cirkulační situace (s výjimkou Wc) jsou spojeny s cyklonou, která zapříčiňuje proudění vlhkého vzduchu ze Středozemního moře. Navíc s cirkulací typu B, Bp a C jsou spojeny nejsilnější srážkové události z celé analýzy dat a často se jedná i o vícedenní události, tedy příčiny silných povodní. Severovýchodní typ nemá žádnou tak výraznou cirkulační situaci, ke které by se pojil. Většinové zastoupení tohoto typu je pouze u cirkulační situace typu Wal, dále je pak spojován s typy B, Bp, C, nebo Ec. Zmíněné typy (vyjma Wc) mají navíc výrazné zastoupení v letní polovině roku, přičemž typy B, Bp a Wal mají svá maxima přímo v letních měsících. Dochází tak k silné provázanosti cirkulačních situací se sezonalitou typů srážek.

K jihozápadnímu typu se ve většině případů váže typ Wc, NWc, dále pak Wcs. Při těchto cirkulačních situacích je jihozápadní typ naprosto dominantní a je tak nejvíce podmíněn cyklonálním prouděním působícím od západu. Typy Wc, NWc i Wcs jsou v analýze nejvíce zastoupeny v zimním období, což opět koreluje se sezonalitou jihozápadního typu. Jelikož se jedná o zimní období, pak tento typ zřejmě zapříčiňuje časté silné sněžení, a to převážně na německé straně Šumavy.

6.2.6 Meziroční variabilita a případné trendy

Napříč dekádami je četnost silných srážek poměrně vyrovnaná, ale rozdíly lze nalézt mezi jednotlivými roky i v typech zastoupených srážek viz obr. 19. V 80. letech je zachyceno celkově 51 silných srážkových událostí z toho 18 rovnoměrného typu, 25 jihozápadního typu a 8 severovýchodního typu, přičemž vysoké zastoupení západního typu poukazuje na časté silné srážky v zimním období.



Obrázek 19: Četnost silných srážkových událostí v letech 1980–2014

V 90. letech je zaznamenáno také 51 případů, ale je jich 20 rovnoměrného typu, 16 jihozápadního typu a 15 severovýchodního typu. Dochází tak k nárůstu rovnoměrného a severovýchodního typu na úkor jihozápadního typu. Silné srážky jsou tak detekovány více v letním půlroce, než tomu bylo u 80. let.

Začátek milénia je silnými srážkami zastoupen nejvíce, a to hlavně díky extrémnímu roku 2002, kdy je detekováno celkově 15 silných srážkových událostí (z toho čtyři v první polovině srpna). V letech 2000–2009 je tak analyzováno 70 silných srážkových událostí. Rovnoměrný typ je zastoupen 28 případy, jihozápadní typ 26 a severovýchodní 16 případy. Opět tak dochází k nárůstu jihozápadního typu, po bližším prozkoumání se ale často jedná o srážky v letní polovině roku, které se neváží na západní typ cirkulace. Jedná se tak o odchylky od základních vlastností tohoto typu, a proto je pravděpodobné, že jsou to spíše konvektivní srážky zaznamenané na německé straně Šumavy. Po tomto zjištění a charakteru

rovnoměrného a severovýchodního typu jsou silné srážkové události koncentrovány většinou do teplé poloviny roku.

Od roku 2010 do roku 2014 se vyskytuje 29 případů, a to 17 rovního typu, pouze 7 jihozápadního typu a 5 severovýchodního typu. Jedná se o rozmezí pouze pěti let, nelze jej tak z celkového hlediska srovnávat z předchozími. Přesto je zde výrazné zastoupení rovního a jen mírné jihozápadního typu.

Z analýzy nejsou patrné jasné trendy z pohledu celkového počtu silných srážkových událostí. Jistý vzestupný trend zaznamenávají srážky rovního typu. Naopak sestupný trend se jeví u jihozápadního typu. V letní polovině roku tak lze očekávat častější silné srážkové události na úkor silného sněžení v zimním období. Z charakteristik rovního typu může pak docházet k častějším plošným povodním. Celková analýza ovšem není natolik obsáhlá a důkladná, aby se tyto predikce daly tvrdit s jistotou.

7. Diskuze

Výsledky analýzy této práce potvrzují ve většině ohledů poznatky, které byly nastíněny v rešeršní kapitole 3. Jeden z nejvýznamnějších vlivů na rozdělení srážek v analýze má orografie. Hlavně tak došlo k potvrzení silného závětrného efektu v Šumavském podhůří při západní cirkulaci v zimním období, která se v této práci převážně vyskytuje u jihozápadního typu. V tomto období je tak nejsilnější vliv proudění a zároveň je značně potlačena konvekce (Brádka 1970). Při koncentraci na konvektivní srážky dochází podle Rulfové et al. (2019) k výrazné dominanci v letním období na stanicích umístěných v Šumavském podhůří, což odpovídá rozdělení srážek u severovýchodního typu. Dále severní až severovýchodní proudění při výskytu vrstevnatých srážek v letním období vytváří v oblasti vedlejšího šumavského hřebene návětrí, kde dochází k zesilování srážek. Srážky navíc bývají celkově rovnoměrněji rozložené v celém povodí Otavy (Vlasák 2008), což je charakteristickým rysem rovnoměrného typu, kde se na zmíněném hřebeni nachází stanice Churáňov, která zaznamenává celková maxima.

Rozdělení silných srážek do tří typů srážek v analýze se z velké části shoduje s dělením, které používá Vlasák (2008) ve své disertační práci, týkající se návrhu databanky povodní na Otavě. Ten vytváří dvě skupiny, kdy jednu ještě dělí na dvě podskupiny, které symbolizují polohu jader příčinných srážek při povodních v souvislosti se směrem a rychlostí větru. To lze připodobnit k rozložení srážek napříč zvoleným profilem této práce. První skupinu symbolizuje silné proudění z jihozápadního směru, kde srážky jsou výrazně zesilovány na hraničním hřebeni Šumavy a následně směrem k severovýchodu výrazně klesají. Povodně se zde vyskytují převážně v zimním půlroce a jsou spojeny s cyklonálními situacemi W_c , W_{cs} , NW_c , nebo SW_{c2} a SW_{c3} . Výskyt těchto typů v zimním období na Šumavě potvrzují i Květoň a Žák (2011). Tato skupina je tak přirovnatelná k jihozápadnímu typu z této práce. Druhá skupina podle Vlasáka (2008) je podskupinou první, kdy vítr stále proudí z jihozápadního směru, ale nemá již takovou rychlost. Charakteristickým prvkem je větší podíl konvektivních srážek na vzniku povodní, tedy připodobnění k severovýchodnímu typu.

Třetí skupina má směr proudění větru ze severovýchodu, ale dochází i k přetáčení větru. Za jádro srážek je považována oblast mezi Kašperskými Horami a Vimperkem, kde je zároveň situována stanice Churáňov. Srážky se vyskytují převážně v letním půlroce a jsou rozloženy poměrně rovnoměrně v celém povodí Otavy, a to představuje výraznou podobnost

s rovnoměrným typem, popsáním v této práci. Vázány jsou na cirkulační typy C, Ec, NEc, B a Bp, což opět potvrzují Květoň a Žák (2018). Z analýzy práce i ze zastoupení cirkulačních typů při povodních si lze povšimnout značné absence anticyklonálních situací. Celkově malé spojení anticyklonálních situací se silnými srážkami potvrzuje Křivancová a Vavruška (1997), kdy dochází ke spojení především při přechodných dnech s jiným povětrnostním typem.

Na rozdělení silných srážek tak lze pohlížet i jako na různé příčiny povodní v této oblasti. Některé srážkové události zahrnuté do analýzy ovšem byly natolik silné, že svým rozsahem zapříčinily povodně v podstatné části Česka. Nejlepším příkladem jsou srpnové povodně roku 2002, kdy silné srážky zasáhly podstatnou část nejen Česka, ale celkově střední Evropy. Katastrofální následky pak měla hlavně druhá povodňová vlna, jelikož půda byla silně nasycená vodou, a proto měla nízké retenční vlastnosti (Vlasák 2008). Dalším příkladem jsou povodně v červnu 1981, které zasáhly převážně Plzeňský kraj a způsobily tak rozvodnění Berounky, povodně byly zaznamenány ale také třeba na Otavě a Ohři (Barták et al. 1981). Významná je také povodeň v červnu 2013, kdy extrémní srážky zasáhly pás od Šumavy až po Krkonoše (Šercl et al. 2013).

Ze zimních silných srážkových událostí je nejvýznamnější událost z prosince 1993. V Česku se silné srážky vyskytovaly převážně v pohraničních oblastech Šumavy (Vlasák 2008). Nejsilnější úhrny srážek byly ale zaznamenány západně od území Česka, kde způsobily povodně třeba na Máze, Dunaji atd. (Thieken et al. 2007; Wind et al. 1999). Pokud se tedy jedná o silné vrstevnaté srážky, které způsobují povodně, tak může být zaznamenán významný přesah do nadregionální úrovně. Konvektivní srážky mohou způsobovat také ničivé povodně, které jsou většinou ale lokálního charakteru. Při detekci takových srážek tak záleží na volbě konkrétních stanic.

Celkové výsledky analýzy jsou závislé také na volbě metod, které k dané analýze vedou. Jednou z možností snížení odchylek by byla eliminace problematických konvektivních srážek, které by se dalo dosáhnout podrobnějším zkoumáním charakteristik jednotlivých událostí. Přirazení konvektivních srážek na základě k-means do rozdílné skupiny může totiž způsobit odchylky v následné analýze dat. Pro vyhodnocení převážně konvektivních a vrstevnatých srážek navrhli Rulfová a Kyselý (2013) alternativní algoritmus, který funguje na principu využívání informací o stavu počasí a typech oblaků hlášených v datech SYNOP.

Zvolení nižšího percentilu, jako ve svých studiích používají např. Boroneant et al. (2006) nebo Karl a Knight (1998), by vedlo k zahrnutí i poměrně nízkých úhrnů srážek, a tedy

by se již nejednalo o silné srážkové události. Nižší percentil by se tak mohl zvolit, jedině pokud by byla časová řada zkoumaných dat delší a silných srážkových epizod by se tak vyskytovalo více. Zároveň by se daly zahrnout i odstraněná data kvůli nefunkčnosti jedné ze stanic, jelikož se v některých případech jednalo o velmi silné srážkové události. Zde by již musel být použit velmi propracovaný mechanismus interpolace dat, a i přesto by docházelo k určité odchylce od skutečných hodnot z důvodu vysoké variability počasí v prostoru i čase.

8. Závěr

Práce se zabývala rozdělením a následnou analýzou 201 silných srážkových událostí zaznamenaných na sedmi stanicích napříč Šumavou od března 1980 až po prosinec 2014. Cílem práce bylo nejprve vytvořit typizaci silných srážkových případů na základě denních srážkových úhrnů a následně vytvořené typy analyzovat z hlediska jejich sezonality, velikosti denních úhrnů, prostorové heterogenity, cirkulačních podmínek, vícedennosti srážkových událostí, meziroční variability a trendů, včetně posouzení vzájemné závislosti zmíněných charakteristik.

Výsledkem je vytvoření tří typů na základě vnitřní podobnosti rozložení srážek na jednotlivých stanicích za pomoci metody k-means. Vzniklé typy pojmenovány rovnoměrný typ, jihozápadní typ a severovýchodní typ vykazují hlavně značnou závislost na orografii a cirkulačních podmínkách. Návětrný efekt se projevuje nejvíce u jihozápadního typu, kdy je většina srážek koncentrována na německých stanicích a české stanici Filipova Huť. Vliv západního proudění potvrzují i převažující cirkulační typy Wc, Wcs a NWc, a to převážně v zimním období. Rovnoměrný typ je z pohledu orografie spojen se zesilováním srážek na nejvýše položených stanicích, tedy Churáňov a Filipova Huť, ale není zde výrazné zeslabení srážek v oblasti závětrí. Srážky jsou tak zřejmě podmíněny i jinými mechanismy než jen orografickými výstupy vzduchu, což potvrzují i převažující cirkulační typy C, Ec, B a Bp, které jsou umístěny většinou východně od Šumavy a ta se tak dostává do oblasti týlu cyklóny. Převážně vrstevnaté srážky na rozsáhlém území, které mohou trvat i několik dní, jsou pak příčinou silných povodní zpravidla v letních měsících. Nejméně ovlivněný orografií je severovýchodní typ, kde je většina srážkových úhrnů soustředěna na českých stanicích v nižších nadmořských výškách. Pravděpodobně se jedná o konvektivní srážky, které nejsou vázány na orografii a v důsledku jejich krátkodobého trvání zaznamenává tento typ i celkově nejnížší úhrny srážek a zároveň postrádá vícedenní srážkové události. Srážky jsou koncentrovány téměř výhradně do období od května do srpna a jsou navázány na cirkulační typy C, B, Bp a Wal, což potvrzuje silný význam konvekce při tomto typu.

Po shrnutí celkových výsledků je možné konstatovat, že se cíle práce povedlo naplnit. Přínosem pro další výzkumy je hlavně propojení německých stanic s českými. U dalších studií by tak bylo možné se zaměřit na jiné profily, případně na zvolení více profilů v rámci jednoho pohoří na návětrné i závětrné straně, a analyzovat tak rozdíly v různých oblastech. Zajímavé

by bylo analyzovat i jiná česká pohoří jako např. Krušné hory, které vytvářejí nejvýraznější srážkový stín v rámci Česka. Inovací byla i analýza skupin z hlediska rozsahu úhrnů, které v různých částech profilu dosahují. Možným tématem by pak bylo hodnotit subdenní data v rámci jednoho profilu. Toto téma by bylo přínosné hlavně z pohledu silných konvektivních srážek, které mají vysokou intenzitu v krátkém časovém úseku, z pohledu denních úhrnů se ovšem často nevyrovnají srážkám vrstevnatým. Dalším návrhem by bylo pokročilejší třídění, kde by rozdělení srážek bylo jen jedním z faktorů, dalšími kritérii by tak mohla být cirkulace, charakterizována pokročilejšími metodami, sezóna výskytu, dělení konvektivních a vrstevnatých srážek, podíl sněžení v chladném půlroce atd.

Literatura

ALBRECHT J. et al. (2003): Chráněná území ČR – Českobudějovicko. In: Mackovčín P., Sedláček M. (eds.): Chráněná území ČR, svazek VIII. Agentura ochrany přírody a krajiny ČR a EkoCentrum Brno, Praha, 808 s.

BAKER, D. B., RICHARDS, R. P., LOFTUS, T. T., KRAME, J. W. (2004): A new flashiness index: characteristics and applications to midwestern rivers and streams. *Journal of the American Water Resources Association*, 40, č. 2, s. 503–522

BARTÁK, Z. STERLYOVÁ, M., FRANKOVÁ, H. (1981): Zpráva o povodni červenec 1981. Český hydrometeorologický ústav, Plzeň, 17 s.

BIČÍK, I., KUPKOVÁ, L. (2004): Vývoj struktury ploch v povodí Otavy v letech 1845-1948-1990-2000. In: Hodnocení vlivu změn přírodního prostředí na vznik a vývoj povodní. Sborník příspěvků semináře grantu GAČČR 2005/Z052/03, s. 1–18

BOLT, B.A., HORN, W. L., MACDONALD, G. A., SCOTT, R. F. (1975): *Geological Hazards*. Springer Verlag, Berlin, 328 s.

BORONEANT, C., PLAUT, G., GIORGI, F. et al. (2006): Extreme precipitation over the Maritime Alps and associated weather regimes simulated by a regional climate model: Present-day and future climate scenarios. *Theoretical Applied Climatology*, 86, s. 81–99

BRÁDKA, J. (1968): Typizace v meteorologii. *Meteorologické zprávy*, 21, č. 4, s. 122–125

BRÁDKA, J. (1970): Srážky v závětrí Šumavy při západní cyklonální povětrnostní situaci. *Meteorologické zprávy*, 23, č.5, s. 140–144

BRÁDKA, J., DŘEVÍKOVSKÝ, A., GREGOR, Z., KOLESÁR, J. (1961): Počasí na území Čech a Moravy v typických povětrnostních situacích. Hydrometeorologický ústav v Praze, Praha, 32 s.

BRÁZDIL, R., DOBROVOLNÝ, P., ELLEDER, L., KAKOS, V., KOTYZA, O., KVĚTOŇ, V., MACKOVÁ, J., MÜLLER, M., ŠTEKL, J., TOLASZ, R., VALÁŠEK, H. (2005): Historické a současné povodně v České republice. In: *Historie počasí a podnebí v českých zemích, svazek 7*. Masarykova univerzita v Brně a Český hydrometeorologický ústav v Praze, Brno–Praha, 370 s.

BYSTRICKÝ, V., MORAVCOVÁ, J., POLENSKÝ, J., PEČENKA, J. (2017): Land use changes in the last half century and their impact on water retention in the Šumava mountains and foothills (Czech Republic). *European Countryside*, 9, č. 1, s. 116–131

CZUDEK, T. (2005): Vývoj reliéfu krajiny České republiky v kvartéru. *Moravské zemské muzeum, Brno*, 238 s.

ČURDA, J., JANSKÝ, B., KOCUM, J. (2011): Vliv fyzickogeografických faktorů na extremitu povodní v povodí Vydry. *Geografie*, 116, č.3, s. 335–353.

DEMEK, J., MACKOVČIN, P. (eds.) (2014): *Zeměpisný lexikon ČR*. Mendelova univerzita v Brně, Brno, 607 s.

DVOŘÁK, P. (2007): *Atlas oblaků*. Moravská zemská knihovna v Brně, Cheb, 127 s.

FISCHER, A., LINDNER, M., ABS, C., LASCH, P. (2002): Vegetation dynamics in central european forest ecosystems (near-natural as well as managed) after storm events. *Folia Geobot*, 37, s. 17–32

- HENNESSY, K., GREGORY, J., MITCHELL, J. (1997): Changes in daily precipitation under enhanced greenhouse conditions. *Climate Dynamics*, 13, s. 667–680
- HORTON, R. E. (1932): Drainage-basin characteristics. *Transactions American Geophysical Union*, 13, č. 1, s. 350–361
- HOSTÝNEK, J. (2014): Vliv orografie na zesílení srážek v oblasti Šumavy při povodňových situacích ve dnech 12.–13. 8. 2002 a 1.–3. 6. 2013. *Meteorologické zprávy*, 67, č.4, s. 106–111
- CHANGNON, S. A. (2001): Thunderstorm rainfall in the conterminous United States. *Bulletin of the American Meteorological Society*, 82, s. 1925–1940
- JANSKÝ, B., KOCUM, J. (2007): Hydrologická funkce rašelinišť. In: Langhammer, J. (ed.): *Změny v krajině a povodňové riziko. Sborník příspěvků semináře Povodně a změny v krajině*, Přírodovědecká fakulta Univerzity Karlovy, s. 105–114
- KARL, T. R., KNIGHT, R. W. (1998): Secular trends of precipitation amount, frequency, and intensity in the United States. *Bull Am Meteorol Soc* 79, s. 1107–1119
- KAŠPAR, M., MÜLLER, M. (2010): Variants of synoptic-scale patterns inducing heavy rains in the Czech Republic. *Physics and Chemistry of the Earth*, 35, s. 277–283
- KHEDAIRIA, S., KHADIR, M. T. (2008): Self-Organizing Map and K-Means for Meteorological Day Type Identification for the Region of Annaba -Algeria. *7th Computer Information Systems and Industrial Management Applications*, s. 91–96
- KLIMENT, Z., MATOUŠKOVÁ, M. (2007): Změny ve vývoji odtoku v pramenných oblastech Otavy v kontextu vlivu člověka a změny klimatu. In: Langhammer, J. (ed.): *Změny v krajině a povodňové riziko. Sborník příspěvků semináře Povodně a změny v krajině*, Přírodovědecká fakulta Univerzity Karlovy, s. 95–104
- KLIMENT, Z., MATOUŠKOVÁ, M. (2009): Runoff Changes in the Šumava Mountains (Black Forest) and the Foothill Regions: Extent of Influence by Human Impact and Climate Change. *Water Resour Manage*, 23, s. 1813–1834
- KONRAD, CH. E. (1996): Relationships between precipitation event types and topography in the southern Blue Ridge Mountains of the southeastern USA. *International journal of climatology*, 16, s. 49–62
- KRÁL, V. (1999): *Fyzická geografie Evropy*. Academia, Praha, 384 s.
- KŘIVANCOVÁ, S. (1991): Teplotní zvláštnosti Šumavy. *Meteorologické zprávy*, 44, č.5, s. 143–150
- KŘIVANCOVÁ, S., VAVRUŠKA, F. (1997): Základní meteorologické prvky v jednotlivých povětrnostních situacích na území České republiky v období 1961–1990. *Český hydrometeorologický ústav*, Praha, 114 s.
- KVĚTOŇ, V., ŽÁK, M. (2011): Vliv středomořských tlakových níží na kalamitní sněžení v České republice. *Meteorologické zprávy*, 64, č.5, s. 129–136
- KVĚTOŇ, V., ŽÁK, M. (2018): Vliv středomořských tlakových níží na četnost výskytu vydatných srážek a kalamitních sněžení ve vybraných regionech České republiky. *Meteorologické zprávy*, 71, č.2, s. 45–58
- KYSELÝ, J. (2009): Trends in heavy precipitation in the Czech Republic over 1961–2005. *International Journal of Climatology*, 29, s. 1745–1758

- LACHOVÁ, B. (2017): Geoekologické preference jelena evropského v NP Šumava a Bavorský les. Bakalářská práce, Přírodovědecká fakulta UK, 54 s.
- LUDLAM, F. H. (1966): Cumulus and cumulonimbus convection. *Tellus*, 18, s. 687–698
- MATĚJKA, K. (2008): Variabilita lesních společenstev Šumavy. IDS, Praha, 35 s.
- O’GORMAN, P. A., SCHNEIDER, T. (2009): The physical basis for increases in precipitation extremes in simulations of 21st-century climate change. *PNAS*, 106, s. 14773–14777
- PRINTZEN, CH., HALDA, J., PALICE, Z., TØNSBERG, T. (2002): New and interesting lichen records from old-growth forest stands in the German National Park Bayerischer Wald. *Nova Hedwigia*, 74, č.1, s. 25–49
- PROCHÁZKA, J. (2019): Březník – srdce Šumavy i z pohledu meteorologie. In Lipina, P., Procházka, J. (eds.): Meteorologická konference Šumava 2019. Praha, 149 s.
- PRUDHOMME, C., REED, W. (1998): Relationships between extreme daily precipitation and topography in a mountainous region: A case study in Scotland. *International journal of climatology*, 18, s. 1439–1453
- RAAB, T., VÖLKEL, J. (2003): Late Pleistocene glaciation of the Kleiner Arbersee area in the Bavarian Forest, south Germany. *Quaternary Science Reviews*, 22, s. 581–593
- ROSS, R. J., ELLIOTT, W. P. (2001): Radiosonde-based Northern Hemisphere tropospheric water vapor trends. *Journal of Climate*, 14, s. 1602–1612
- RULFOVÁ, Z., BERANOVÁ, R., KYSELÝ, J. (2019): Charakteristiky konvekčních a vrstevnatých srážek na stanicích v České republice v letech 1982-2016. *Meteorologické zprávy*, 72, č.1, s. 11–18
- RULFOVÁ, Z., KYSELÝ, J. (2013): Disaggregating convective and stratiform precipitation from station weather data. *Atmospheric Research*, 134, s. 100–115
- ŘEZÁČOVÁ, D., NOVÁK, P., KAŠPAR, M., SETVÁK, M. (2007): Fyzika oblaků a srážek. Academia, Praha, 574 s.
- SANDEV, M. (2017): Mechanismus cirkulace atmosféry vedoucí k vydatným srážkám a povodním ve střední Evropě. *Meteorologické zprávy*, 70, č.3, s. 78–86
- SCHÄR, C., BAN, N., FISCHER, E.M., RAJZAK, J., SCHMIDLI, J., FREI, C., GIORGI, F., KARL, T. R., KENDON, E. J., TANK, A. M. G., O’GORMAN, P. A., SILLMANN, J., ZHANG, X., ZWIERS, F. W. (2016): Percentile indices for assessing changes in heavy precipitation events. *Climatic Change*, 137, s. 201–216
- STAROSTOVÁ, M. (2012): Měření srážek totalizátory na Šumavě. *Meteorologické zprávy*, 65, č.6, s. 180–183
- ŠEFRNA, L. (2004): Pedologická charakteristika povodí Otavy ve vztahu k povodním. In: Hodnocení vlivu změn přírodního prostředí na vznik a vývoj povodní. Sborník příspěvků semináře grantu GAČČR 2005/Z052/03, s. 196–212
- ŠERCL, P., TYL, R., PECHA, M. (2013): Průběh a extremita povodně v červnu 2013. *Meteorologické zprávy*, 66, č. 6, s. 197–202
- ŠOBR, M. (2007): Jezera České republiky (fyzickogeografické a fyzikálně-limnologické poměry). Disertační práce, Přírodovědecká fakulta UK, Praha, 232 s.

- ŠTĚKL, J., BRÁZDIL, R., KAKOS, V., JEŽ, J., TOLASZ, R., SOKOL, Z. (2001): Extrémní denní srážky na území České republiky v období 1879–2000 a jejich synoptické příčiny. In: Národní klimatický program ČR, svazek 31. Český hydrometeorologický ústav, Praha, 140 s.
- THIEKEN, A. H., KREIBICH, H., MÜLLER, M., MERZ, B. (2007): Coping with floods: preparedness, response and recovery of flood-affected residents in Germany in 2002. *Hydrological Science Journal*, 52, č. 5, s. 1016–1037
- TOLASZ, R. (2007): Atlas podnebí Česka. Český hydrometeorologický ústav, Olomouc, 255 s.
- TOMÁŠEK, M. (2003): Půdy České republiky. Česká geologická služba, Praha, 68 s.
- VLÍMEK, V. (2004): Zhodnocení průběhu a následků povodně z hlediska geomorfologie. In: Hodnocení vlivu změn přírodního prostředí na vznik a vývoj povodní. Sborník příspěvků semináře grantu GAČČR 2005/Z052/03, s. 213–226
- VLASÁK, T. (2007): Povodňové režimy Otavy a Lužnice. In: Langhammer, J. (ed.): Změny v krajině a povodňové riziko. Sborník příspěvků semináře Povodně a změny v krajině, Přírodovědecká fakulta Univerzity Karlovy, s. 173–182
- VLASÁK, T. (2008): Návrh databanky povodní Otavy a její využití v protipovodňové ochraně. Disertační práce, Přírodovědecká fakulta UK, 254 s.
- VLČEK, L. (2017): Retence vody v půdách horských oblastí na příkladu Šumavy. Disertační práce, Přírodovědecká fakulta Univerzity Karlovy, Praha, 127 s.
- VOJVODÍK, A., JINDRA, J., PROCHÁZKA, J. (2019): Shrnutí poznatků z mrazových lokalit Šumavy – Perla a Rokytská. In Lipina, P., Procházka, J. (eds.): Meteorologická konference Šumava 2019. Praha, 149 s.
- VOSS, R., MAY, W., ROECKNER, E. (2002): Enhanced resolution modelling study on anthropogenic climate change: changes in extremes of hydrological cycle. *International Journal of Climatology*, 22, s. 755–777
- VYSOUDIL, M. (2009): Klasifikace místních klimatických efektů. *Geografický časopis*, 61, č.3, s. 229–241
- WEISS, K., BOIS, P. (2001): Topographic effects on statistical characteristics of heavy rainfall and mapping in the French Alps. *Journal of applied meteorology*, 40, s. 720–740
- WESTRA, S., FOWLER, H. J., EVANS, J. P., ALEXANDER, L. V., BERG, P., JOHNSON, F., KENDON, E. J., LENDERICK, G., ROBERTS, N. M. (2014): Future changes to the intensity and frequency of short-duration extreme rainfall. *Reviews of Geophysics*, 52, č. 3, s. 522–555
- WIND, H. G., NIEROP, T. M., DE BLOIS, C. J., DE KOK, J. L. (1999): Analysis of flood damages from the 1993 and 1995 Meuse floods. *Water resources research*, 35, č. 11, s. 3459–3465
- WMO (2009): Guidelines on analysis of extremes in a changing climate in support of informed decisions for adaptation. Klein Tank A. M. G., Zwiers F. W., Zhang X. (eds.). WCDMP No. 72, WMO-TD No. 1500, 52 s.

Internetové zdroje

ČHMÚ (2020): Typizace povětrnostních situací pro území České republiky. <http://portal.chmi.cz/historicka-data/pocasi/typizace-povetrnostnich-situaci#> (cit. 12. 5. 2020)

ČMeS (2020): Elektronický meteorologický slovník výkladový a terminologický (eMS). <http://slovník.cmes.cz> (cit. 2. 5. 2020)

Mapy (2020): Mapový portál. <https://mapy.cz> (cit. 10. 4. 2020)

Mathworks (2020): Millions of Engineers and Scientists Trust MATLAB. <https://www.mathworks.com/products/matlab.html> (cit. 6. 5. 2020)

Naturpark Bayer Wald (2020): Böden entwickeln sich, Wälder kehren zurück. <https://www.naturpark-bayer-wald.de/boeden-und-waelder.html> (cit. 12. 4. 2020)

NP Šumava (2020a): Ochranný status. <https://www.npsumava.cz/sprava-np/uzemi-pod-spravou-nps/legislativni-ochrana-uzemi/> (cit. 21. 4. 2020)

NP Šumava (2020b): Přírodní poměry. <https://www.npsumava.cz/priroda/prirodni-pomery/> (cit. 10. 4. 2020)

Za krásnější Vimperk (2020): Český hydrometeorologický ústav: Srážkové poměry Šumavy. <http://zakrasnejsivimperk.cz/?p=185766> (cit. 15. 5. 2020)

Seznam obrázků

Obrázek 1: Schéma vývoje srážek z konvektivní oblačnosti.....	14
Obrázek 2: Schéma vývoje srážek z vrstevnaté oblačnosti	15
Obrázek 3: Stanice v zájmovém území.....	22
Obrázek 4: Příčný profil zájmového území.....	24
Obrázek 5: Průměrné roční úhrny srážek na Šumavě v období let 2000-2019.....	25
Obrázek 6: Česko-německé hranice (Česko vpravo od cesty).....	31
Obrázek 7: Vegetační stupňovitost Šumavy – schéma	32
Obrázek 8: Hydrogram řeky Labe v Neu-Darchau.....	35
Obrázek 9: Tři typy srážkových událostí	40
Obrázek 10: Rozsah normalizovaných srážkových úhrnů při událostech rovnoměrného typu	41
Obrázek 11: Rozsah normalizovaných srážkových úhrnů při událostech jihozápadního typu.....	42
Obrázek 12: Rozsah normalizovaných srážkových úhrnů při událostech severovýchodního typu.....	43
Obrázek 13: Statistické rozdělení denních úhrnů srážek na jednotlivých stanicích při událostech rovnoměrného typu.....	44
Obrázek 14: Statistické rozdělení denních úhrnů srážek na jednotlivých stanicích při událostech jihozápadního typu	45
Obrázek 15: Statistické rozdělení denních úhrnů srážek na jednotlivých stanicích při událostech severovýchodního typu	46
Obrázek 16: Statistické rozdělení heterogenity jednotlivých typů	47
Obrázek 17: Početní zastoupení jednotlivých srážkových typů v průběhu roku	49
Obrázek 18: Četnost zastoupení cirkulačních typů	50
Obrázek 19: Četnost silných srážkových událostí v letech 1980-2014.....	51

Seznam tabulek

Tabulka 1: Vysvětlení zkratk cirkulačních situací	19
Tabulka 2: Průměrné měsíční a roční úhrny srážek na zvolených stanicích v období 1980-2014.....	27

Seznam příloh

Příloha 1: Cirkulační typy, normované denní úhrny $[R_n]$, denní úhrny $[R_d]$ (mm), průměrné denní úhrny (mm), maximální denní úhrny (mm) a heterogenita rovnoměrného typu	
Příloha 2: Cirkulační typy, normované denní úhrny $[R_n]$, denní úhrny $[R_d]$ (mm), průměrné denní úhrny (mm), maximální denní úhrny (mm) a heterogenita jihozápadního typu	
Příloha 3: Cirkulační typy, normované denní úhrny $[R_n]$, denní úhrny $[R_d]$ (mm), průměrné denní úhrny (mm), maximální denní úhrny (mm) a heterogenita severovýchodního typu	

Příloha 1: Cirkulační typy, normované denní úhrny [R_n], denní úhrny [R_d] (mm), průměrné denní úhrny (mm), maximální denní úhrny (mm) a heterogenita rovnoměrného typu, data jsou řazena podle průměrných denních úhrnů, kalendářní dny jsou barevně odděleny na čtvrtletí, cirkulační typy jsou napsány pomocí zkratk používaných v ČHMÚ, normované denní úhrny jednotlivých stanic jsou barevně zvýrazněny na základě hodnot (vysoké hodnoty – tmavě modrá; nízké hodnoty – červená), u denních úhrnů jsou tučně maxima na jednotlivých stanicích, heterogenita je podíl maximálního denního úhrny ku průměrnému dennímu úhrnu

Datum	Kalendářní den	Cirkulační typ	R_n - Schönberg/Niederbayern	R_n - Sankt Oswald-Riedlhütte	R_n - Filipova Huť	R_n - Churáňov	R_n - Vacov - Peckov	R_n - Volyně	R_n - Strakonice	R_d - Schönberg/Niederbayern	R_d - Sankt Oswald-Riedlhütte	R_d - Filipova Huť	R_d - Churáňov	R_d - Vacov-Peckov	R_d - Volyně	R_d - Strakonice	Maximální R_d	Průměrné R_d	Heterogenita
19.07.1981	19.07.	B	4,5	3,2	7,1	9,0	7,4	7,4	7,0	54,0	38,3	85,1	107,2	88,2	87,6	83,1	107,2	77,6	1,38
12.08.2002	12.08.	C	4,6	6,8	7,3	9,0	7,6	5,1	4,7	49,7	73,5	78,8	96,7	81,5	55,2	50,3	96,7	69,4	1,39
07.08.2002	07.08.	C	4,6	3,3	9,0	8,1	6,6	8,9	7,4	40,2	28,5	78,7	71,0	57,4	78,1	64,4	78,7	59,8	1,32
01.06.2013	01.06.	C	3,4	4,7	8,3	9,0	4,7	5,1	5,0	33,1	45,6	80,3	86,7	45,2	48,7	48,0	86,7	55,4	1,57
06.08.2002	06.08.	C	8,7	6,7	8,5	9,0	8,8	8,8	8,5	56,2	43,5	54,8	58,1	56,6	56,7	54,6	58,1	54,4	1,07
28.10.1998	28.10.	Wc	5,7	5,0	9,0	7,4	4,5	3,2	2,4	54,6	48,2	86,4	70,8	42,8	30,6	22,6	86,4	50,9	1,70
20.12.1993	20.12.	Wc	9,0	5,1	6,5	6,6	5,4	5,8	5,2	72,6	41,0	52,7	53,6	43,7	46,8	42,3	72,6	50,4	1,44
17.07.2010	17.07.	Bp	7,4	2,5	5,0	9,0	6,9	4,4	2,7	67,8	22,8	46,1	83,0	63,9	40,2	24,8	83,0	49,8	1,67
03.07.2012	03.07.	B	1,0	0,4	8,1	7,5	9,0	4,8	5,2	9,5	3,4	78,6	72,7	87,3	46,3	50,9	87,3	49,8	1,75
11.08.2002	11.08.	C	4,3	4,1	3,3	9,0	4,9	3,5	2,9	47,2	44,8	35,4	97,8	52,9	38,1	31,7	97,8	49,7	1,97
26.05.2009	26.05.	Bp	6,8	6,1	8,7	8,4	9,0	5,6	8,3	42,9	38,3	54,8	52,8	56,6	35,3	52,0	56,6	47,5	1,19
02.08.1983	02.08.	B	5,4	3,9	9,0	9,0	7,3	7,3	8,2	35,6	25,3	58,6	58,9	47,5	48,0	53,4	58,9	46,8	1,26
07.06.2002	07.06.	C	3,9	5,8	7,2	5,6	8,7	8,9	9,0	25,1	37,1	45,9	35,8	55,8	56,8	57,4	57,4	44,8	1,28
06.08.1985	06.08.	Bp	7,9	5,0	9,0	8,3	7,7	6,5	5,9	47,3	29,8	53,7	49,7	45,9	38,5	35,3	53,7	42,9	1,25

25.06.1995	25.06.	NEc	4,5	4,1	9,0	8,9	5,7	3,2	2,6	33,1	30,1	66,2	65,2	42,0	23,4	18,9	66,2	39,8	1,66
20.03.2002	20.03.	Wc	9,0	9,0	8,2	6,0	6,2	7,1	6,1	48,1	48,0	43,7	31,9	33,4	38,1	32,6	48,1	39,4	1,22
21.07.1980	21.07.	Cv	7,4	9,0	6,6	7,4	4,7	5,3	4,2	45,5	55,3	40,6	45,7	28,9	32,6	26,0	55,3	39,2	1,41
31.07.1991	31.07.	Vfz	3,9	2,1	5,8	9,0	8,0	4,9	3,5	28,8	15,4	43,2	66,6	59,0	36,0	25,7	66,6	39,2	1,70
01.09.1995	01.09.	C	7,4	9,0	5,9	8,9	6,5	4,5	3,1	43,6	53,1	34,6	52,4	38,5	26,6	18,2	53,1	38,1	1,39
08.07.1996	08.07.	B	6,5	5,8	7,1	9,0	7,9	6,8	7,2	33,8	30,1	37,2	47,1	41,2	35,6	37,6	47,1	37,5	1,26
08.07.2014	08.07.	C	3,7	4,5	5,1	9,0	5,1	3,2	3,9	27,3	33,5	38,0	67,1	38,0	24,2	29,1	67,1	36,7	1,83
06.08.2006	06.08.	C	0,6	2,9	7,5	9,0	6,4	4,6	6,2	4,3	19,8	51,2	61,3	43,9	31,0	42,0	61,3	36,2	1,69
06.09.2007	06.09.	Ec	3,4	4,6	9,0	7,4	7,5	8,6	5,0	18,9	25,2	49,8	41,1	41,3	47,5	27,8	49,8	35,9	1,39
02.06.2010	02.06.	NEc	2,6	3,6	9,0	8,1	6,6	6,2	5,7	15,4	21,4	53,1	47,6	39,2	36,8	33,5	53,1	35,3	1,50
29.06.2006	29.06.	SWC ₂	3,4	3,9	6,0	9,0	4,6	3,7	2,9	24,9	28,5	44,2	66,1	34,0	27,2	21,5	66,1	35,2	1,88
01.06.1996	01.06.	B	7,1	4,1	6,2	3,8	3,7	4,4	9,0	45,3	26,4	39,4	24,0	23,8	28,0	57,6	57,6	34,9	1,65
16.08.1985	16.08.	SWC ₃	8,3	8,1	9,0	8,8	4,8	6,1	5,6	38,5	37,4	41,6	40,7	22,4	28,1	26,0	41,6	33,5	1,24
28.08.1999	28.08.	Bp	2,1	1,7	9,0	9,0	3,9	3,2	2,8	15,3	12,4	66,2	66,3	28,4	23,8	20,5	66,3	33,3	1,99
31.08.2014	31.08.	Wcs	7,5	9,0	6,6	7,0	5,2	5,2	6,6	36,5	44,0	32,1	34,3	25,2	25,5	32,1	44,0	32,8	1,34
20.08.1988	20.08.	B	8,4	9,0	7,2	6,3	5,2	4,4	5,1	41,8	44,8	35,6	31,6	26,0	22,0	25,6	44,8	32,5	1,38
20.10.1996	20.10.	Wc	5,3	7,7	3,6	6,6	3,5	9,0	8,0	27,5	39,8	18,8	34,4	18,4	46,7	41,6	46,7	32,5	1,44
02.06.2004	02.06.	Wcs	5,6	5,1	9,0	7,4	4,8	4,9	5,1	30,2	27,5	48,2	39,6	25,7	26,4	27,3	48,2	32,1	1,50
12.06.1998	12.06.	B	6,6	6,1	6,2	9,0	7,2	5,5	6,4	30,9	28,6	28,8	42,1	33,5	25,6	30,1	42,1	31,4	1,34
22.10.2014	22.10.	Ec	4,0	5,3	9,0	8,7	4,7	2,3	2,2	23,9	31,8	54,1	52,5	28,5	14,0	13,4	54,1	31,2	1,74
04.07.2009	04.07.	Wc	1,1	2,6	8,8	7,0	3,2	9,0	6,6	6,1	14,9	49,8	39,8	18,1	51,0	37,5	51,0	31,0	1,64
22.06.2009	22.06.	Ec	0,7	1,3	9,0	7,7	6,5	5,0	3,3	4,6	8,6	58,1	49,5	41,7	32,5	21,3	58,1	30,9	1,88
18.07.1981	18.07.	B	7,7	8,7	9,0	8,4	7,2	7,7	8,9	28,6	32,2	33,4	31,2	26,6	28,5	33,1	33,4	30,5	1,09
13.05.1995	13.05.	C	2,5	2,3	6,8	9,0	6,3	8,2	6,7	12,6	11,5	34,6	45,8	31,9	41,6	34,0	45,8	30,3	1,51
05.07.1997	05.07.	B	5,1	2,8	8,2	9,0	6,9	6,9	6,0	23,3	13,0	37,4	41,1	31,4	31,3	27,6	41,1	29,3	1,40
23.04.1980	23.04.	NEc	5,4	4,9	5,3	9,0	3,4	0,7	5,5	32,0	29,0	31,7	53,7	20,4	4,2	32,6	53,7	29,1	1,85
09.07.1999	09.07.	Cv	1,5	1,1	6,0	9,0	5,6	2,6	2,1	11,0	7,9	42,8	64,5	40,1	18,9	14,8	64,5	28,6	2,26
27.05.2006	27.05.	Wc	5,7	4,6	9,0	4,9	4,6	4,5	4,7	29,6	24,1	47,1	25,9	24,0	23,5	24,8	47,1	28,4	1,66
12.10.2011	12.10.	Nc	4,4	9,0	7,3	8,9	8,8	8,6	8,2	15,8	32,4	26,3	32,0	31,8	30,8	29,4	32,4	28,4	1,14

30.08.2012	30.08.	Bp	5,8	7,5	8,9	6,4	6,3	7,3	9,0	22,3	29,0	34,6	25,0	24,3	28,3	34,9	34,9	28,3	1,23
08.07.1989	08.07.	SWC ₁	5,9	3,4	8,1	7,9	9,0	7,2	3,7	25,4	14,8	35,3	34,1	39,0	31,2	16,0	39,0	28,0	1,39
05.06.1988	05.06.	B	5,3	3,3	5,5	8,5	6,6	9,0	8,0	22,3	14,0	23,2	35,9	28,0	38,0	33,6	38,0	27,9	1,36
02.06.2013	02.06.	NEc	5,0	4,4	9,0	6,9	3,7	4,1	4,1	26,3	23,1	47,3	36,3	19,7	21,4	21,5	47,3	27,9	1,69
21.08.2005	21.08.	Ec	0,4	0,8	4,7	9,0	6,3	4,3	3,4	2,7	5,6	31,4	60,7	42,4	28,8	23,0	60,7	27,8	2,18
12.07.1984	12.07.	SWC ₂	5,8	8,9	8,7	8,7	9,0	5,5	7,3	20,5	31,3	30,6	30,6	31,7	19,2	25,7	31,7	27,1	1,17
05.10.2003	05.10.	Bp	3,5	1,5	8,7	9,0	8,8	8,0	5,5	14,6	6,5	36,6	37,9	37,0	33,6	23,1	37,9	27,0	1,40
11.06.1993	11.06.	SWC ₂	3,5	6,8	7,8	7,6	6,2	3,7	9,0	14,2	27,1	31,4	30,3	24,9	15,0	36,1	36,1	25,6	1,41
22.06.2000	22.06.	B	5,8	5,0	8,9	8,1	9,0	7,1	6,9	20,4	17,5	31,2	28,1	31,4	24,8	24,0	31,4	25,3	1,24
16.07.2002	16.07.	Ec	3,0	9,0	4,8	4,1	4,9	6,1	4,7	13,9	41,5	22,2	19,0	22,8	28,3	21,6	41,5	24,2	1,72
16.12.1982	16.12.	Wc	6,5	5,0	8,9	9,0	4,4	1,8	3,0	28,2	21,8	38,6	38,9	19,2	7,9	12,9	38,9	23,9	1,63
12.10.1980	12.10.	C	4,8	5,2	6,6	7,7	5,9	7,8	9,0	16,8	18,4	23,2	27,0	20,7	27,3	31,7	31,7	23,6	1,34
01.06.1995	01.06.	B	7,3	2,8	6,3	8,5	7,2	9,0	6,5	25,0	9,5	21,7	29,1	24,8	30,8	22,3	30,8	23,3	1,32
30.07.2005	30.07.	SWC ₃	2,9	3,8	5,6	6,5	7,0	9,0	7,9	11,2	14,5	21,2	24,7	26,7	34,3	30,0	34,3	23,2	1,48
18.05.1997	18.05.	Vfz	1,9	2,5	3,1	9,0	4,5	4,6	3,5	10,5	14,0	17,1	49,9	25,1	25,6	19,2	49,9	23,1	2,16
12.09.2005	12.09.	C	0,1	2,1	6,8	9,0	6,0	2,9	1,7	0,5	11,7	38,2	50,9	34,2	16,5	9,8	50,9	23,1	2,20
27.05.2014	27.05.	B	3,6	5,2	4,3	9,0	5,7	7,2	4,3	14,9	21,3	17,5	37,0	23,5	29,5	17,6	37,0	23,0	1,61
20.06.2012	20.06.	SWC ₂	3,1	3,2	2,7	8,9	9,0	3,5	2,7	14,8	15,0	12,9	42,2	42,6	16,6	12,7	42,6	22,4	1,90
21.07.2014	21.07.	Bp	1,1	2,0	2,8	9,0	6,8	3,2	3,5	5,6	10,3	14,2	46,2	35,0	16,5	18,2	46,2	20,9	2,22
16.09.1984	16.09.	C	4,9	3,4	6,0	9,0	6,3	0,1	5,2	20,1	13,7	24,2	36,6	25,7	0,5	21,2	36,6	20,3	1,80
01.07.2009	01.07.	Ec	0,4	0,0	8,9	0,2	0,0	0,2	9,0	2,7	0,0	67,1	1,2	0,0	1,1	68,0	68,0	20,0	3,40
03.08.2009	03.08.	Bp	1,5	4,0	8,6	9,0	6,3	3,2	2,1	6,1	16,0	34,5	36,2	25,5	13,0	8,5	36,2	20,0	1,81
27.11.1990	27.11.	B	2,5	1,2	5,4	9,0	6,7	2,5	8,3	9,0	4,5	19,6	32,9	24,4	9,3	30,5	32,9	18,6	1,77
10.06.1980	10.06.	C	3,4	2,0	0,9	9,0	3,1	2,5	1,0	20,3	11,8	5,1	53,5	18,4	14,9	5,8	53,5	18,5	2,89
23.09.2002	23.09.	B	0,6	0,6	5,2	9,0	6,5	4,2	2,5	2,4	2,5	22,6	38,8	28,0	18,2	10,7	38,8	17,6	2,20
10.06.2013	10.06.	Bp	1,8	1,2	5,4	9,0	3,5	5,3	5,6	7,0	4,7	20,4	34,2	13,4	20,3	21,4	34,2	17,3	1,97
19.07.1994	19.07.	NEc	4,6	1,6	7,7	3,7	1,8	0,3	9,0	18,5	6,6	31,1	15,0	7,3	1,1	36,4	36,4	16,6	2,20
10.07.2005	10.07.	NEc	1,8	1,5	6,8	6,3	9,0	4,5	2,4	6,4	5,5	24,2	22,5	32,0	16,1	8,5	32,0	16,5	1,94
28.07.1996	28.07.	Wal	0,1	0,0	3,9	9,0	0,7	0,7	0,2	0,7	0,0	25,3	58,2	4,6	4,2	1,5	58,2	13,5	4,31

09.06.1983	09.06.	Wal	0,3	0,1	9,0	0,7	0,3	0,0	0,0	2,4	0,6	67,4	5,2	2,3	0,1	0,0	67,4	11,1	6,05
02.07.2009	02.07.	Ec	0,3	0,0	4,9	9,0	1,0	0,7	1,7	1,0	0,0	20,1	36,6	3,9	2,8	7,0	36,6	10,2	3,59
28.08.2002	28.08.	Ec	0,8	0,4	0,3	0,5	9,0	5,5	0,3	3,5	1,5	1,2	2,2	38,0	23,2	1,2	38,0	10,1	3,76
06.07.2006	06.07.	SEa	2,7	2,9	0,3	0,4	9,0	1,2	0,8	10,2	11,0	1,0	1,5	34,1	4,7	3,0	34,1	9,4	3,64
05.07.2010	05.07.	Bp	0,8	0,1	9,0	0,4	0,9	0,7	0,9	4,2	0,3	46,8	1,8	4,6	3,5	4,8	46,8	9,4	4,96
20.05.1993	20.05.	SWc ₁	0,0	0,0	9,0	0,8	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	58,4	4,9	0,2	0,0	0,0	58,4	9,1	6,44
12.06.2007	12.06.	Ea	1,3	0,4	1,1	2,8	9,0	1,4	0,0	4,7	1,5	4,2	10,0	32,2	5,0	0,1	32,2	8,2	3,91
08.07.2012	08.07.	SWc ₂	1,0	1,1	0,1	0,1	1,1	0,7	9,0	4,3	4,7	0,3	0,5	4,6	2,8	38,5	38,5	8,0	4,84
09.08.1984	09.08.	SEc	0,0	0,0	0,0	0,3	0,2	9,0	0,8	0,0	0,0	0,1	1,3	0,9	47,2	4,1	47,2	7,7	6,16
06.08.1989	06.08.	SWc ₁	1,0	2,4	0,7	0,5	9,0	1,0	0,8	3,5	8,4	2,4	1,7	31,0	3,2	2,8	31,0	7,6	4,09
21.04.2014	21.04.	Ec	0,0	0,0	0,1	0,2	0,3	0,8	9,0	0,0	0,0	0,3	0,6	1,1	3,4	37,2	37,2	6,1	6,11

Příloha 2: Cirkulační typy, normované denní úhrny [R_n], denní úhrny [R_d] (mm), průměrné denní úhrny (mm), maximální denní úhrny (mm) a heterogenita jihozápadního typu, popis viz přílohu 1

Datum	Kalendářní den	Cirkulační typ	R_n - Schönberg/Niederbayern	R_n - Sankt Oswald-Riedlhütte	R_n - Filipova Huť	R_n - Churáňov	R_n - Vacov - Peckov	R_n - Volyně	R_n - Strakonice	R_d - Schönberg/Niederbayern	R_d - Sankt Oswald-Riedlhütte	R_d - Filipova Huť	R_d - Churáňov	R_d - Vacov-Peckov	R_d - Volyně	R_d - Strakonice	Maximální R_d	Průměrné R_d	Heterogenita
15.12.1989	15.12.	Wc	7,4	2,2	9,0	4,7	3,3	1,7	1,5	66,6	19,6	80,7	41,8	30,0	14,8	13,4	80,7	38,1	2,12
02.01.2003	02.01.	Wcs	5,3	6,0	9,0	7,3	3,4	1,6	1,1	36,0	41,0	61,1	49,8	23,0	11,1	7,6	61,1	32,8	1,86
26.05.2006	26.05.	Wc	7,1	8,7	9,0	3,9	3,0	2,9	3,3	42,5	52,2	54,2	23,6	18,0	17,2	19,7	54,2	32,5	1,67
20.01.2005	20.01.	NWc	9,0	3,4	5,2	4,1	2,8	2,8	2,0	69,2	26,0	40,2	31,4	21,7	21,4	15,3	69,2	32,2	2,15
10.10.1981	10.10.	Wcs	9,0	7,6	5,5	4,3	1,3	1,6	1,6	64,9	54,5	39,4	31,2	9,2	11,3	11,5	64,9	31,7	2,05
27.06.2009	27.06.	Ec	4,6	3,3	2,2	6,4	9,0	8,4	0,4	29,1	21,0	13,6	40,5	56,9	53,2	2,5	56,9	31,0	1,84
18.12.1987	18.12.	SWC ₂	9,0	6,5	8,2	5,2	4,1	2,5	2,5	51,2	36,9	46,7	29,5	23,1	14,5	14,3	51,2	30,9	1,66
22.10.1986	22.10.	Wc	9,0	5,7	8,0	6,9	2,4	1,0	1,6	54,9	34,6	48,7	42,1	14,9	6,3	10,0	54,9	30,2	1,82
15.09.1998	15.09.	C	6,1	9,0	9,0	2,4	1,9	1,3	0,8	42,6	62,2	62,4	16,6	13,1	8,8	5,6	62,4	30,2	2,07
29.02.2008	29.02.	Wc	9,0	5,3	7,3	5,1	1,3	0,7	0,6	64,9	37,9	52,4	36,8	9,7	4,8	4,5	64,9	30,1	2,15
23.09.2004	23.09.	NWc	9,0	4,5	6,1	5,0	3,1	4,0	5,1	49,9	24,9	34,0	27,7	17,0	22,2	28,3	49,9	29,1	1,71
22.09.1990	22.09.	Wc	7,8	7,6	9,0	6,1	3,6	4,3	5,2	36,4	35,5	41,8	28,2	16,5	19,8	24,1	41,8	28,9	1,45
25.01.1995	25.01.	Wc	4,6	3,8	9,0	3,3	1,0	1,5	1,7	36,5	30,6	71,8	26,7	7,8	12,3	13,6	71,8	28,5	2,52
07.10.2003	07.10.	NWc	9,0	7,1	6,6	6,8	3,8	2,2	1,6	46,1	36,5	33,9	34,6	19,5	11,3	8,4	46,1	27,2	1,70
19.01.2012	19.01.	Wc	9,0	8,0	6,2	3,9	3,2	2,5	2,1	49,0	43,3	33,5	21,1	17,5	13,8	11,7	49,0	27,1	1,81
18.12.1986	18.12.	Wc	9,0	8,4	7,6	4,8	1,3	0,8	0,7	51,9	48,2	43,6	27,8	7,5	4,9	4,2	51,9	26,9	1,93
03.06.1992	03.06.	SEc	9,0	6,1	2,5	2,9	2,0	2,3	2,8	57,8	39,2	15,9	18,4	12,8	14,5	17,8	57,8	25,2	2,29

02.12.2007	02.12.	Wc	9,0	5,5	8,0	5,9	3,3	1,9	1,4	45,3	27,9	40,5	29,7	16,5	9,5	7,0	45,3	25,2	1,80
25.03.1988	25.03.	Wc	9,0	8,8	6,1	4,4	3,4	2,3	2,5	42,8	41,9	29,2	21,1	16,0	10,9	12,1	42,8	24,9	1,72
12.02.2005	12.02.	Wc	9,0	5,5	8,8	5,3	1,6	1,2	1,2	48,1	29,6	47,2	28,2	8,5	6,5	6,5	48,1	24,9	1,93
20.10.1986	20.10.	Wc	9,0	7,9	7,4	5,7	2,0	1,2	1,6	44,6	39,2	36,8	28,0	9,8	5,7	7,8	44,6	24,6	1,82
31.07.1982	31.07.	NEa	8,2	9,0	4,8	5,6	2,5	0,0	0,0	46,5	51,2	27,4	31,7	14,3	0,0	0,0	51,2	24,4	2,09
10.10.1997	10.10.	Wcs	6,5	5,0	9,0	5,3	1,7	0,9	1,0	37,8	29,0	52,2	30,9	10,0	5,4	5,7	52,2	24,4	2,14
17.04.2009	17.04.	Bp	9,0	4,7	8,2	4,5	1,7	0,9	1,6	50,4	26,2	45,8	25,0	9,5	4,8	9,0	50,4	24,4	2,07
27.02.1990	27.02.	Ea	7,4	5,7	9,0	6,7	3,5	2,5	3,7	32,3	25,0	39,3	29,1	15,2	11,0	16,0	39,3	24,0	1,64
18.01.2007	18.01.	Wc	6,3	5,3	7,1	9,0	3,3	1,8	1,5	30,6	25,9	34,6	43,7	16,0	8,5	7,3	43,7	23,8	1,84
21.05.1984	21.05.	C	7,2	9,0	4,7	3,6	3,7	5,1	3,2	32,2	40,2	21,2	16,2	16,6	22,7	14,1	40,2	23,3	1,72
13.01.2004	13.01.	Wcs	8,3	9,0	6,2	4,8	4,1	2,5	2,9	35,2	38,2	26,3	20,5	17,3	10,8	12,5	38,2	23,0	1,66
02.08.1996	02.08.	Wal	7,3	3,9	3,4	3,0	3,8	9,0	5,2	32,4	17,1	15,3	13,1	16,9	40,0	23,3	40,0	22,6	1,77
12.07.1991	12.07.	Wal	6,9	2,3	9,0	2,3	2,9	2,2	2,4	38,6	13,2	50,7	13,1	16,2	12,2	13,4	50,7	22,5	2,25
07.11.2001	07.11.	NWc	9,0	7,6	8,5	5,6	2,3	0,9	0,7	41,1	34,5	38,7	25,4	10,5	4,1	3,3	41,1	22,5	1,83
20.02.2002	20.02.	Bp	9,0	4,4	4,0	4,4	0,5	0,2	0,1	62,8	30,7	28,2	30,4	3,2	1,4	0,8	62,8	22,5	2,79
18.07.1997	18.07.	C	8,7	9,0	6,0	5,6	2,9	2,5	1,8	36,6	38,0	25,2	23,5	12,3	10,6	7,6	38,0	22,0	1,73
29.01.2000	29.01.	Wc	9,0	5,6	5,8	3,6	0,3	0,1	0,1	56,5	35,4	36,4	22,8	1,7	0,4	0,7	56,5	22,0	2,57
07.08.2008	07.08.	Bp	4,0	9,0	6,1	3,4	2,2	1,6	3,7	20,4	45,9	31,0	17,1	11,3	8,4	19,0	45,9	21,9	2,10
05.08.2010	05.08.	Bp	4,2	9,0	1,7	1,9	1,4	4,0	2,0	26,6	57,0	11,0	12,1	8,7	25,1	12,8	57,0	21,9	2,60
16.12.2011	16.12.	Wcs	7,0	9,0	7,2	6,3	2,8	1,6	0,5	31,0	39,7	31,9	27,9	12,4	6,9	2,0	39,7	21,7	1,83
06.02.1984	06.02.	Wc	9,0	6,1	8,1	8,9	2,4	0,7	0,0	38,6	26,1	34,6	38,3	10,3	3,0	0,0	38,6	21,6	1,79
05.01.2012	05.01.	NWc	9,0	4,5	5,8	6,5	2,3	1,8	1,3	43,5	21,6	27,8	31,6	11,2	8,5	6,3	43,5	21,5	2,02
13.06.1983	13.06.	Wal	3,2	4,8	9,0	3,6	1,2	1,6	0,7	19,6	29,5	55,8	22,6	7,4	10,2	4,5	55,8	21,4	2,61
09.09.1984	09.09.	NWc	9,0	6,5	8,7	5,7	0,9	0,0	1,0	42,2	30,4	40,8	26,9	4,4	0,0	4,7	42,2	21,3	1,98
26.11.1983	26.11.	SWc ₂	7,0	3,1	9,0	4,7	0,7	0,3	0,7	40,6	18,2	52,3	27,2	4,1	2,0	4,1	52,3	21,2	2,47
10.09.1984	10.09.	NWc	7,6	7,1	9,0	4,5	2,8	0,7	1,4	33,4	31,6	39,8	20,1	12,3	3,3	6,0	39,8	20,9	1,90
22.11.1984	22.11.	Wc	9,0	8,4	6,5	4,5	0,9	1,0	1,6	39,9	37,4	28,6	19,9	3,9	4,5	7,2	39,9	20,2	1,98
17.11.1990	17.11.	Wc	4,7	2,3	9,0	2,0	1,1	1,2	1,3	30,6	15,2	58,6	13,0	7,1	8,0	8,4	58,6	20,1	2,91
17.12.1987	17.12.	SWc ₂	5,8	9,0	0,9	4,0	4,2	3,9	4,0	25,3	39,4	3,9	17,7	18,2	17,2	17,6	39,4	19,9	1,98

30.01.1982	30.01.	NWc	5,7	9,0	3,5	4,4	2,4	2,3	1,4	26,6	42,3	16,6	20,8	11,2	11,0	6,7	42,3	19,3	2,19
31.10.1998	31.10.	Wcs	9,0	6,7	5,0	3,5	1,9	1,4	0,2	43,5	32,5	24,4	17,0	9,3	7,0	1,0	43,5	19,2	2,26
22.11.1992	22.11.	Wcs	4,8	9,0	2,5	3,3	3,3	4,1	5,3	19,6	36,9	10,4	13,6	13,5	17,0	21,8	36,9	19,0	1,95
27.08.1995	27.08.	Nc	5,7	9,0	4,0	4,5	2,3	2,7	2,6	24,5	38,8	17,4	19,2	10,1	11,6	11,2	38,8	19,0	2,05
17.05.2000	17.05.	B	5,8	9,0	2,5	2,3	3,3	2,6	4,9	25,2	39,0	10,9	10,1	14,1	11,1	21,1	39,0	18,8	2,08
05.01.1982	05.01.	Wc	9,0	7,8	1,5	4,2	1,8	1,4	0,3	45,2	39,4	7,5	21,3	8,9	6,9	1,7	45,2	18,7	2,42
30.03.2000	30.03.	C	9,0	5,2	1,6	1,0	0,4	0,3	0,5	65,2	37,7	11,9	7,2	2,6	2,1	3,8	65,2	18,6	3,50
05.07.2007	05.07.	Wcs	9,0	5,5	5,6	4,0	1,7	0,2	0,2	44,7	27,4	28,0	19,7	8,5	0,8	1,0	44,7	18,6	2,41
02.01.1981	02.01.	NWc	9,0	5,4	5,1	2,3	0,6	0,7	0,5	46,6	28,0	26,4	12,0	3,2	3,7	2,4	46,6	17,5	2,67
20.05.1999	20.05.	SEc	9,0	3,9	2,7	3,7	1,6	1,7	1,8	45,2	19,5	13,4	18,8	8,1	8,4	9,0	45,2	17,5	2,58
03.01.1981	03.01.	NWc	9,0	4,0	5,0	4,0	1,3	0,7	0,6	44,2	19,8	24,6	19,4	6,4	3,4	2,9	44,2	17,2	2,56
21.10.1986	21.10.	Wc	6,0	9,0	7,1	2,6	0,7	1,7	1,7	25,0	37,8	29,8	10,8	3,0	7,0	7,1	37,8	17,2	2,20
21.07.2007	21.07.	SWc ₂	3,5	2,3	9,0	3,0	1,9	0,2	0,8	20,4	13,5	52,0	17,4	10,9	0,9	4,4	52,0	17,1	3,05
03.08.2014	03.08.	SWc ₁	3,2	3,9	4,9	9,0	1,8	0,3	1,0	15,9	19,5	24,2	44,8	9,2	1,3	5,1	44,8	17,1	2,61
29.01.2013	29.01.	Wc	6,5	9,0	5,5	1,8	2,1	0,9	1,2	28,5	39,4	23,9	7,7	9,0	4,0	5,4	39,4	16,8	2,34
11.12.1997	11.12.	Wc	3,9	9,0	5,5	3,1	2,7	1,9	2,2	16,0	36,8	22,6	12,8	11,0	7,8	9,0	36,8	16,6	2,22
04.08.1986	04.08.	Wal	2,8	1,3	9,0	1,8	1,0	3,6	2,2	15,1	6,8	47,8	9,7	5,4	19,0	11,6	47,8	16,5	2,90
13.01.2011	13.01.	Wc	5,8	9,0	3,1	3,3	1,9	1,7	1,8	25,0	38,5	13,2	14,1	8,3	7,2	7,8	38,5	16,3	2,36
29.12.1986	29.12.	NWc	9,0	5,1	7,6	3,3	0,0	0,1	0,2	39,9	22,8	33,8	14,7	0,0	0,6	0,8	39,9	16,1	2,48
30.12.1986	30.12.	Wc	5,9	9,0	5,0	3,2	1,0	0,1	0,2	25,6	39,2	21,6	13,9	4,4	0,3	0,9	39,2	15,1	2,59
17.08.2001	17.08.	SWc ₁	9,0	5,6	0,7	1,8	1,2	1,9	2,1	40,8	25,2	3,2	8,1	5,3	8,5	9,5	40,8	14,4	2,84
14.01.1981	14.01.	B	9,0	3,9	4,3	3,8	0,8	0,0	0,0	41,2	18,0	19,9	17,5	3,5	0,0	0,2	41,2	14,3	2,88
26.03.1995	26.03.	NWc	9,0	3,3	3,9	3,1	0,4	0,8	0,9	41,2	15,0	17,8	14,0	1,9	3,6	4,1	41,2	13,9	2,95
30.12.2002	30.12.	Vfz	3,8	1,8	9,0	3,7	0,5	0,0	0,0	17,9	8,4	42,3	17,4	2,5	0,2	0,0	42,3	12,7	3,34
20.08.2001	20.08.	SWc ₁	1,3	1,0	9,0	2,3	1,4	1,7	2,0	5,6	4,5	39,9	10,0	6,4	7,6	8,8	39,9	11,8	3,37
07.06.2008	07.06.	NEc	6,0	9,0	0,7	1,2	0,4	0,0	0,0	28,2	42,0	3,3	5,7	1,7	0,0	0,2	42,0	11,6	3,63
31.07.2008	31.07.	Ap ₄	9,0	0,6	5,5	1,3	0,2	0,0	0,0	42,6	2,8	26,0	6,3	0,9	0,0	0,0	42,6	11,2	3,79
08.03.2000	08.03.	Wc	2,6	9,0	3,3	1,1	0,7	0,6	0,5	11,4	39,2	14,4	4,8	3,2	2,4	2,1	39,2	11,1	3,54

Příloha 3: Cirkulační typy, normované denní úhrny [R_n], denní úhrny [R_d] (mm), průměrné denní úhrny (mm), maximální denní úhrny (mm) a heterogenita severovýchodního typu, popis viz přílohu 1

Datum	Kalendářní den	Cirkulační typ	R_n - Schönberg/Niederbayern	R_n - Sankt Oswald-Riedlhütte	R_n - Filipova Huť	R_n - Churáňov	R_n - Vacov - Peckov	R_n - Volyně	R_n - Strakonice	R_d - Schönberg/Niederbayern	R_d - Sankt Oswald-Riedlhütte	R_d - Filipova Huť	R_d - Churáňov	R_d - Vacov-Peckov	R_d - Volyně	R_d - Strakonice	Maximální R_d	Průměrné R_d	Heterogenita
03.07.2002	03.07.	Bp	1,8	2,9	2,4	3,8	2,6	9,0	4,5	16,5	26,6	22,3	34,9	24,5	83,4	41,8	83,4	35,7	2,34
01.06.2004	01.06.	Wcs	2,9	2,6	1,7	3,8	9,0	4,5	5,1	20,6	18,0	11,9	26,6	63,4	31,8	36,0	63,4	29,8	2,13
29.09.1992	29.09.	SEc	1,5	1,5	2,7	5,6	6,7	9,0	6,7	9,2	9,1	16,4	33,7	40,8	54,6	40,8	54,6	29,2	1,87
12.06.1986	12.06.	Bp	4,7	3,8	3,8	5,4	4,3	6,7	9,0	22,9	18,3	18,4	26,5	21,0	32,5	43,8	43,8	26,2	1,67
13.07.2002	13.07.	Ec	1,8	0,8	0,4	0,9	4,7	9,0	6,9	13,4	5,5	2,6	6,5	34,5	65,8	50,2	65,8	25,5	2,58
18.08.1986	18.08.	SWC ₂	0,1	9,0	4,5	2,6	1,3	2,3	0,3	0,5	76,5	38,1	22,4	11,2	19,1	2,5	76,5	24,3	3,14
22.07.2014	22.07.	Ec	0,8	0,8	4,7	4,8	9,0	1,5	1,1	5,7	5,5	34,0	34,4	64,8	10,6	7,8	64,8	23,3	2,79
16.03.1997	16.03.	NWc	3,6	3,2	4,3	5,3	6,3	9,0	7,3	13,6	12,0	16,4	20,1	24,0	34,1	27,7	34,1	21,1	1,61
25.07.1982	25.07.	Cv	2,5	4,7	6,4	4,2	4,4	9,0	6,3	9,9	18,4	25,1	16,4	17,3	35,3	24,6	35,3	21,0	1,68
25.08.2013	25.08.	B	2,4	3,3	4,4	4,1	4,6	6,8	9,0	10,0	13,5	18,1	16,9	18,9	28,0	37,3	37,3	20,4	1,83
04.06.2008	04.06.	Vfz	5,1	9,0	3,1	4,8	7,7	4,4	1,3	20,6	36,2	12,3	19,1	31,0	17,5	5,4	36,2	20,3	1,78
31.08.2002	31.08.	Bp	1,1	1,8	2,1	3,7	9,0	6,3	1,3	6,3	10,3	11,8	20,7	50,3	35,2	7,1	50,3	20,2	2,48
28.05.2007	28.05.	C	2,2	6,1	3,3	3,1	9,0	7,2	3,7	8,4	23,9	13,0	12,0	35,1	28,0	14,6	35,1	19,3	1,82
22.07.2010	22.07.	Bp	2,8	3,7	5,1	4,3	5,1	9,0	7,6	10,1	13,3	18,0	15,4	18,0	32,0	26,9	32,0	19,1	1,68
04.07.1992	04.07.	C	4,9	4,8	4,3	4,0	3,3	4,8	9,0	18,4	18,1	16,1	14,9	12,4	18,0	33,9	33,9	18,8	1,80
19.05.1994	19.05.	C	2,2	3,1	3,3	5,4	4,6	6,7	9,0	8,1	11,7	12,4	20,2	17,2	25,2	33,8	33,8	18,4	1,84
12.07.2006	12.07.	Wal	2,9	2,5	0,9	1,4	1,0	2,3	9,0	18,7	16,0	6,0	9,2	6,6	14,5	57,6	57,6	18,4	3,14

14.06.1997	14.06.	Wcs	1,6	9,0	0,9	1,2	0,9	0,9	0,9	13,5	75,0	7,7	9,7	7,1	7,6	7,4	75,0	18,3	4,10
01.07.1993	01.07.	Wc	0,7	0,1	6,0	4,6	2,4	9,0	6,5	2,9	0,6	25,7	19,7	10,5	38,7	28,0	38,7	18,0	2,15
25.06.2006	25.06.	SWC ₂	0,1	0,0	0,0	0,1	4,7	9,0	7,1	0,6	0,0	0,2	0,3	27,2	52,5	41,7	52,5	17,5	3,00
21.06.2006	21.06.	SWC ₁	2,7	2,5	2,5	4,4	3,3	5,7	9,0	10,9	10,0	10,0	18,0	13,3	23,0	36,6	36,6	17,4	2,10
22.07.1992	22.07.	Wal	1,2	5,2	2,0	1,4	1,0	3,1	9,0	6,3	26,8	10,4	7,4	5,1	16,0	46,7	46,7	17,0	2,75
24.08.1994	24.08.	SWC ₃	1,7	2,1	4,9	5,7	8,0	3,1	9,0	5,4	6,8	15,8	18,5	26,1	10,2	29,3	29,3	16,0	1,83
31.05.1995	31.05.	B	1,6	2,6	5,4	2,4	9,0	8,6	3,3	5,4	8,9	18,4	8,2	30,5	29,1	11,3	30,5	16,0	1,91
12.08.1996	12.08.	B	2,9	6,0	3,4	2,3	3,6	4,0	9,0	10,3	21,5	12,3	8,4	13,0	14,2	32,2	32,2	16,0	2,01
21.06.1995	21.06.	Wal	2,2	2,2	2,5	4,4	3,6	9,0	1,0	9,9	9,9	11,3	19,5	16,0	40,0	4,5	40,0	15,9	2,52
09.05.1990	09.05.	Cv	1,7	1,1	1,6	2,8	9,0	4,5	0,9	8,6	5,8	8,1	14,2	46,0	23,1	4,5	46,0	15,8	2,92
24.07.1997	24.07.	Wcs	0,2	0,0	0,9	9,0	5,7	6,7	4,7	1,0	0,0	3,7	36,6	23,0	27,4	19,1	36,6	15,8	2,31
06.08.2010	06.08.	SEc	3,8	3,8	4,8	3,3	3,0	3,1	9,0	12,8	12,8	16,2	11,2	10,1	10,5	30,2	30,2	14,8	2,04
29.07.2006	29.07.	Bp	0,5	8,2	4,2	9,0	0,1	0,0	0,0	2,4	38,0	19,6	41,6	0,3	0,0	0,0	41,6	14,6	2,86
07.07.1983	07.07.	Ea	0,0	0,7	9,0	1,3	1,0	2,6	4,9	0,0	3,6	44,1	6,4	5,1	12,9	24,2	44,1	13,8	3,21
16.06.2006	16.06.	Bp	3,2	3,2	3,6	3,0	2,6	1,8	9,0	11,6	11,6	13,1	10,9	9,6	6,7	32,7	32,7	13,7	2,38
08.08.1995	08.08.	Bp	4,3	3,0	2,8	1,8	9,0	2,7	2,2	15,1	10,4	9,9	6,3	31,3	9,4	7,5	31,3	12,8	2,44
18.08.1989	18.08.	Wal	0,0	1,1	0,8	4,0	9,0	4,4	0,9	0,0	4,5	3,3	16,7	37,5	18,5	3,9	37,5	12,1	3,11
18.08.2003	18.08.	Wal	1,3	1,1	1,4	9,0	3,4	2,4	2,2	5,0	4,5	5,7	35,7	13,5	9,6	8,8	35,7	11,8	3,02
23.05.2005	23.05.	B	0,0	0,4	1,2	0,5	2,3	9,0	5,6	0,0	1,6	5,2	2,1	9,9	39,5	24,5	39,5	11,8	3,34
18.05.1988	18.05.	B	0,7	1,8	2,1	1,8	0,9	9,0	3,5	2,4	6,4	7,6	6,4	3,4	32,8	12,9	32,8	10,3	3,19
12.09.2008	12.09.	NEa	9,0	1,9	0,1	0,2	0,0	0,0	0,0	57,1	12,2	0,7	1,0	0,0	0,0	0,0	57,1	10,1	5,63
02.06.1996	02.06.	B	0,9	9,0	1,1	0,2	0,0	0,0	0,0	5,1	52,0	6,2	1,3	0,0	0,0	0,0	52,0	9,2	5,63
31.07.2002	31.07.	Ec	9,0	4,3	0,0	0,0	0,2	0,0	0,0	42,6	20,5	0,1	0,1	0,8	0,0	0,0	42,6	9,2	4,65
09.06.1996	09.06.	SWC ₁	3,3	9,0	0,8	0,3	0,3	0,4	1,2	13,6	36,8	3,3	1,2	1,2	1,6	4,9	36,8	8,9	4,12
13.08.2007	13.08.	Ap ₁	0,0	0,0	1,3	1,1	3,6	9,0	0,5	0,0	0,0	4,5	3,9	12,8	31,7	1,9	31,7	7,8	4,05
01.06.1989	01.06.	B	1,2	0,0	0,2	0,7	0,2	9,0	2,3	4,0	0,0	0,6	2,3	0,6	30,3	7,6	30,3	6,5	4,67
03.06.2011	03.06.	NEa	0,1	0,6	1,1	0,6	0,5	0,8	9,0	0,2	2,0	3,6	2,0	1,7	2,8	30,0	30,0	6,0	4,96