

**Jihočeská univerzita v Českých Budějovicích**

**Zemědělská fakulta**

Studijní program: B4106 Zemědělská specializace

Studijní obor: Pozemkové úpravy a převody nemovitostí

Katedra: Krajinového managementu

Vedoucí katedry: doc. Ing. Pavel Ondr, CSc.

## **Bakalářská práce**

Časoprostorová distribuce srážek - metody hodnocení a jejich použití a  
výsledky v rámci ČR

Vedoucí bakalářské práce: Ing. Václav Bystřický, Ph.D.

Autor: Jan Pfaur

České Budějovice, duben 2016

**ZADÁNÍ BAKALÁŘSKÉ PRÁCE**  
(PROJEKTU, UMĚLECKÉHO DÍLA, UMĚLECKÉHO VÝKONU)

Jméno a příjmení: **Jan PFAUR**  
Osobní číslo: **Z13048**  
Studijní program: **B4106 Zemědělská specializace**  
Studijní obor: **Pozemkové úpravy a převody nemovitostí**  
Název tématu: **Časoprostorová distribuce srážek - metody hodnocení a jejich použití a výsledky v rámci ČR**  
Zadávací katedra: **Katedra krajinného managementu**

**Z á s a d y p r o v y p r a c o v á n í :**

Práce bude mít charakter literární rešerše týkající se časové a prostorové distribuce srážek. Bude se zabývat v literatuře popsanou metodikou řešení tohoto tématu i konkrétními výsledky, především na území České republiky. Rešerše bude zpracována tak, aby sloužila jako podklad pro případné zpracování diplomové práce zabývající se touto problematikou.

Rámcový obsah literární rešerše:

Vznik a rozdělení srážek.

Popis časové a prostorové distribuce srážek.

Metody hodnocení časové a prostorové distribuce srážek.

Zjištěné rozdíly v časové distribuci srážek na konkrétních územích.

Porovnání výsledků různých metod prostorové analýzy srážek.

Rozsah grafických prací: **dle potřeby**  
Rozsah pracovní zprávy: **30 - 40 stran textu**  
Forma zpracování bakalářské práce: **tištěná/elektronická**  
Seznam odborné literatury:

**Brutsaert, W. Hydrology: An introduction. Cambridge University Press, 2005, 605 s.**

**Havlíček a kol. Agrometeorologie. SZN Praha, 1986**

**Serrano, E.S. Hydrology for Engineers, Geologists and Environmental Professionals. HydroScience Inc. Lexington, Kentucky, 1997, 468 s.**

**Maidment, D.R. (ed.). Handbook of hydrology. McGraw-Hill, New York, 1993, 1424 s.**

**časopisy: Hydrological processes, Journal of hydrology, Meteorological applications, Water resources management, atd.**

---

Vedoucí bakalářské práce: **Ing. Václav BYSTRICKÝ, Ph.D.**  
Katedra krajinného managementu

Datum zadání bakalářské práce: **16. března 2015**

Termín odevzdání bakalářské práce: **15. dubna 2016**

JIHOČESKÁ UNIVERZITA  
V ČESKÝCH BUDĚJOVICÍCH  
ZEMĚDĚLSKÁ FAKULTA  
studijní oddělení  
Studentská 13  
370 02



prof. Ing. Miloš Šoch, CSc., dr. h. c.  
děkan

L.S.



doc. Ing. Pavel Ondr, CSc.  
vedoucí katedry

V Českých Budějovicích dne 23. března 2015

## **Prohlášení**

Prohlašuji, že svoji bakalářskou práci jsem vypracoval samostatně pouze s použitím pramenů a literatury uvedených v seznamu citované literatury.

Prohlašuji, že v souladu s § 47 zákona č. 111/1998 Sb. v platném znění souhlasím se zveřejněním své bakalářské práce, a to – v nezkrácené podobě – v úpravě vzniklé vypuštěním vyznačených částí archivovaných Zemědělskou fakultou- elektronickou cestou ve veřejně přístupné části databáze STAG provozované Jihočeskou univerzitou v Českých Budějovicích na jejích internetových stránkách, a to se zachováním mého autorského práva k odevzdání textu této kvalifikační práce. Souhlasím dále s tím, aby toutéž elektronickou cestou byly v souladu s uvedeným ustanovením zákona č. 111/1998 Sb. zveřejněny posudky školitele a oponentů práce i záznam o průběhu a výsledku obhajoby kvalifikační práce. Rovněž souhlasím s porovnáním textu mé kvalifikační práce s databází kvalifikačních prací Theses.cz provozovanou Národním registrem vysokoškolských kvalifikačních prací na odhalování plagiátů.

V Českých Budějovicích 11. 4. 2016

.....

Jan Pfaur

## **Poděkování**

Rád bych poděkoval mému vedoucímu bakalářské práce Ing. Václavu Bystřickému, Ph.D. za odborné připomínky, vstřícnost a trpělivost při zpracování této práce.

## **Abstrakt**

Tato práce na téma Časoprostorová distribuce srážek- metody hodnocení a jejich použití a výsledky v rámci ČR je psána formou literární rešerše. Je v ní stručně popsán koloběh vody na Zemi, vznik a vývoj srážek, rozdělení a způsoby měření atmosférických srážek. V další části práce je popsáno časové a prostorové rozložení srážek hlavně v rámci území České republiky. Následující kapitolou jsou metody hodnocení časové a prostorové distribuce srážek, především popis statistického souboru a jeho základních charakteristik a také popis metod pro hodnocení plošné distribuce. Práce se také zabývá pomocí odborných studií a článků zjištěnými rozdíly v časové distribuci srážek na konkrétních územích v České republice. V závěru je uvedeno porovnání výsledků různých metod prostorové analýzy srážek.

**Klíčová slova:** srážky, časová distribuce, prostorová distribuce, metody hodnocení

## **Abstract**

The topic of this bachelor thesis that is written in a form of a literary research is defined as a Spatial and temporal distribution of precipitation - research methods, their using and results in the Czech Republic. The water circulation on Earth is briefly described in the thesis as well as the origin and development of precipitation or the division and ways of measuring of atmospheric precipitation. One part of the thesis focuses on a description of the time and spatial distribution of precipitation, mainly within the territory of the Czech Republic. Another chapter deals with the methods of assessment of the time and spatial distribution of precipitation. That means primarily the description of statistical aggregate and its basic attributes, and of course, the description of methods used for the assessment of a spatial distribution. The thesis also employs scientific articles and studies to find out the differences in time distribution of precipitation in the concrete areas of the Czech Republic. Various methods of spatial analysis of precipitation and their results are to be found and compared in the conclusion of the bachelor thesis.

**Keywords:** rainfall, temporal distribution, spatial distribution, research methods

# Obsah

<b>1</b>	<b>ÚVOD</b> .....	7
<b>2</b>	<b>OBĚH VODY</b> .....	8
<b>3</b>	<b>VZNIK A VÝVOJ SRÁŽEK</b> .....	10
3.1	KVANTITATIVNÍ CHARAKTERISTIKY SRÁŽEK .....	12
<b>4</b>	<b>ROZDĚLENÍ SRÁŽEK</b> .....	14
4.1	ROZDĚLENÍ SRÁŽEK PODLE MÍSTA KONDENZACE.....	14
4.1.1	Srážky vertikální .....	14
4.1.2	Srážky horizontální .....	17
4.2	ROZDĚLENÍ SRÁŽEK PODLE PŘÍČINY VZNIKU .....	19
4.3	ROZDĚLENÍ SRÁŽEK PODLE DÉLKY TRVÁNÍ .....	20
<b>5</b>	<b>MĚŘENÍ SRÁŽEK</b> .....	22
5.1	POZEMNÍ MĚŘENÍ.....	22
5.1.1	Měření dešťových srážek.....	22
5.1.2	Měření sněhových srážek.....	25
5.1.3	Měření srážek kondenzujících na předmětech; rosa, námraza .....	27
<b>6</b>	<b>ČASOVÉ A PROSTOROVÉ ROZLOŽENÍ SRÁŽEK</b> .....	28
6.1	ČASOVÉ ROZLOŽENÍ SRÁŽEK .....	28
6.1.1	Denní a roční chod srážek.....	28
6.2	PLOŠNÉ ROZDĚLENÍ SRÁŽEK.....	30
<b>7</b>	<b>METODY HODNOCENÍ ČASOVÉ A PROSTOROVÉ DISTRIBUCE SRÁŽEK</b> .....	32
7.1	STATISTICKÝ SOUBOR, JEHO ZÁKLADNÍ CHARAKTERISTIKY .....	32
7.2	METODY HODNOCENÍ PLOŠNÉ DISTRIBUCE SRÁŽEK .....	35
<b>8</b>	<b>ZJIŠTĚNÉ ROZDÍLY V ČASOVÉ DISTRIBUCI SRÁŽEK V ČR A NA KONKRÉTNÍM ÚZEMÍ</b> .....	43
8.1	SRÁŽKOVÁ CHARAKTERISTIKA ROKU 2002 .....	43
8.1.1	Zhodnocení srážek v oblasti povodí horního Labe v roce 2002.....	43
8.2	SRÁŽKOVÁ CHARAKTERISTIKA ROKU 2010 .....	44
8.2.1	Zhodnocení srážek v oblasti povodí horního Labe v roce 2010.....	44
8.3	SRÁŽKOVÁ CHARAKTERISTIKA ROKU 2014 .....	44
8.3.1	Zhodnocení srážek v oblasti povodí horního Labe v roce 2014.....	45
8.4	ROZDÍLY V ČASOVÉ DISTRIBUCI SRÁŽEK NA ÚZEMÍ MĚSTA OLOMOUCE .....	45
8.4.1	Olomouc-Klášteří Hradisko (OLKL) 1876-2009 .....	45
8.4.2	Olomouc (OL) 1946-2009 .....	46
<b>9</b>	<b>POROVNÁNÍ VÝSLEDKŮ RŮZNÝCH METOD PROSTOROVÉ ANALÝZY SRÁŽEK</b> .....	48

9.1	VYUŽITÍ RŮZNÝCH INTERPOLAČNÍCH METOD PRO ODHAD SRÁŽKOVÝCH ÚHRNŮ NA POVODÍ ŘEKY OLŠE .....	48
9.1.1	Interpolační metody ve vybraných programech .....	49
9.2	POROVNÁNÍ PROSTOROVÉHO ROZLOŽENÍ SRÁŽEK S POUŽITÍM DIGITÁLNÍHO RELIÉFU (DEM) A BEZ Vlivu OROGRAFIE .....	51
<b>10</b>	<b>ZÁVĚR</b> .....	<b>52</b>
<b>11</b>	<b>PŘEHLED POUŽITÉ LITERATURY</b> .....	<b>54</b>



# 1 Úvod

Atmosférické srážky jsou nezbytnou součástí koloběhu vody na Zemi. Nedostatek srážek může způsobovat například neúrodu, naopak nadbytek srážek vede až k povodním, které mohou mít tragické účinky jak na zemědělskou úrodu, škody na obydlí, silnicích, tak dokonce i na lidských životech. V dalším případě slouží také jako jedna ze složek zajišťující dostatek pitné vody na Zemi, i přesto v dnešní moderní době na některých kontinentech zejména v Africe dostatek ať už užitkové, tak pitné vody bohužel není. Další důležitou funkcí srážek je určování rázu krajiny a jejího vegetačního krytu.

Atmosférické srážky se vyznačují svou výraznou časovou a prostorovou variabilitou. Především pro tuto svoji výraznou variabilitu je obtížné srážky přesně změřit nebo předpovídat a to dokonce i na relativně malém území. Je velice důležité srážky pozorovat a co nejpřesněji měřit. O co nejpřesnější změření atmosférických srážek (jejich denních, měsíčních a ročních úhrnů, intenzity, délku trvání atd.) se usiluje především proto, aby šlo co nejvíce eliminovat jejich negativní vliv na přírodu nebo člověka a naopak posílit jejich vliv pozitivní. Proměnlivost atmosférických srážek ovlivňují především tyto faktory: nadmořská výška, klimatický region, struktura krajiny a v neposlední řadě roční období, ve kterém dochází k měření a pozorování. I když, se za posledních několik let přesnost měření rapidně zvýšila, a to především díky zhuštění srážkoměrné sítě a zavedení moderních technologií do měření, nemůžeme tvrdit, že dokážeme srážky předpovídat a změřit se 100% jistotou.

Cílem této práce bude formou literární rešerše objasnit vznik a rozdělení srážek, popsat jejich časovou a prostorovou distribuci, dále popsat metody, které hodnotí časovou a prostorovou distribuci, ukázat rozdíly v časové distribuci srážek na konkrétním území a porovnat výsledky různých metod prostorové analýzy srážek.

## 2 Oběh vody

Planeta Země bývá označována jako planeta vody. Relativně velké množství vody existuje ve třech skupenstvích- kapalně (voda), pevně (led) a plynně (vodní pára). Voda může za příhodných podmínek přecházet mezi jednotlivými skupenstvími v nepřetržitém koloběhu vody v přírodě. Hydrosféru tvoří přibližně 90% veškeré vody na Zemi (moře, oceány, jezera, řeky). Další velká část vody na Zemi se nachází v tzv. kryosféře- voda v pevném skupenství (sníh). Stopy vody nalezneme i v litosféře (podzemní voda) a také v atmosféře jako vodní pára nebo vodní kapky a ledové krystalky tvořící oblačnost. (Buckley a kol., 2006)

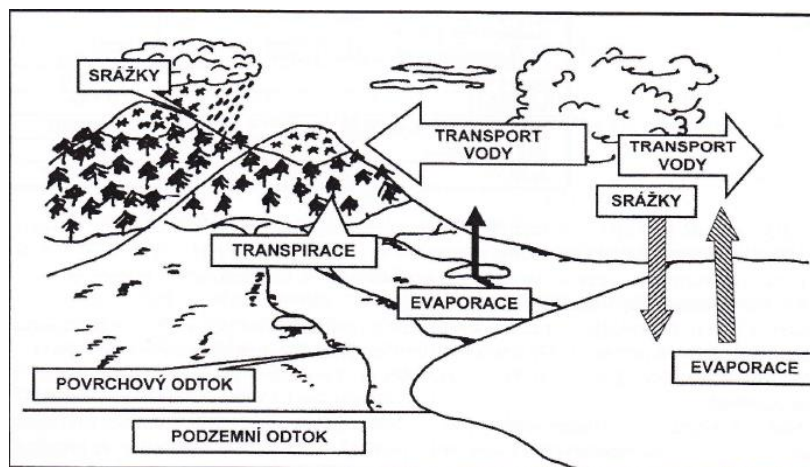
Díky Slunci, které je podněcovatelem a regulátorem oběhu vody v přírodě, vzniká výpar vody z vodní hladiny, z půdy, povrchu rostlin, předmětů apod. Voda se díky těmto způsobům dostává do atmosféry, kde je vlivem proudění vzdušných hmot odnášena na jiná, často velice vzdálená místa a na těchto místech, za příznivých podmínek, může po kondenzaci vypadávat v podobě srážek na zemský povrch. Část srážek zůstává na povrchu rostlin a jiných těles, další část slouží pro doplnění objemu v jezerech a rybnících. Srážky, které svou intenzitou převyšují intenzitu infiltrace, odtékají povrchově po terénu a díky tomu mohou přímo zásobovat toky. Díky další části dešťů se obohacuje půdní profil a zvětšuje zásoba podzemních vod. Podzemní vody dotují jezera, řeky, nádrže apod., ze kterých se pak voda znovu vypařuje do atmosféry. Tento proces se nazývá oběh vody. Oběh vody se rozděluje na tzv. velký oběh, ve kterém dochází k výměně srážek mezi mořem a pevninou a malý oběh, jenž je záměnou vláhy jen nad mořem. Na malých částech Země se mohou vyskytovat i tzv. bezodtoké oblasti, ze kterých voda do oceánu neodtéká. V hydrosféře zůstává množství vody téměř konstantní. To znamená, celkový výpar na Zemi se rovná objemu srážek vpadlých. (Kemel, 1996)

$$V_p + V_o = H_{sp} + H_{so}$$

$V_p, V_o$  – výpar na pevnině, z oceánů

$H_{sp}, H_{so}$  – srážky vpadlé na pevninu, na hladinu oceánu

Na obrázku číslo 1 můžeme vidět základní schéma oběhu vody na Zemi podle Kožnarové a Klabzuby (2005):



Obr. 1 Základní schéma oběhu vody na Zemi

Zdroj: Kožnarová, Klabzuba (2005)

### 3 Vznik a vývoj srážek

Pod pojmem atmosférické srážky rozumíme vodu nebo tuhé částice, které vypadávají v různých formách na zemský povrch. (Havlíček a kol., 1986) Atmosférické srážky jsou společně s teplotou vzduchu určujícím činitelem pro tvorbu rázu krajiny. (Červený a kol., 1984) Atmosférické srážky plní velice důležitou roli při určování povrchových hydrologických procesů. (Beven, 2001)

Atmosférické srážky vznikají kondenzací vodní páry v ovzduší a v atmosféře se vyskytují v kapalném nebo pevném skupenství na povrchu Země nebo předmětech. (Kopáček a Bednář, 2005) Nejdůležitějším procesem pro vznik atmosférických srážek je kondenzace vodní páry. Kondenzace vodní páry je fyzikální proces, při kterém dochází ke zkapalnění vodní páry obsažené ve vzduchu. Proces přeměny vodní páry přímo v tuhé produkty označujeme pojmem desublimace. Kondenzace jako fyzikální proces zahrnuje jednak přenos vody, jednak přenos tepla, které se při kondenzaci nebo desublimaci uvolňuje. Vlastní proces kondenzace probíhá vždy na povrchu těles, jestliže v jejich těsné blízkosti je vzduch nasycen vodní párou. K nasycení může dojít buď ochlazením styčného povrchu, nebo zvýšením vlhkosti vzduchu, popř. kombinací obou vlivů. Stav nasycení vzhledem ke konkrétnímu povrchu je závislý na některých vlastnostech těles jako je teplota jejich povrchu, tvar povrchu, skupenství vody apod. Ve volné atmosféře dochází kondenzaci vodní páry na povrchu drobných částic - na kondenzačních jádrech. Obecně platí, že ke kondenzaci či desublimaci dojde na styčném povrchu za předpokladu, že teplota povrchu je alespoň rovna nebo nižší než teplota rosného bodu v okolním vzduchu. (Havlíček a kol., 1986)

Je patrné, že zásoba vodní páry vyskytující se v oblačném vzduchu nemůže nikdy postačovat k tomu, aby všechny tyto kapičky narostly do rozměrů dešťových kapek, jejichž pádová rychlost určená rovnováhou mezi silou tíže a silou odporu vzduchu vzhledem pohybu kapek převyšuje rychlost vzestupných proudů vzduchu běžně existujících uvnitř oblaků. (Bednář, 2003) Pouze některé oblaky jsou schopny vylučovat srážky. Jsou to ty oblaky, jejichž složení umožňuje narůstání částic do takové velikosti (váhy), aby překonaly sílu výstupných proudů vzduchu. (Kešner, 1986) Princip vzniku padajících srážek (deště, mrholení, sněžení, krup) tudíž záleží na tom, že část drobných oblačných prvků např. vodních kapek, ledových částic,

silně roste na úkor druhých. Tento princip, který je v současné době v meteorologii znám, můžeme rozdělit do dvou skupin.

#### 1) Vývoj srážek ve smíšených oblacích

V mírných a vyšších zeměpisných šířkách je ke zrodu srážek nezbytně důležitá existence ledových částic v oblaku. V situaci, ve které při teplotách pod 0 °C menší část přechlazených vodních kapiček majících správná krystalizační jádra, zmrzne v ledové částičky. Z důvodu, že tlak nasycené vodní páry nad ledem je menší než stejný tlak nad kapalnou vodou, vzniká následně stav, při kterém se kapičky přechlazené vody vypařují, kdežto ledové částice narůstají postupným ukládáním molekul vodní páry na svém povrchu. Vyjma toho je přechlazená voda z termodynamického hlediska v metastabilní fázi, v případě, že se kapička přechlazené vody srazí při teplotě pod 0°C s ledovou částicí téměř okamžitě na ni zmrzne. Díky těmto popsaným způsobům dochází k vydatnému narůstání ledových částic na úkor přechlazených vodních kapiček. Po dovršení kritické velikosti, kdy jejich pádová rychlost převyší rychlost vzestupných pohybů vzduchu v oblaku, ledové částice z oblaků vypadávají dolů. V oblasti pod hladinou nulové izotermie (0°C) začnou tát a měnit se v dešťové kapky. Z toho popsaného mechanismu tedy vyplývá, že každá ledová kapka je svým původem roztáhlým kusem ledu. (Bednář, 2003)

#### 2) Koalescenční teorie vzniku srážek

Vodní kapky v oblacích narůstají nejen kondenzací z vodní páry, ale mohou narůstat i splýváním, tj. koalescencí. Vznik relativního pohybu kapek vůči ostatním kapkám, v důsledku čehož dochází k jejich kolizím, může mít v oblacích řadu příčin. (Bednář, 1989)

Mezi kondenzačními jádry se objevují i obří kondenzační jádra, která mají poloměr několik mikrometrů, jejichž hustota bývá řádově menší (asi o 4-6 řádů), než hustota všech kondenzačních jader, které se vykytují ve vzduchu. Z většiny jsou tyto velké částice tvořeny hygroskopickými krystalky mořských solí a při vhodných podmínkách na nich mohou vznikat kapky až o řád větší než kapičky, které se tvoří na ostatních kondenzačních jádrech. Tyto vzniklé větší kapky pak při srážkách zachytávají menší kapičky (koalescence = vzájemné splývání srážejících se kapek), díky tomu narůstají do takových rozměrů, že začnou padat skrze vzestupné proudy

vzduchu formující oblak, a při tomto pádu dále pomocí koalescence narůstají, dorostou-li určité velikosti (poloměr zhruba 2-5 mm), samovolně se rozpadají. Skutečná příčina jejich rozpadu je kvůli tomu, že blána povrchového napětí už není schopna udržet pohromadě narůstající objem vody a následně praská. Zbytky těchto kapiček jsou poté, pomocí vzestupných proudů vzduchu unášeny vzhůru a opět probíhá koalescence a celý cyklus se opakuje. Hlavní podmínka pro vznik srážek podle koalescenční teorie je dostatečně velký obsah vodní páry a kapalné vody v oblaku. Tento jev je typický především v rovníkových oblastech. (Bednář, 2003)

### **3.1 Kvantitativní charakteristiky srážek**

Podle Havlíčka a kol. (1986) se k hodnocení srážek používají především následující charakteristiky:

- 1) Množství srážek (úhrn)
- 2) Trvání srážek
- 3) Síla srážek
- 4) Intenzita srážek

#### **1) Množství srážek (Z)**

Množství srážek se vyjadřuje v milimetrech, které udávají výšku vodní vrstvy, která by vznikla na horizontálním povrchu ze spadlých kapalných srážek popřípadě z roztálých tuhých srážek, jestliže by se žádná voda ani nevsakovala, ani nevypařovala. S přihlédnutím k hustotě vody ukazuje údaj množství srážek v milimetrech číselně také počet litrů srážkové vody spadlé na 1m<sup>2</sup> horizontálního povrchu. Pro meteorologické účely se udává množství srážek spadlé za 24 hodin. (Kopáček a Bednář, 2005)

#### **2) Trvání srážek (t)**

Délka trvání srážek se uvádí v minutách nebo hodinách. (Havlíček a kol., 1986). Podle délky trvání srážky rozdělujeme na trvalé a přehánky. Jako trvalé srážky se označují ty, které nemají omezenou délku trvání na příliš krátký časový interval, mohou být jak ve formě deště, tak sněhu. Vyskytují se nad rozsáhlým

územím a nejčastěji vypadávají z oblaků typu Nimbostratus, popřípadě Altostratus. Přeháňky jsou takový typ srážek, který můžeme omezit na krátký časový interval, za to však co do množství jsou velice vydatné. Tyto srážky postihují především menší oblasti a často je můžeme lokalizovat jen na velmi malé plochy. Tento druh srážek produkují především mraky druhu Cumulonimbus. Při přeháňkách se mohou často vyskytovat silné větry a v letních měsících mohou být doprovázeny bourkami a silným krupobitím. Od přeháněk se musí odlišovat občasný déšť, tj. přerušovaný déšť, který vypadává z vrstvených oblaků, a to především z oblaků druhu Nimbostratus. Nejobvyklejší druh přeháňky představuje přívalový déšť, kdy během velice krátkého časového intervalu (v řádu minut) spadne několik desítek mm srážek. Přívalové deště jsou často doprovázeny místními zaplaveními nebo až povodněmi. (Kopáček a Bednář, 2005)

### 3) Síla srážek

Síla srážek se udává v milimetrech množství srážek za jeden srážkový případ. (Havlíček a kol., 1986)

### 4) Intenzita srážek (i)

Intenzita udává množství srážek, které spadly za jednotku času, nejčastěji v mm za minutu nebo hodinu. (Kopáček a Bednář, 2005)

Pro výpočet intenzity byl vytvořen tento vzorec  $i = Z/t$  (mm/min-1). Intenzita je důležitá agrometeorologická charakteristika, protože může pozitivně či negativně ovlivňovat například průběh polních prací, stav půdy, vodní erozi apod.

Na obrázku 2 vidíme tabulku, která ukazuje pojmenování srážek pro určitou intenzitu a délku trvání. (Havlíček a kol., 1986)

Název srážek	Trvání srážek		
	1 hod.	2 hod.	3 hod.
množství srážek (mm)			
Slabý déšť	≤1,0	≤1,5	≤2,0
Mírný déšť	1,1—5,0	1,6—7,5	2,1—9,0
Silný déšť	5,1—10,0	7,6—10,0	9,1—11,5
Velmi silný déšť	10,1—15,0	14,1—21,0	11,6—23,5
Liják	15,1—23,0	21,1—30,5	23,6—33,0
Příval	23,1—58,0	30,6—64,0	33,1—72,0
Průtrž mračen	≥58,1	≥64,1	≥72,1

Obr. 2 -Klasifikace dešťových srážek podle intenzity

Zdroj: Havlíček a kolektiv (1986)

## **4 Rozdělení srážek**

### **4.1 Rozdělení srážek podle místa kondenzace**

Z tohoto pohledu se atmosférické srážky dělí na srážky horizontální a vertikální. Jak uvádí Kříž a kol. (1988) atmosféra je nepřetržitě zásobována vodní párou z povrchu oceánů, moří, jezer, rybníků, řek, z půdy, jakož i sublimace ze sněhu a ledu. Voda se také může do atmosféry dostávat díky transpiraci z povrchu rostlin, nebo v menší míře respirací živočichů. Vodní pára, kterou obsahuje atmosféra, se díky kondenzaci dostává zpátky na zemský povrch v podobě vertikálních atmosférických srážek. Tyto srážky mohou být v kapalném i tuhém skupenství. Horizontální srážky vnikají pomocí kondenzace přímo na aktivním povrchu.

#### **4.1.1 Srážky vertikální**

Brutsaert (2005) definuje vertikální srážky jako vodu nebo tuhé částice vypadávající v různých podobách z oblaků na zemský povrch. Vertikální srážky lze podle Kopáčka a Bednáře (2005) někdy označovat také jako srážky padající. K těmto srážkám patří déšť, mrznoucí déšť, mrhnutí, mrznoucí mrhnutí, sníh, sněhové krupky, sněhová zrna, krupky, zmrzlý déšť, ledové jehličky a kroupy. Jak jsem již zmínil, tyto srážky lze rozdělit na srážky kapalné (déšť, mrhnutí, mrznoucí déšť a mrznoucí mrhnutí) a tuhé (sníh, sněhové krupky, sněhová zrna, krupky, zmrzlý déšť, ledové jehličky a kroupy).

#### **Kapalné vertikální srážky**

##### **Déšť**

Déšť představuje nejobvyklejší formu kapalných atmosférických srážek, tvoří jej vodní kapky o průměru 0,5-8 mm (nejčastěji 1-3 mm), které dosahují pádové rychlosti 4-9 m/s. (Munzar a kol., 1989) Dešťová kapka střední až větší velikosti se může skládat z jednoho milionu nejmenších oblačných kapiček. (Roth, 2000) Déšť sebou přináší nejčastěji oblaky druhu Nimbostratus a Cumuloimbus. Déšť rozdělujeme podle délky trvání na trvalý, občasný a dešťové přeháňky. Z pohledu rozsahu zasažené oblasti dělíme déšť na regionální (zasažena velká část území, až desítky tisíc km<sup>2</sup>) a místní (zasažena například jen část města, obvykle při místních bouřkách). V zimním období může docházet k přechlazení kapek na teplotu pod 0°C



a díky tomu po dopadu na zemský povrch mrznou, z tohoto důvodu může vznikat na stromech, elektrickém vedení apod. ledovka. Tento typ deště se nazývá mrznoucí déšť. (Munzar a kol., 1989)

### **Mrholení**

Mrholení je považováno za identicky padající vodní srážky, skládající se především z velkého množství malých kapiček o průměru do 0,5 mm. (Soukupová, 2011) Pádová rychlost těchto kapiček je 1 až 2 m/s. Tato rychlost je tak malá, že se často mohou při slabém větru vznášet ve vzduchu a nepadají svisle dolů. Mrholení nejčastěji vypadává z nízkých oblaků druh Stratus. Mrholení je jedním z hydrometeorů, které může výrazně zhoršovat viditelnost, především při výskytu s mlhou nebo kouřem. Mrholení se může vyskytovat nad územím o rozloze až stovek km<sup>2</sup>. V chladném období se objevuje tzv. mrznoucí mrholení. Kapičky mrznoucího mrholení okamžitě při dopadu na zemský povrch mrznou a mohou vytvářet ledovku (nebezpečí v letecké i silniční dopravě). (Munzar a kol., 1989)

### **Tuhé vertikální srážky**

#### **Sníh**

Sníh představuje tuhé vertikální srážky, padající z oblaků, jsou tvořeny ledovými krystalky, popřípadě jejich shluky. Mají často velice rozmanité tvary. Základním tvarem vloček je šestiboký sloupek, šestiboká destička a dendrit (šestiboká hvězdice). Konečný tvar krystalků určuje především teplota, dále pak stupeň nasycení vzduchu parou. Podle pozorování a laboratorních experimentů dělíme ledové krystalky:

-při teplotách 0 - -5 °C převládají jednoduché plošné tvary- šestiboké destičky

-při teplotách -5 - -10°C se především vykytují sloupky a tenké jehlice

-při teplotách -10 - -25 se objevují šestiboké destičky s výrazným žebrováním, kolem teploty -14°C a při vyšším nasycení vzduchu vodní párou se vyskytují dendrity

-při teplotách -25°C a nižších začínají opět převládat sloupkové krystalky. (Soukupová, 2011)

## **Sněhové krupky**

Podle Kemela (1996) jsou to opálově bílé částičky téměř kulového tvaru o průměru 2-5 mm se zdrsňeným povrchem. Po jejich dopadu na zem se rozbijí. Vypadávají z oblaků typu Nimbostratus a Cumulonimbus při přízemních teplotách okolo 0°C. Nejčastěji se vyskytují před sněžením nebo deštěm, ale mohou se vykytovat i společně s nimi.

## **Sněhová zrna**

Tento typ srážek se řadí také mezi srážky tuhé. Sněhová zrna jsou menší než sněhové krupky, jejich velikost nedosahuje v průměru ani 1 mm. Při dopadu na zem se netříští. Vyskytují se při teplotách pod bod mrazu a jsou velmi podobná mrholení. Vypadávají jen v malém množství a to z oblaků typu Stratus nebo z mlhy. (Vysoudil, 1997)

## **Zmrzlý déšť**

Zmrzlý déšť vzniká v případě, kdy nad prochlazenou pevninou leží studený vzduch s teplotou pod 0°C, nad něj proniká teplý mořský vzduch s teplotami nad 0°C doprovázený deštěm. Díky tomuto jevu mohou kapky při průletu studenou přízemní vrstvou zmrznout a na zemský povrch dopadávají ve formě průhledných ledových částic kulovitěho nebo nepravidelného tvaru v průměru do 5 mm. (Astapenko, Kopáček, 1987)

## **Ledové jehličky**

Jednoduché ledové krystalky, které mají tvar jehlic. Vznášejí se ve vzduchu nebo klesají malou pádovou rychlostí k zemi. Při velmi nízkých teplotách se mohou vykytovat i při jasné obloze. Bývají pozorovány hlavně v polárních oblastech při ozáření slunečními paprsky, proto jsou označovány jako tzv. diamantový prach. V našich zeměpisných šířkách se mohou vykytovat pouze v období velmi silných mrazů. (Kopáček a Bednář, 2005)

## **Kroupy**

Kroupy jsou velké neprůhledné ledové částičky kulového tvaru o průměru 5 až 50 mm, nebo i větší. Vznikají v oblakách druhu Kumulonimbus s bouřkami a to hlavně v letním období. Vytváří se narůstáním mnoha vrstev na sobě. Kroupy jsou tím větší, čím déle zůstávají v přechlazeném mraku. (Kemel, 1996) Podle Kopáčka a

Bednáře (2005) se skládají z několika průzračných a neprůzračných vrstev. K vypadnutí krup z oblaku dochází až tehdy, když hmotnost vzniklých krup překoná sílu výstupních proudů vevnitř oblaku. Padající kroupy vytváří krupobití, které může v zemědělství vytvářet značné škody. (Havlíček a kol., 1986)

#### **4.1.2 Srážky horizontální**

Horizontální srážky vznikají díky tomu, že tenká vrstva vzduchu těsně přiléhá k chladnému zemskému povrchu nebo k povrchu jiných předmětů a nasycená vodní pára se zásluhou dotyku s těmito povrchy může ochladit až na teplotu rosného bodu. Nadbytečná pára na těchto površích kondenzuje nebo přímo přechází v led (desublimace, depozice). Jako usazené srážky se označují: rosa, jíní, jinovatka, námraza, ledovka. (Soukopová, 2011) Podle Tlapáka, Šálka a Legáta (1992) je ale množství horizontálních srážek ve srovnání s dešťovými srážkami velmi malé a v hydrologické bilanci se zpravidla zanedbává.

#### **Rosa**

Rosa vzniká usazením vodních kapek na zemském povrchu, zejména na trávě, listech apod. Tvoří se kondenzací vodní páry z okolního vzduchu. Vniká za předpokladu jasné málo větrné noci se silným vyzařováním tepla, kdy dochází k silnému ochlazení výše zmíněných povrchů pod teplotu rosného bodu (teplota, při které je vzduch maximálně nasycen vodními parami, relativní vlhkost vzduchu dosáhne 100%). Protože vzduch může za určité teploty pojmout jen určité množství páry a při nižší teplotě ji pojme méně, začíná se při jeho ochlazení od uvedených povrchů přebytečná vodní pára srážet. Je-li teplota vzduchu vyšší než teplota rosného bodu, je nižší pravděpodobnost, že se rosa bude tvořit, protože by se během noci musel vzduch více ochladit. Rosa se vyskytuje především v teplém ročním období večer nebo v noci a udržuje se až do ranních hodin. V delších obdobích bez dešťů má pozitivní vliv na rostlinstvo, protože díky ní se snižuje výpar a tím chrání rostliny proti vyschnutí. Rosa vniká nejvíce na předmětech, které silně vyzařují teplo a přitom jsou slabými tepelnými vodiči. Při výskytu rosy se nevytváří mlha. V našich zeměpisných šířkách je vydatnost rosy na horizontální ploše při intenzivním tvoření asi 0,1 až 0,3 mm srážek za noc. Úhrn vláhy rosy se odhaduje asi na 10 až 20 mm za rosné období, to je 3 až 5 % ročního úhrnu srážek. (Munzar a kol., 1989)

## **Jiní**

Jiní je tvořeno z jemných bílých krystalků ledu, které mají tvar jehliček, šupinek, peříček nebo vějířků. Usazuje se na trávě, listech a dalších horizontálních plochách. Vzniká desublimací za velice podobných podmínek jako rosa. (Soukupová, 2011)

## **Jinovatka**

Jinovatka je křehká krystalická námraza, která se na slunci leskne. Usazenina, kterou tvoří jemné ledové jehly, šupiny, sloupky, kornoutky nebo trsy se zřetelnou krystalickou strukturou. Vzniká za předpokladu, že teplota vzduchu klesne velmi pod 0°C a zároveň je velká relativní vlhkost vzduchu blížící se 100%. Tvoří se sublimací vodní páry z přechlazené mlhy, při velkém nasycení nebo přesycení vzduchu vzhledem k ledu nejčastěji při teplotách nižších než -8°C. Při delším trvání mlhavého počasí a slabého větru se může usazovat na větvích stromů, plotech, drátech elektrického a telefonního vedení, hranách a rozích budov. Přesto, že jinovatka patří mezi námrazové jevy, není nebezpečná pro rostlinstvo, protože lze snadno odstranit poklepem nebo sama po částech při silnějších poryvech větru opadá. (Munzar a kol., 1989)

## **Námraza**

Námraza je bělavá až šedá, neprůhledná, někdy kalná, kompaktní sněhová či ledová hmota. Skládá se z vláknité nebo zrnité, mnohdy však amorfni nežli krystalické struktury. Objevuje se zejména na drátech a větvích, ale také se mnohdy vyskytuje na vertikálních plochách budov a předmětů, především na hranách a rozích. Narůstá proti větru do kuželovitých trsů vytvářejících husté skupiny. Díky tomu, že dokáže odolávat i velmi silnému větru, je schopná se usazovat na delší dobu, proto může lámat větve stromů nebo dráty elektrického vedení, což může být velice nebezpečné. Další nebezpečí představuje při leteckém provozu. V České republice se vyskytuje především ve středních a vysokých polohách, které se nachází delší dobu v mracích složených z přechlazených vodních kapiček, a to při teplotách do -5°C. (Kopáček a Bednář, 2005)

## **Ledovka**

Ledovka je hladká průhledná a kompaktní ledová usazenina. Vzniká zmrznutím přechlazených kapiček mrholení nebo deště na horizontálních i

vertikálních plochách předmětů, jejichž povrchová teplota je slabě pod nulou. Kapičky, které dopadají na tyto předměty, stačí ještě před zmrznutím zaplnit skulinky mezi zrnky ledu, a proto vzniká souvislý ledový obal. Ledovka pokrývá celé těleso, proto ji nelze odtrhnout. Její tloušťka může dosahovat až několika centimetrů, díky tomu se stává nebezpečnou. Hmotnost ledu dokáže lámat silné větve i celé stromy, trhá vedení, láme nosné stožáry. V ČR se vyskytuje v zimě, když po období mrazů dojde k náhlým změnám povětrnostní situace a k přenosu teplého oceánského vzduchu s deštěm nebo mrholením. (Munzar a kol., 1989)

## **4.2 Rozdělení srážek podle příčiny vzniku**

Podle příčiny vzniku lze srážky rozdělit na srážky uvnitř vzduchové hmoty (srážky nefrontální), srážky frontální a srážky orografické.

Srážky uvnitř vzduchové hmoty padají na zem ve velkých vzdálenostech od atmosférických front. U těchto srážek je nutné rozlišovat srážky, které vznikají uvnitř teplé a studené hmoty.

Ve studených, obvykle instabilních (nestálých) vzduchových hmotách se objevují srážky konvekční. (Kopáček a Bednář, 2005)

### **Konvekční srážky**

Tyto srážky vypadávají hlavně z oblaků typu Cumulus a Cumulonimbus. Většinou se jedná o přeháňky, velice často doprovázené bouřkami nebo krupobitím. V ČR se vyskytují v letním období, ve formě silných dešťů s velkými kapkami a v zimním období ve formě mokrého sněhu nebo sněhových krupek. (Soukupová, 2011)

Pro teplé obvykle stabilní vzduchové hmoty jsou typické srážky padající z vrstvených oblaků typu Stratus a Stratokumulus. Tyto srážky vypadávají v podobě slabého mrholení a v zimním období nejčastěji ve formě sněhové krupice. (Kopáček a Bednář, 2005)

### **Frontální srážky**

Jsou to srážky, které jsou především cyklonální. Mohou se vyskytovat v podobě přeháňek i trvalého deště, v závislosti na druhu, výraznosti a rychlosti postupu fronty, na denní a roční době. (Soukupová, 2011)

Srážky před teplou frontou vypadávají v podobě trvalého deště nebo sněžení. Před studenou frontou vypadávají obvykle jako přeháňky a bouřky a za frontou mohou být ve tvaru trvalého deště. (Kopáček a Bednář, 2005)

### **Orografické srážky**

Tyto srážky se váží na působení velkých terénních překážek, jakou jsou například horské hřebeny. Vnikají za vhodných termodynamických podmínek, což podmiňuje výskyt oblačnosti a vypadávání srážek v oblastech návětrných svahů pohoří. V teplém období se tyto srážky mohou tvořit díky konvekci i nad zahříványými (například skalnatými) svahy. K těmto srážkám se řadí i srážky, které vznikají na rozhraní moře a pevniny, obzvláště nad hornatým pobřežím. (Soukupová, 2011)

### **4.3 Rozdělení srážek podle délky trvání**

Podle délky trvání se srážky rozdělují na tři typy a to srážky trvalé, přeháňky a mrholení. (Uhlíř, 1961)

#### **Trvalé srážky**

Trvalé srážky se vyskytují ve tvaru deště i sněhu a postihují rozsáhlé území. Délka jejich trvání není omezena na příliš krátký interval. Tyto srážky mají menší intenzitu. Vypadávají z oblaků druhu Nimbostratus a Altostratus. (Kopáček a Bednář, 2005)

#### **Přeháňky**

Přeháňky vypadávají na menším území, mají velkou intenzitu a délka jejich trvání je krátká, často jsou doprovázeny silným nárazovým větrem a v letním období bouřkami s krupobitím. (Uhlíř, 1961) Vypadávají především z oblaků druhu Kumulonimbus, a to jak místních, tak frontálních. Slabé přeháňky někdy mohou vypadávat z mohutných bouřkových mraků druhu Kumulus. Přeháňky se mohou vyskytovat uvnitř vzduchových, nejčastěji nestálých hmot, někdy ovšem také na studených frontách a čarách instability. Od přeháněk musíme odlišovat občasný déšť (přerušovaný déšť vypadávající z vrstvených oblaků druhu Nimbostratus) Nejčastější druh přeháněk představuje přívalový déšť, při němž během krátkého časového intervalu (například jedné hodiny) spadne až několik desítek mm srážek. (Kopáček a Bednář, 2005)

## **Mrholení**

Mrholení je druh srážek, složený z malých kapek o velikosti 0,05 až 0,5 mm, které vypadávají velice malou rychlostí v teplé stabilní vzduchové hmotě z oblaků typu Stratus až Stratokumulus. V zimě se mrholení vyskytuje v podobě drobných vznášejících se sněhových zrnků. (Uhlíř, 1961)

## 5 Měření srážek

Jak uvádí Nypl (1986) srážky je nutné pozorovat a měřit, především nás zajímá plošné rozložení pevných i kapalných srážek, dále pak ještě u kapalných srážek pozorujeme jejich trvání, časový průběh apod. Množství vypadlých srážek se nejčastěji vyjadřuje formou srážkové výšky (mm), což znamená tloušťka vody, která by se vytvořila z deště, případně z roztátého sněhu, na dané ploše bez odtoku, výparu či vsaku. Měření srážek lze provádět sítí srážkoměrných stanic, ve kterých jsou nainstalovány ombrometry, ombrografy a člunkové ombrografy. Na těžko dostupných místech v horách jsou srážky zachycovány totalizátory (přístroj, který zachycuje srážky za delší období, čtvrt roku i delší období). (Kemel, 1996) Nebo se srážky mohou měřit pomocí radarů.

### 5.1 Pozemní měření

Nevýhoda pozemních srážkoměrů umístěných ve srážkoměrných stanicích spočívá v plošné diskretnosti, kdy údaje získané ze srážkoměru reprezentují pouze lokalitu jeho umístění. Vzhledem k velké plošné variabilitě srážek tak může na základě bodových úhrnů dojít ke špatnému odhadu celkových srážek v povodí. (Daňhelka, 2007)

#### 5.1.1 Měření dešťových srážek

Dešťové srážky měříme se značnou přesností. Úhrny srážek a intenzita se od místa k místu značně liší. Členitost terénu způsobuje značnou nerovnoměrnost rozdělení dlouhodobých průměrných úhrnů srážek. (Uhlíř, 1961) Rozdělení srážek ve velmi členitém terénu je v porovnání s územím rovin značně nerovnoměrné, proto je v horských oblastech vyžadována hustější síť srážkoměrných stanic. V České republice připadá jedna srážkoměrná stanice v průměru na 79 km<sup>2</sup>. Síť srážkoměrných stanic v České republice zřizuje a udržuje Český hydrometeorologický ústav (ČHMÚ), který také pozoruje srážkové jevy. (Kemel, 1996)

#### Ombrometr

Kompletní srážkoměrná souprava se skládá ze dvou stejně velkých válcovitých nádob, nálevky a konvice. Tyto součásti se nejčastěji vyrábí z pozinkovaného plechového materiálu. Poslední součást soupravy je skleněná



odměrka, která je kalibrovaná v desetinách mm množství srážek. Srážkoměrná nádoba má výšku 50 cm s průměrem horního okraje 252,3 mm, tudíž záchytná plocha je 500 cm<sup>2</sup>. Ombrometr se umísťuje na speciální kovový nebo dřevěný podstavec, který je zapuštěn do země tak, aby záchytná plocha srážkoměrné nádoby byla ve výšce 1m nad terénem (v zimě 1 metr nad sněhovou pokrývkou). (Kříž a kol., 1988) Měření se provádí každý den v 7 hodin ráno, v případě potřeby po jednotlivých obvykle vydatných deštích. (Nypl, 1986)

### **Ombrograf**

Dokonalejší přístroj než ombrometr, kterým můžeme získat obraz o časovém průběhu úhrnu dešťových srážek. Hlavními prvky přístroje je plováková komora s plovákem a registrační zařízení. Tyto prvky jsou ukryty ve válcovém pouzdře, do něhož je zapuštěna nálevka o záchytné ploše 250 cm<sup>2</sup>. Plovák nese tyčinku s raménkem a registračním perem. Pohyb plováku se přenáší na ručičku s perem, které zaznamenává úhrn kapalných srážek barevným inkoustem na papírový pás, napnutý na válec, otáčený hodinovým strojkem kolem vertikální osy. K úplnému otočení dochází za 24 hodin. Na registračním papíře je vertikální dělení pro srážkový úhrn (1 mm srážek je představován 5- ti mm na papíře), na vodorovné ose je dělení pro odečítání času (1h zobrazena 20- ti mm). Ombrografický záznam je tedy součtovou čarou deště, ze které můžeme určit celkový úhrn a průměrnou intenzitu za celý déšť, úhrny a průměrné intenzity v jednotlivých dešťových oddílech a také intenzity v jednotlivých okamžicích. Ombrografy jsou v činnosti v období bez mrazů, existují ovšem přístroje, které jsou vyhřívané a mohou tedy zaznamenávat časový průběh sněhových srážek (chionografy). (Kemel, 1996)

### **Člunkový ombrograf**

Tento přístroj má pod záchytnou nálevkou překlopnou směrovou nádobku (člunek). Je to obvykle nádoba s kosočtverečným průmětem, kterou dělí svislá přepážka na dvě poloviny. Je ve vratké rovnováze a může zaujmout jen dvě krajní polohy. Naplní-li se jedno oddělení člunku určitým množstvím vody, poruší se rovnováha a člunek se kolem vodorovné osy překlopí. Pod nálevku tak přijde druhé oddělení, kdežto voda z prvního se vylije, takto se děj opakuje. Kyvy člunku se převádějí na registrační zařízení mechanicky nebo pomocí elektrických impulsů na dálku na chronografickou registraci.(Uhlíř, 1961)

## **Totalizátor**

Tento přístroj se používá na těžko přístupných, odlehlých nebo zřídka navštěvovaných místech především v horách. Celkový úhrn se na tomto přístroji měří za delší období. Je to válcová nádoba o objemu cca 100 litrů. Horní část, otvor, je chráněn takzvaným Niplerovým kuzelem proti účinkům větru. Přístroj je upevněn na trojnožce ve výšce 3-5 metrů nad terénem, kvůli nebezpečí zapadání sněhem. Do přístroje se přidává chlorid vápenatý ( $\text{CaCl}_2$ ) z důvodu přeměny tuhých srážek na kapalné a také aby voda v přístroji nezamrzla. Výparu se zabraňuje přidáním asi 0,5 litru vaselinového oleje. Množství srážek za určité období se určuje z rozdílu tíh, přírůstek srážkového úhrnu se zjistí změřením rozdílu úrovně hladiny. (Nypl, 1986)

## **Automatické srážkoměry**

Tyto srážkoměry zaznamenávají množství vody zachycené ve srážkoměru na základě měření její váhy nebo objemu a poskytují informaci rozdělenou v čase (intervaly nejčastěji v řádu minut popřípadě až 1 hodiny), kterou přenášejí do operativních databází. Při použití těchto přístrojů je zapotřebí zohlednit jejich další typ chyby. Tímto typem chyby je podcenění srážek měřicím zařízením. V případě člunkového srážkoměru, se měření řeší záznamem překlápění člunku, který je tvořen dvěma malými nádobkami, jejichž velikost je taková, aby odpovídala určitému množství srážek (0,1 mm) Při výskytu intenzivních srážek dochází k odkapávání srážek mimo člunek, který se nestačí dostatečně překlápet, a tím vzniká podhodnocení srážkových úhrnů. Naopak jestliže se teplota vzduchu pohybuje okolo bodu mrazu, může docházet k zamrznání vody v člunku, tím se zmenšuje objem nádoby a člunek se pak překlápí častěji. Z toho důvodu dochází k nadhodnocování úhrnů.

Jestliže se k měření srážek používají váhové srážkoměry, vypadlé srážky se zachycují v nádobě a jejich hmotnost je průběžně vážena a přepočítávána na srážkové množství. Protože se jedná o dlouhodobější akumulaci vody, je v zachytné nádobě vodní hladina pokryta tenkou vrstvou oleje, která zabraňuje výparu. V zimním období je nutné do vody v zachytné nádobě přidávat nemrznoucí látku, která zamezí zmrznutí vody. (Daňhelka, 2007)

### 5.1.2 Měření sněhových srážek

Na stanicích se měří výška nově napadlého sněhu, celková výška sněhové pokrývky, vodní hodnota celkové sněhové pokrývky a dále se zaznamenává začátek a konec souvislé a nesouvislé sněhové pokrývky. Souvislou sněhovou pokrývkou se rozumí vrstva sněhu o výšce nejméně 1 cm pokrývající alespoň z poloviny pozemek a srážkově neovlivněné nejbližší okolí stanice. Jestliže vrstva sněhu pokrývá méně než polovinu území, jedná se o nesouvislou sněhovou pokrývku. Celková výška sněhové pokrývky se na všech klimatologických stanicích měří v 7 hodin. Výška nově napadlého sněhu na srážkoměrných stanicích se měří také v 7 hodin, na základních a doplňkových stanicích kromě toho i ve 14 a 21 hodin místního času. Výška sněhové pokrývky se měří s přesností na celé centimetry. Do výšky 0,5 cm se označuje jako sněhový poprašek a nepovažuje se na sněhovou pokrývku. Pro měření celkové výšky sněhu se používá sněhoměrná tyč nebo lať. (Kříž a kol., 1988)

Sněhoměrná lať může být stabilní nebo přenosná. Přenosná sněhoměrná lať je asi 1 m dlouhá s centimetrovou stupnicí a rukojetí. Stabilní lať je zapuštěna až po nulu stupnice do země, je dlouhá 2 metry. (Uhlíř, 1961) Měření se provádí na lokalitách, kde sněhová pokrývka není deformována větrem, a to nejméně na třech místech. Za trvání sněhové pokrývky je měření třeba realizovat pravidelně i ve dnech bez sněžení, neboť se mění její charakter. (Kříž a kol., 1988)

K měření tloušťky nově napadlého sněhu se používá dřevěná destička o minimálním rozměru 30 x 30 cm a vhodné tuhé měřítko s centimetrovým dělením. (Kemel, 1996)

Dále se měří vodní hodnota sněhové pokrývky. Pod tímto pojmem se rozumí množství vody ve sněhové pokrývce a vyjadřuje se v milimetrech srážek s přesností na desetiny milimetru. Zjišťuje se pokaždé na začátku týdne v 7 hodin, a to obvykle pouze u souvislé sněhové pokrývky. K měření se nejčastěji používá srážkoměrná nádoba staničního srážkoměru, kterou se vyřízne svislý válec sněhu až k povrchu země. Poté se nádoba se sněhem přenesse do místnosti, kde se po roztátí sněhu zjistí jeho vodní hodnota v mm pomocí odměrky ze srážkoměrné soustavy. Pro měření vodní hodnoty sněhové pokrývky v místech, kde dosahuje větších výšek, především v horských oblastech, se používá váhový sněhoměr. Tento přístroj pracuje na principu nerovnoramenných vah, které jsou zavěšené na háku. Na delším rameni

mají posuvné závaží a na kratší rameno se zavěšuje dvoudílný odměrný válec 1m dlouhý (někdy až 2m dlouhý) s plochou průřezu 50cm<sup>2</sup>. Válec se zasune kolmo do sněhu až k půdě a přečte se výška sněhové pokrývky, dále se sníh udusá válcem, válec se vytáhne, uzavře a zváží. Vodní hodnota celkové sněhové pokrývky se vypočítá ze vztahu:  $H=10P/S$ , kde H je vodní hodnota sněhové pokrývky v mm, P je hmotnost vzorku sněhu v g a S se rovná plocha průřezu sněhoměru v cm<sup>2</sup>. Na malých povodích můžeme rozmístit stanice tak, aby změřená výška a vodní hodnota sněhové pokrývky na každé z nich reprezentovala i sněhové poměry širšího okolí. Ve velkých povodích tento způsob není možný, proto se pro vyhodnocení sněhových poměrů používají sněhoměrné snímky. (Kříž a kol., 1988)

Existuje několik metod sněhoměrných snímků a to: traťové sněhoměrné snímky podle čtverců (náročné), sněhoměrný snímek podle trojúhelníků, podle radiálních tratí a nejvýhodnější sněhoměrné snímky podle vrstevnic. Základním požadavkem této nejvýhodnější metody je volbou sněhoměrných snímků postihnout rozdílné podmínky v akumulaci sněhu v zalesněné části povodí, bezlesé části a na plochách různě orientovaných vůči světovým stranám. (Kemel, 1996) Ke zjištění výšky silné sněhové pokrývky, především v nepřístupných oblastech, je možné použít letecké snímkování, včetně fotogrammetrie. (Kříž a kol., 1988)

### **Radarové měření**

Jednou z velkých výhod radarového měření je, že jsme schopni odhadovat srážky (kapalné i sněhové) s vysokým časovým a prostorovým rozlišením na velké ploše. Radar dokáže poskytovat srážkové odhady v malých časových intervalech jako je například 5 minut. Jeden radar je schopný pokrýt plochu větší než 10 000 km<sup>2</sup>. Systémy meteorologických radarů pro odhad srážek se nejvíce používají ve Spojených státech amerických, Anglii, střední Evropě a Japonsku. (Maidment, 1993) Radary vydávají elektromagnetické pulzy s vlnovou délkou  $\lambda= 3-10$  cm. Díky tomu, že radar rotuje a snímá v různých výškových hladinách, dostaneme jako výsledek třírozměrnou informaci o prostorovém rozložení srážek v atmosféře. Radar provádí měření v několika výškových hladinách (nejčastěji okolo 20). Velkým problémem při tvorbě odhadu srážek pomocí radarů je odlišná distribuce kapalných částic (odrazivost) v konvektivní a stratiformní oblačnosti. V důsledku možnosti výskytu různých chyb pomocí radarů jsou hrubé radarové odhady srážek korigovány na základě údajů z pozemních měření. Velkou výhodou radarových dat je jejich

přesná prostorová lokalizace srážek a jejich aktuálnost (přenos dat on-line). (Daňhelka, 2007)

### **5.1.3 Měření srážek kondenzujících na předmětech; rosa, námraza**

Pokusy o měření rosy jsou již starého data. Výsledky, které se nejvíce přibližují skutečnosti, se získávají pomocí vážení celých rostlin ve vegetační nádobě. Tento způsob je stále nejčastější ve výzkumné práci a zdokonaluje se pomocí lysimetrů. Staniční metody, které slouží k hromadnému měření úhrnů srážek z rosy, narážejí na specifické problémy. Rosa se totiž tvoří různě vydatně v různých výškách porostů a nelze ji převést do jedné roviny jako například dešťové srážky. Kromě toho je kondenzace závislá na fyzikálních vlastnostech povrchu záchytné plochy. Základní a nejpoužívanější metoda pro měření rosy je metoda váhová. Rosoměry neboli drosometry se váží navečer před orosením a ráno po ukončení tvorby rosy a následně se zjistí váhový rozdíl. Na stejném principu pracují také registrační drosografy, na kterých se narůstající váha kondenzované vody z rosy plynule zaznamenává na registrační zařízení. Pro měření námrazy se nejčastěji používá Končkův geligraf. Tento přístroj se skládá ze záchytného válce. Záchytný válec je nasazen na speciální registrační zařízení, které podle principu váhových obrografů registruje vzrůstající námrazky. (Uhlíř, 1961)

## **6 Časové a prostorové rozložení srážek**

Znalost časového a plošného rozdělení srážkových úhrnů, výskytu, průběhu, trvání, intenzity a plošného rozdělení jednotlivých dešťů je nezbytná. (Dub, Němec a kol., 1969) Díky tomu, že srážky jsou velmi nestabilním a proměnlivým procesem a často mění svoji formu a intenzitu, patří k jednomu z nejobtížněji stanovitelným atmosférickým parametrům. Vyznačují se svojí velkou časovou a prostorovou variabilitou. (Jeniffer a kol., 2010)

Režim atmosférických srážek a jejich množství v daném bodě je výsledkem působení řady faktorů. Rozhodující roli hrají cirkulační procesy a v rámci nich fyzikální procesy, které vedou ke vzniku srážek. Jejich působení může být modifikováno relativně stálým vlivem geografických faktorů, tj. orografickými poměry širšího okolí lokality, konfigurací terénu v okolí stanice nebo dále její nadmořskou výškou. (Brázdil, Štekl, 1987) Srážky v České republice se vyznačují značnou časovou a prostorovou proměnlivostí, která je dána díky interakci fyzikálních procesů jejich vzniku, atmosférické cirkulaci a fyzickogeografickým charakteristikám našeho území. Vlastní množství srážek je ovlivněno charakterem synoptické situace, kdy s ohledem na její dosah a postup se mohou objevovat značné prostorové rozdíly. (Tolasz a kol., 2007)

### **6.1 Časové rozložení srážek**

V případě jednoho bodu je nejvýraznějším parametrem popisu srážek jejich časová struktura. (Brázdil, Štekl, 1987)

#### **6.1.1 Denní a roční chod srážek**

Denní chod srážek lze zjistit vzhledem k jejich velké proměnlivosti pouze z dlouhodobých pozorování, z nichž se spočítají průměrná množství srážek připadající na jednotlivé hodinové intervaly. Tyto hodnoty se obvykle vyjadřují v procentech nebo promilích průměrného denního úhrnu srážek. (Kopáček, Bednář, 2005) Časový chod srážek je obvykle složitý a nepravidelný, zejména v denní periodě. Nad pevninou rozlišujeme dva základní typy denního chodu srážek: Pevninský typ a Pobřežní typ (mořský). Pevninský typ má minimum srážek po půlnoci a druhotné minimum před polednem. Hlavní maximum se vyskytuje brzy po poledni a druhotné maximum brzy ráno. Pevninský typ je u nás výrazný v letním

období. Pobřežní typ má jedno maximum v časných ranních hodinách a jedno minimum v odpoledních hodinách. Tento typ je výraznější v zimě. (Vysoudil, 1997)

Roční chod srážek závisí na cyklické záměně ročních období. Rozdělení srážek je charakteristické pro celé oblasti Země a závisí na zeměpisné poloze. (Nypl, 1986). Hlavní typy ročního chodu srážek můžeme rozdělit do čtyř kategorií: 1. Rovníkový typ, tento typ je charakteristický pro oblasti v pásu mezi rovníkem a 10° severní i jižní zeměpisné šířky. Typické pro tento typ jsou dvě maxima po rovnodennostech a dvě minima po slunovratech. 2. Rovnoměrné rozložení srážek v průběhu celého roku. Vyskytuje se hlavně v oblastech mořského klimatu mírných šířek. 3. Vydatné srážky v letním období a malé množství srážek v zimě. Vyskytuje se hlavně v oblastech s monzunovým klimatem a na pevninách mírných šířek (typické pro ČR). 4. Velké množství srážek v zimě, léto suché. Nejčastěji se vyskytuje v subtropickém pásu. (Kopáček, Bednář, 2005)

Nejvšeobecnější obraz o srážkových poměrech daného místa podává dlouhodobý roční úhrn srážek. V České republice se pohybuje v rozpětí od 410 mm do 1700 mm. Na našem území vypadne nejvíce srážek v letních měsících – od dubna do září vypadne přibližně 2/3 celoročního úhrnu srážek. Od ledna do května pozorujeme vzrůst srážkové činnosti, v letních měsících (červen, červenec, srpen) se udržuje na vysoké úrovni, v následujících měsících opět nastává pokles. (Kemel, 1996) Podobné rozdělení srážek podle ročních období uvádí také Rožnovský (1999), kde na léto připadá kolem 40% srážek, dále na jaro 25%, podzim 20% a na zimu 15% srážek. Letní maximum souvisí s výskytem bouřkových lijáků při advekci relativně studeného vzduchu od západu až severozápadu. Podle Duba a Němce (1969) kolísají roční úhrny v dost širokých hranicích. V jednotlivých rocích se odklání od dlouhodobého průměru v rozmezí  $\pm 40\%$  podle toho, jak se uplatní kontinentalita nebo oceanita podnebí. Spolehlivost samotného dlouhodobého průměru je závislá na variaci a délce řady ročních hodnot podle vzorce:

$$\sigma_0 = 100C_v / \sqrt{n}$$

Variační činitel  $C_v$  má přitom hodnotu nízkou, na našem území převážně 0,12 až 0,19. Pravděpodobná odchylka dlouhodobého ročního průměru je při desetiletém pozorování asi 7 % a při padesátiletém jen 2 %.

Jednotlivá místa lze co do ročního chodu srážek charakterizovat průměrnými měsíčními úhrny, které se počítají z delší řady let. Pro možnost porovnávání chodu srážek z různých míst se úhrny v jednotlivých měsících vyjadřují v procentech celkového dlouhodobého ročního úhrnu. Významnost jednotlivých hodnot měsíčních, popřípadě ročních srážkových úhrnů můžeme ohodnotit matematickou statistikou sestavením čáry překročení za delší řadu let pozorování. Kromě údajů o srážkových úhrnech se pro dokreslení poměrů v dané oblasti uvádějí mnohé další údaje. (Kemel, 1996) Máme-li k dispozici dlouhou řadu let pozorování, lze stanovit například počet dní se srážkami. Pravděpodobnost deště je největší v měsíci květnu a červenci a nejmenší na podzim. Průměrný denní déšť je údaj, který získáme, jestliže vydělíme celkový úhrn deště vypadlého za určité období s celkovým počtem dní se srážkami. Díky rozboru ročních srážkových úhrnů za dlouhou řadu let je patrné, že se střídají roky bohaté na srážky s roky suchými. Toto střídání není ovšem pravidelné. (Nypl, 1986)

## **6.2 Plošné rozdělení srážek**

V případě, že srážky popisujeme u více stanic, tj. na určitém územním celku, uplatňujeme vedle časového aspektu také aspekt prostorový neboli prostorovou strukturu pole srážek. Je známo, že trvalé srážky bývají nejčastěji spojovány s velkoprostorovými pohyby, zatímco přehánky a mrholení se obvykle spojují s pohyby na malém prostoru. Trvalé srážky mají relativně homogennější rozložení než přehánky a mrholení, a tedy i vypočtené prostorové úhrny jsou pro rozdělení srážek v dané oblasti reprezentativnější. Lze tedy předpokládat, že s rostoucí velikostí srážek dochází ke zmenšování jejich plošného rozsahu. Přesto v některých případech mohou i extrémně vysoké srážky zabírat podstatně větší plochu. (Brázdil, Štekl, 1987) Na plošné rozložení srážek má výrazný vliv nadmořská výška. (Krešl, 2001)

Rozdělení srážek na Zemi je takové, že v pásu kolem rovníku jsou úhrny více jak 2000 mm za rok, na ostrovech Tichého oceánu dosahují 5000-6000 mm. Směrem na sever a na jih od rovníku úhrn klesá a dosahuje minima asi 500 mm v pásu 15- 30° severní a jižní šířky. V mírném pásu opět srážek přibývá, 500-1000 mm za rok. V polárních oblastech jsou srážkové úhrny opět velmi nízké, do 300 mm za rok. (Nypl, 1986) Srážkové maxima ve světě byla pozorována na jižních svazích Himalájí až 16 300 mm (dlouhodobý roční průměr je 12 700 mm) V Evropě je to potom více



jak 4000 mm v oblastech Švédska a v severní Anglii. Srážkové minima byla pozorována na Sahaře 5 mm za rok a na některých místech v Chile dokonce necelých 1 mm za rok. (Kemel, 1996)

Rozložení srážek na území České republiky odpovídá těmto hodnotám: na 62% plochy státu činí průměrný roční úhrn srážek 600-800 mm, na 22% území státu vykazují průměrné roční úhrny hodnoty nad 800 mm srážek a na zbylých 16% se průměrné roční úhrny srážek pohybují pod hranicí 600mm. (Dub, Němec a kol., 1969) Dlouhodobé výsledky ukazují, že nejnižší srážkové úhrny České republiky jsou v okolí Žatce, kde nejnižší průměrný roční úhrn má hodnotu 410 mm a díky tomu je považován za nejsušší oblast republiky. Naopak nejvíce srážek vypadává v oblasti Bílého potoka (U studánky) v Jizerských horách ve výšce kolem 900 m. n. m. s průměrem 1705 mm srážek. Na Moravě se oblast s minimálním ročním průměrem srážek nachází jižně od Znojma (Drnholec 495mm) a maximální roční průměr nalezneme na Lysé Hoře 1532 mm (Moravskoslezské Beskydy). (Rožnovský, 1999)

Z biologického hlediska nerozhoduje o suchosti oblasti jen nízký roční úhrn srážek, ale i rozdělení srážek v roce a zejména teplota vzduchu. Z tohoto hlediska Minář, Konček a další vymezili oblasti sucha u nás. Nejjednodušší kritériem je Langův dešťový faktor, který vychází ze vzorce:

$$f = H_{sa} / T$$

$H_{sa}$  je průměrný roční úhrn srážek [mm]

T je průměrná roční teplota vzduchu [°C] (Dub, Němec a kol., 1969)

Podle tohoto vzorce Minář (1948) rozdělil území naší republiky do pěti oblastí takto:

- I. dešťový faktor pod hranici 60 (nejsušší oblasti)
- II. dešťový faktor 61-70
- III. dešťový faktor 71-80
- IV. dešťový faktor 81-100
- V. dešťový faktor větší než 100 (nejvlhčí oblasti).

## **7 Metody hodnocení časové a prostorové distribuce srážek**

Při studiu zákonitostí oběhu vody v přírodě vychází hydrologie z údajů získaných pozorováním a měřeními vlastností (znaků) zkoumaných jevů. Většinou se jedná o takové jevy, které z hlediska počtu pravděpodobností a matematické statistiky můžeme označit jako hromadné jevy náhodné. Proto se ke zpracování takto získaných údajů používá statistických metod. Statistické zkoumání se ale omezuje jen na popis charakteristických vlastností zkoumaných jevů. Kvůli tomu se v hydrologii používá i druhého způsobu zkoumání jevů, který se nazývá genetický (příčina vzniku). Při této metodě se předpokládá taková znalost zkoumaných jevů, že je ji možné zpravidla formulovat matematicky v obecné formě (na základě již známých fyzikálních zákonitostí). Ovšem takto odvozený vztah obvykle obsahuje jeden nebo více parametrů, jejichž hodnoty se stanoví nejčastěji opět statisticky. (Krešl, 2001) Z uvedeného plyne, že k řešení mnohých úloh v praxi je zapotřebí obou skupin metod, jež se navzájem harmonicky doplňují. (Kemel, 1996)

### **7.1 Statistický soubor, jeho základní charakteristiky**

Výsledkem soustavných pozorování a měření hydrologických jevů jsou četné, obvykle nepřehledné množiny kvantitativních údajů o jednotlivých hydrologických faktorech. Všechny prvky souboru musí mít aspoň jednu společnou vlastnost, kterou nazýváme pozorovaný (sledovaný) znak. Vzhledem k tomuto znaku je soubor homogenní, čím více společných vlastností má soubor, tím je homogennější. Takové soubory menšího rozsahu můžeme vybrat z daného prvotního souboru a dále je zpracovávat samostatně. (Dub, Němec a kol., 1969)

Při zpracování údajů pozorování určitého jevu musíme nejdříve jednotlivé prvky roztrždit podle shodného podstatného znaku. Tyto prvky jsou statistickými jednotkami vyznačujícími se určitou hodnotou společného znaku- vzniká tak statistická proměnná. Množina těchto proměnných tvoří statistický soubor. Při zpracování statistického souboru určujeme tzv. charakteristiky souboru, jež svými hodnotami podávají základní informace o některých jeho vlastnostech. (Kemel, 1996)

O vlastnostech zkoumaného statistického souboru nás informují statistické charakteristiky:

- charakteristiky polohy: aritmetický průměr (modul), medián a modus
- charakteristiky variability či rozptylu: variační rozpětí, průměrná odchylka, směrodatná odchylka, a variační koeficient
- charakteristiky souměrnosti souboru: koeficient asymetrie, koeficient špičatosti (Krešl, 2001)

## **Charakteristiky polohy**

### **Aritmetický průměr**

Nejjednodušší charakteristikou udávající polohu je aritmetický průměr, který je definován podle Nacházela (1986) takto:

$$\bar{x} = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n x_i$$

Nevýhodou aritmetického průměru může být to, že je v některých případech ovlivňován krajními, někdy značně extrémními hodnotami.

### **Medián**

Medián je dán hodnotou prvku, stojícího uprostřed řady uspořádané podle velikosti (například sestupně). U souboru s lichým počtem prvků je medián tvořen hodnotou prostředního prvku. Při sudém počtu prvků v souboru se medián rovná aritmetickému průměru dvou prostředních sousedících prvků.

### **Modus**

Modus je hodnota znaku, která se v daném souboru objevuje s nečastější četností. (Nypl, 1986)

## **Charakteristiky rozptylu**

Další informace o vlastnostech daného souboru udávají charakteristiky rozptylu jednotlivých hodnot  $x_i$  kolem aritmetického průměru  $\bar{x}$ .

## Variační rozpětí

Variační rozpětí je nejjednodušší mírou tohoto rozptylu, které je však závislé na rozsahu a může být poněkud zkresleno náhodným výskytem abnormálních extrémů, proto se používá jen jako první, základní informace.

$$A = x_{\max} - x_{\min}$$

## Průměrná odchylka

Průměrná odchylka  $\delta$  udává lepší obraz o rozptylu než variační rozpětí. Je definována jako aritmetický průměr absolutních hodnot všech odchylek  $\Delta x_i$  od průměru. (Dub, Němec a kol., 1969)

$$\delta = \frac{1}{n} \sum |x - \bar{x}|$$

## Směrodatná odchylka

Směrodatná (standartní) odchylka je nejpoužívanější charakteristikou rozptylu. Tato charakteristika je definována takto:

$$s = \sqrt{\frac{1}{n} \sum (x_i - \bar{x})^2}$$

Tento výraz se používá pro základní soubory (soubory velkého, často nekonečného rozsahu). Pro kratší řady (se kterými se v hydrologii pracuje) je lepší použít výraz:

$$s' = \sqrt{\frac{1}{n-1} \sum (x_i - \bar{x})^2}$$

Směrodatnou odchylku nelze používat pro porovnávání dvou souborů, ve kterých se hodnoty náhodných proměnných liší (například o jeden nebo více řádů). (Kemel, 1996)

## Variační koeficient

Variační koeficient  $C_v$  slouží k analýze prostorové variability. Hodnotu variačního koeficientu zjistíme z podílu směrodatné odchylky k aritmetickému průměru. (Pedersen a kol., 2010)

$$C_v = \frac{s}{\bar{x}}$$

## Charakteristiky souměrnosti souboru

### Koeficient asymetrie

Nacházel (1986) udává, že nesouměrnost rozložení hodnot  $x_i$  kolem průměru  $\bar{x}$  se vyjadřuje koeficientem asymetrie (neboli koeficient šikmosti), který je dán výrazem:

$$C_s = \frac{1}{ns^3} \sum_{i=1}^n (x_i - \bar{x})^3$$

Tento výraz je stejně jako variační koeficient bezrozměrným číslem.

### Koeficient excessu

Koeficient excessu (též koeficient špičatosti), který je též bezrozměrným číslem, udává charakteristiku nahromadění hodnot  $x_i$  v blízkosti průměru  $\bar{x}$ . Podle Nacházela (1986) je definován takto:

$$e = \frac{1}{ns^4} \sum_{i=1}^n (x_i - \bar{x})^4 - 3$$

Při dalším zpracování hydrologických jevů nás zajímá počet výskytu určité hodnoty znaku (kolikrát se opakoval určitý srážkový úhrn). Tento počet výskytů určitých hodnot se nazývá prostorová četnost  $n$  neboli frekvence. Je-li soubor rozdělený do tříd a zjišťujeme počet výskytů v určitém třídním intervalu, jedná se o prostou třídní četnost  $n_i$ . Pokud srovnáváme rozdělení četností, které je závislé na velikosti volného intervalu, hovoříme o relativní četnosti. Relativní četnost udává podíl prosté četnosti a celkového rozsahu souboru. Nejlepší představu o způsobu rozdělení četností udává histogram. (Krešl, 2001)

### Histogram

Histogram udává názornou představu o způsobu rozložení četností pomocí grafu. Jedná se o zobrazení četností příslušných jednotlivým hodnotám. (Dub, Němec a kol., 1969)

## 7.2 Metody hodnocení plošné distribuce srážek

Plošné rozložení srážkových úhrnů za dané období je velice podstatný údaj pro hydrologické modely hodnotící plošnou distribuci srážek. Co nejpřesnější určení

srážkového úhrnu je hlavním faktorem, který má největší vliv na úspěšnost hydrologických aplikací, a to bez ohledu na to, který hydrologický model byl použit.

Hydrologické modely pro hodnocení plošné distribuce srážek pracující s jednotkou povodí potřebují jako vstup průměrnou srážku na povodí (mean areal precipitation- MAP), distribuované hydrologické modely vyžadují unikátní srážkový vstup pro každý výpočetní gridový bod, tedy i tam, kde není přímo k dispozici měření srážek. Pro výpočet MAP se používají rozdílné metody, které se liší způsobem výpočtu a zohledněním určitých faktorů, kterými jsou například: nadmořská výška, sklon svahů, expozice svahů, převládající směry větrů a rychlost větru. (Daňhelka, 2007)

Odvození průměrné srážky na povodí vždy vychází ze srážkového pozorování a měření, které je metodicky řízeno odborníky z oborů meteorologie a klimatologie, ale přesto průměrná srážka na povodí zajímá především hydrology. A to hlavně z důvodu, že časové a prostorové rozložení srážek na povodí, společně s fyzicko-geografickými charakteristikami, určuje velikost i časové rozložení odtoku z povodí.

Přesto, že se situace v oblasti měření srážek za posledních několik let na území ČR zlepšila, a to především díky zahuštění srážkoměrné sítě v některých oblastech, a také díky měření pomocí meteorologických radarů, je odvození plošných srážek stále zatíženo značnou nejistotou. Tato nejistota pramení především ze značné prostorové proměnlivosti srážek, která je dána typem srážek, časovým intervalem a regionálními klimatologickými odlišnostmi. (Šerlc, 2008)

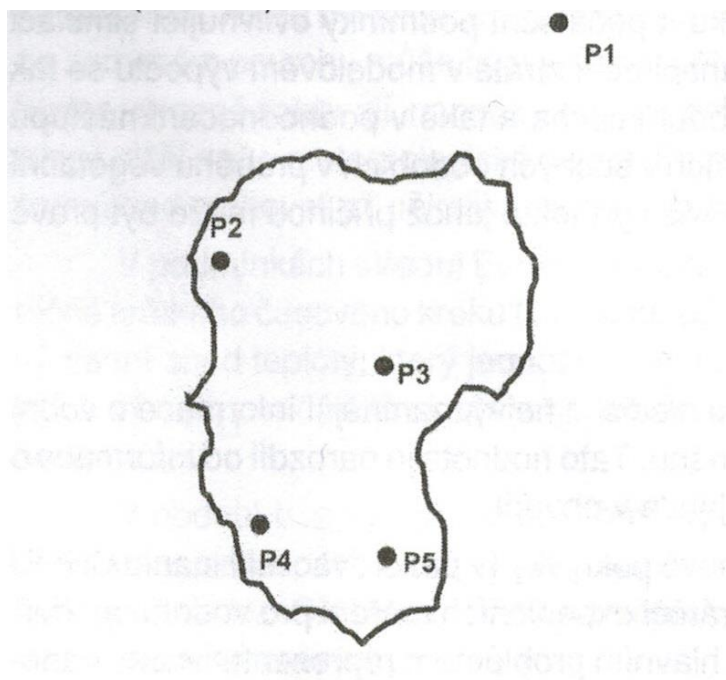
### **Aritmetická metoda**

Nejjednodušší metoda pro výpočet MAP. Určuje průměr plošných srážek. V úvahu se berou pouze měření z jednotlivých stanic, které leží přímo v daném povodí, a vypočte se jejich prostý průměr podle vzorce:

$$P = \sum \frac{P_n}{n},$$

kde  $P_n$  znamená úhrn ve stanici a  $n$  je počet stanic v povodí. Nevýhodou této metody je její přesnost, která je značně omezená a dostačující může být pouze v případě, pokud měření v dané oblasti jsou plošně rovnoměrně rozložena, dobře reprezentují orografické poměry povodí a zároveň se jednotlivé naměřené hodnoty příliš

neodlišují od celkového průměru. (Daňhelka, 2007) Další nevýhoda spočívá v tom, že aritmetická metoda nebere v úvahu hustotu srážkoměrů. (Serrano, 1997) Aritmetickou metodu výpočtu MAP můžeme vidět na obrázku 3.



Obr. č. 3 - Aritmetická metoda výpočtu MAP

Zdroj: Daňhelka (2007)

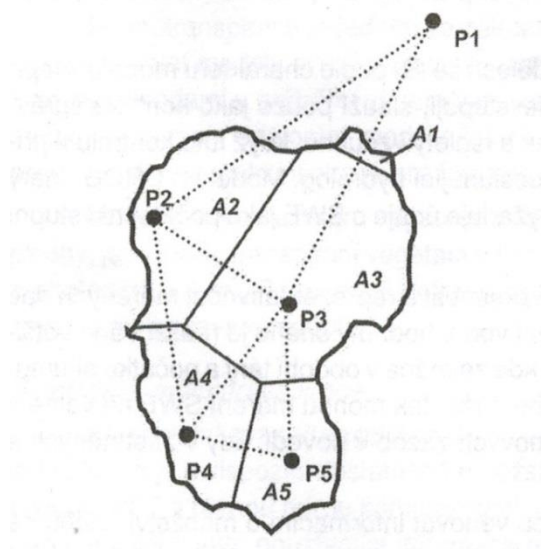
### Metoda Thiessenových polygonů

Tato metoda je velmi výhodnou, a to především díky její malé pracnosti při stanovení řady hodnot průměrných srážek na povodí. (Krešl, 2001) Metoda Thiessenových polygonů spočívá v tom, že rozděluje povodí na části, které jsou následně přiřazovány k určitým stanicím na základě jejich vzdálenosti od srážkoměrných stanic. Každému bodu povodí je tak teoreticky přidělena hodnota z nejbližší stanice. Vstupujícím datům z jednotlivých stanic jsou poté přiřazeny váhy podle podílu plochy povodí příslušné k dané stanici. Výpočet MAP je realizován podle rovnice:

$$\bar{P} = \frac{1}{A} \sum_{j=1}^n A_j P_j,$$

kde A je celková plocha,  $A_j$  je plocha určitého polygonu a  $P_j$  je srážkový úhrn ve stanici, jíž tento polygon přísluší.

Výhoda této metody ve srovnání s metodou aritmetického průměru spočívá především v lepším výsledku, pokud je na povodí nerovnoměrná plošná distribuce stanic. Proti tomu nevýhoda této metody je v tom, že není flexibilní a nebere v úvahu orografické poměry, které ovlivňují úhrn srážek (nadmořská výška, srážkový stín). Na obrázku 4 můžeme vidět výpočet MAP metodou Thiessenových polygonů. (Daňhelka, 2007)



Obr. č. 4- Výpočet MAP metodou Thiessenových polygonů

Zdroj: Daňhelka (2007)

### Metoda vážených inverzních vzdáleností (inverse distance weighted - IDW)

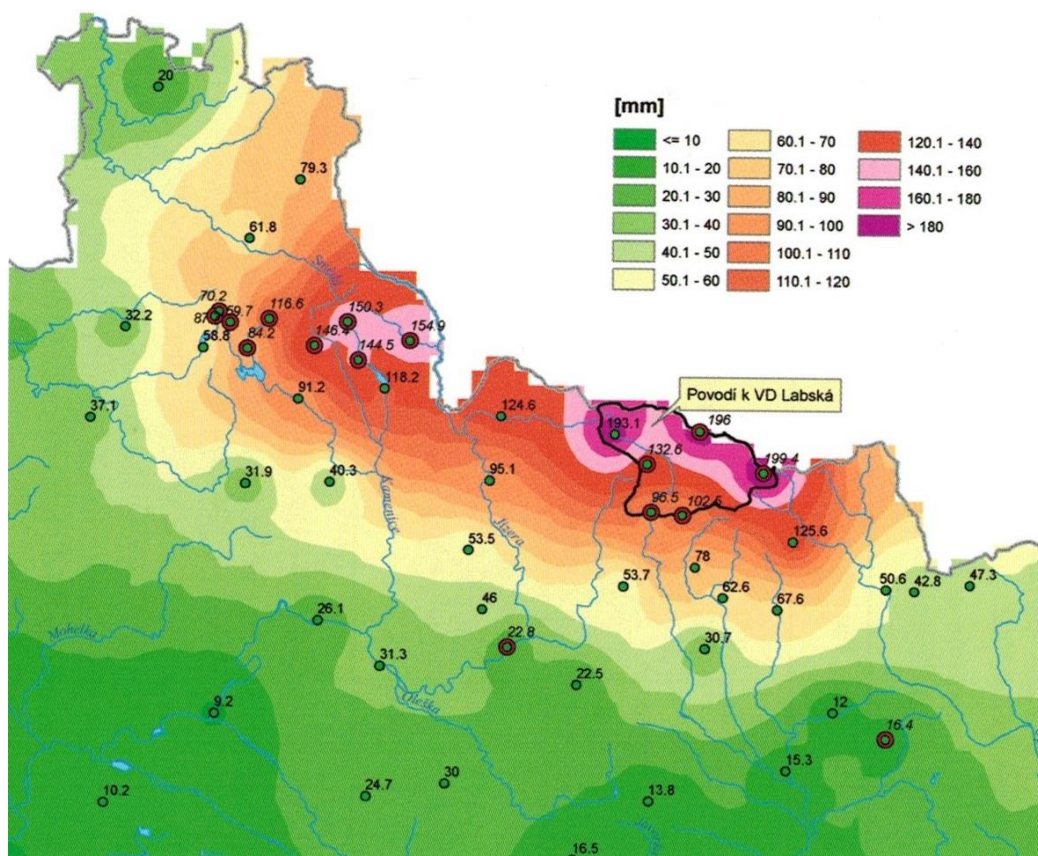
Metoda IDW je čistě deterministickou, neboť váhový koeficient  $\lambda$  je závislý pouze na vzdálenosti mezi místy měření a místem predikovanou hodnotou. Je rovněž interpolační metodou, protože víceméně zachovává hodnoty v místech měření, což je také její hlavní výhoda. Naopak nevýhodou je, že dává absolutní váhu měrným místům, kdy v poli interpolovaných hodnot dochází k vytváření „ok“ (tzv. „bull-eyes“). Díky této skutečnosti nemusí být IDW metoda příliš vhodná pro interpolaci určitých veličin (např. srážek). IDW metoda je definována takto:

$$Z_0 = \sum_{i=1}^N \lambda_i * Z_i,$$

kde N počet pozorování (okolních měření) použitých pro interpolaci,  $\lambda_i$  je hodnotou váhového koeficientu pozorování v místě a  $Z_i$  je hodnota měřené veličiny v místě i. (Šercl, 2008)



Obrázek 5 nám ukazuje rozdělení srážkových úhrnů dne 7. 8. 2006 interpolované pomocí metody IDW



Obr. č. 5- Rozdělení srážkových úhrnů dne 7. 8. 2006 interpolované metodou IDW

Zdroj: Meteorologické zprávy, 61 (2008)

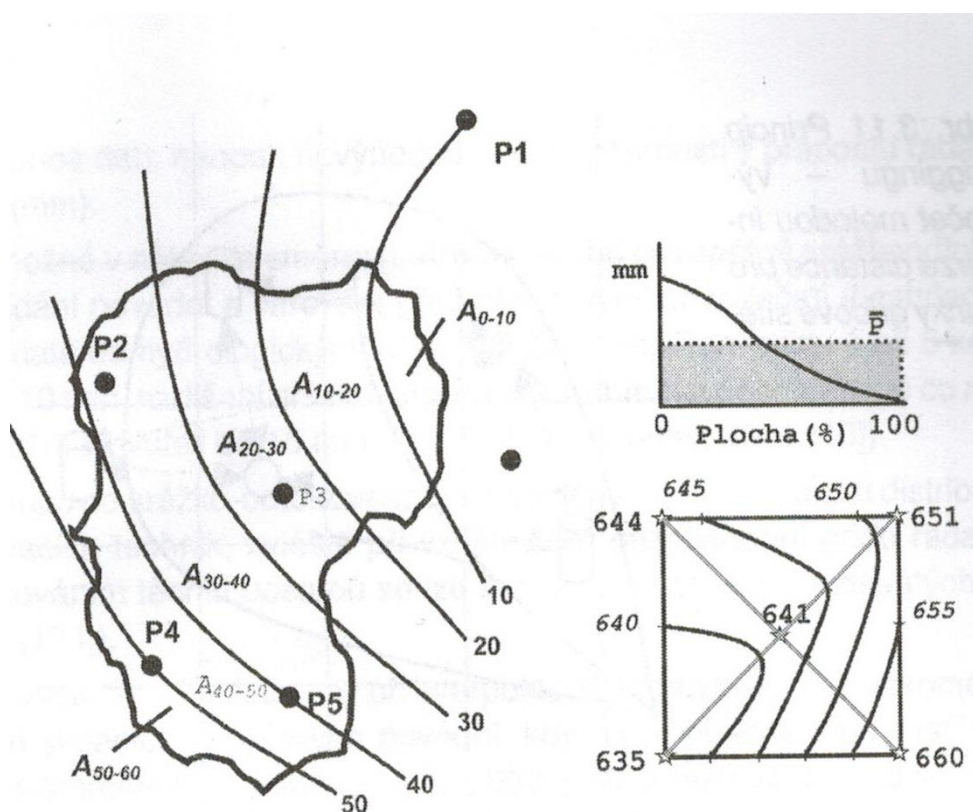
## Metoda izohyet

Metoda izohyet je jedna z nejvíce používaných metod pro zjišťování prostorové distribuce srážek. (Serrano, 1997) Tato metoda spočívá v tom, že se na mapě spojují plynulými čarami místa se stejným množstvím srážek spadlých za určitý stejný čas (např. za dobu jednoho deště, za jeden měsíc, za určitý rok). Tyto čáry získané interpolací hodnot zaznamenaných v jednotlivých srážkoměrných stanicích se nazývají izohyety. Jako podklad pro vykreslení mapy izohyet se používá síť srážkoměrných stanic s údaji uvedenými v horopisné mapě, aby se mohl při zakreslení izohyet uvážit také vliv, který má členitost terénu na velikost srážek (návětrné nebo závětrné úbočí hor, dešťový stín, výškový gradient apod.). (Dub, Němec a kol., 1969) Dalším krokem je zjištění podílu ploch mezi jednotlivými izohyetami, které se použijí jako váhy pro výpočet váženého průměru. Metoda

izohyet je flexibilní, ale proto, aby mohla být řešena automaticky, vyžaduje dostatečné množství stanic, a to především pokud je v povodí velká plošná proměnlivost srážek. (Daňhelka, 2007) Jak uvádí Krešl (2001), metodou izohyet lze průměrná plošná srážka na povodí vypočítat podle tohoto vzorce:

$$H_s = \frac{\sum \frac{(H_i + H_{i+1}) * S_i}{2}}{S_p},$$

kde  $S_i$  je plocha omezená dvěma sousedními izohyetami  $H_i$  a  $H_{i+1}$  a rozvodnicí a  $S_p$  je plocha povodí. Obrázek níže ukazuje výpočet MAP metodou izohyet dále v pravém horním rohu hyetografickou křivku a pod ní princip konstrukce izohyet.



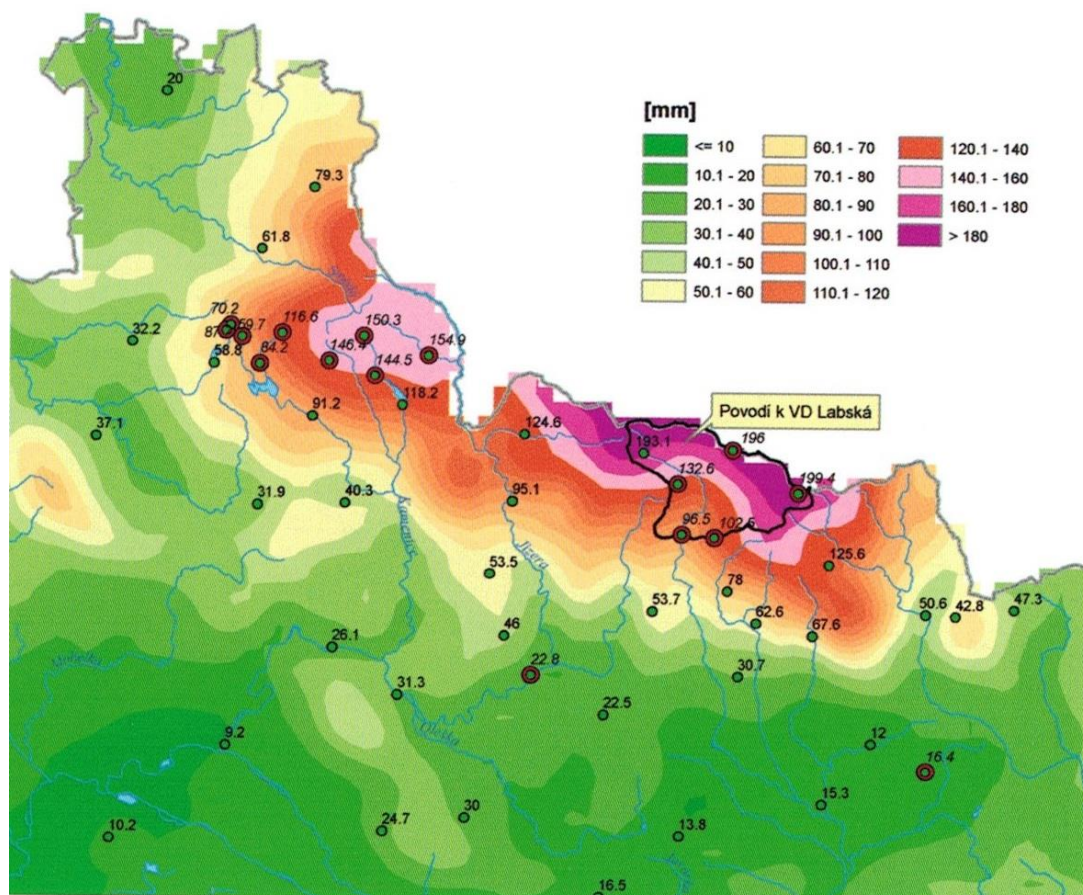
Obr. č. 6- Výpočet MAP metodou izohyet, hyetografická křivka a princip konstrukce izohyet

Zdroj: Daňhelka (2007)

## Metoda orografické interpolace (ORO)

Tato metoda se nejčastěji používá pro zpracování plošných informací o srážkových úhrnech za delší dobu trvání, například měsíc, rok. (Daňhelka, 2007) Je založena na odvození regresní závislosti mezi srážkou a nadmořskou výškou v pozorovaných místech v definovaném kruhovém okolí každé srážkoměrné stanice,

plošné interpolaci regresních parametrů a uplatnění koeficientu determinace regresního vztahu jako váhového parametru pro určení výsledného odhadu srážkového úhrnu v nepozorovaném místě. Tato metoda je zpracována do formy aplikace pro software ArcGIS. (Šercl, 2008) Rozložení srážkových úhrnů interpolované pomocí metody ORO nám ukazuje obrázek 7.



Obr. č. 7- Rozložení srážkových úhrnů dne 7. 8. 2006 interpolované metodou ORO (s vynecháním účelových stanic)

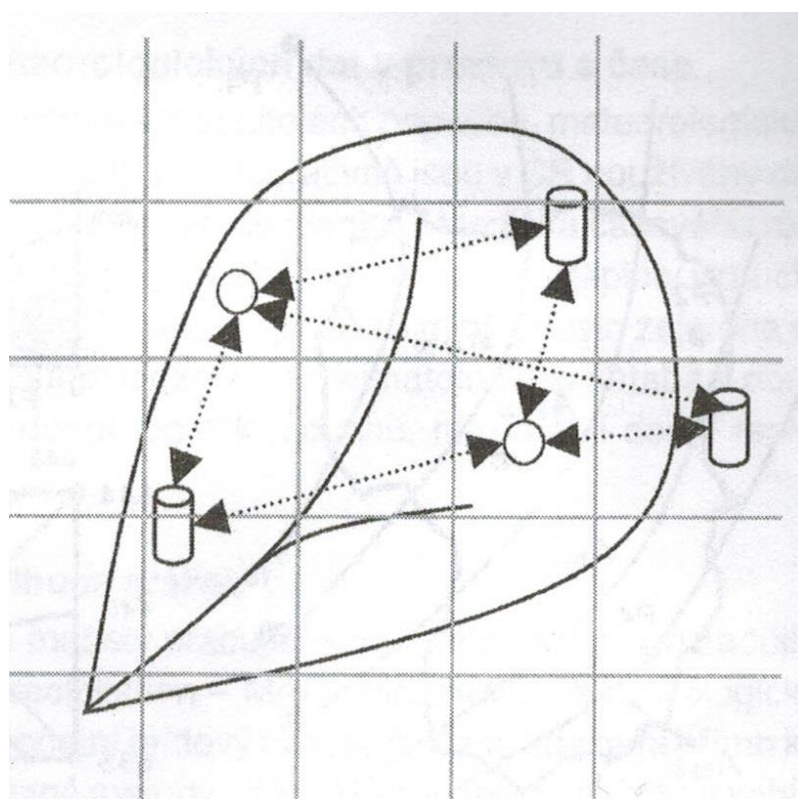
Zdroj: Meteorologické zprávy, 61 (2008)

## Metoda krigingu

Krigování je geostatistická metoda odhadu. Odhady se v této metodě počítají na základě vážených lineárních průměrů, kde je pro každé místo optimalizovaná soustava vah tak, aby měl výsledný odhad co nejmenší chybu. K této metodě je ovšem zapotřebí provést strukturální analýzu a popsat vztahy ve zkoumaném poli. Někdy se situace může zjednodušit pomocí lineárního semivariogramu. Teoreticky by se při nulovém zbytkovém rozptylu mělo jednat o exaktní metodu, praktické

implementace ovšem ukazují chování aproximační, tedy vyhlazení původních hodnot. K základním předpokladům pro provádění geostatistických odhadů patří u většin metod požadavek normální distribuce interpolované veličiny, stacionarita a homogenita, z toho vyplývá i požadavek na stejný rozptyl v poli. ( Juříková, 2009)

Metoda krigingu pracuje hlavně jako převod bodových hodnot na plošnou informaci v podobě gridu. Díky tomu je využívána především v distribuovaných hydrologických modelech. Povodí se rozdělí do pravidelné gridové sítě, a následně se pro každý bod vypočte hodnota srážky. (Daňhelka, 2007) Obrázek číslo 8 představuje princip metody krigingu.



Obr. č. 8- Princip krigingu

Zdroj: Daňhelka (2007)

## **8 Zjištěné rozdíly v časové distribuci srážek v ČR a na konkrétním území**

V této kapitole bylo za pomoci publikace s názvem Hydrologická bilance množství a jakosti vody vydávané každoročně Českým hydrometeorologickým ústavem úsekem hydrologie popsáno množství srážek spadlých v České republice a poté na povodí horního Labe za roky 2002, 2010 a 2014. Rok 2002 byl zvolen z důvodu rozsáhlých povodní v letních měsících. Rok 2010 z důvodu jeho velké nadprůměrnosti oproti letům minulým a rok 2014 byl vybrán kvůli tomu, že jsou to nejaktuálnější dostupná data.

V druhé části kapitoly byly porovnány srážky na srážkoměrné stanici Olomouc-Klášteří Hradisko za období od roku 1867 do roku 2009 se srážkoměrnou stanicí Olomouc v letech 1946-2009.

### **8.1 Srážková charakteristika roku 2002**

Z pohledu srážek byl kalendářní rok 2002 na území České republiky výrazně nadnormální, průměrný úhrn srážek byl 864 mm, což činí 130% dlouhodobého normálu.

První polovina roku byla, co se do úhrnu srážek týče chudší, jen s výjimkou vlhkého února a průměrného března a června. Tři zbývající měsíce byly výrazně podprůměrné. Srážkově bohatší byla druhá polovina roku, v období od července do prosince se nevyskytl žádný podprůměrný měsíc. Na území České republiky byl jednoznačně nejvlhčím měsícem srpen. V tomto měsíci byla zaznamenána extrémní srážková situace, kdy na území povodí Labe spadla v několika dnech téměř čtvrtina ročního objemu srážek. V oblasti jihozápadních Čech bylo zaznamenáno více než 40% ročního úhrnu. V povodí Dyje byla situace obdobná jako na povodí Labe.

#### **8.1.1 Zhodnocení srážek v oblasti povodí horního Labe v roce 2002**

Srážky na tomto území byly za celý rok 2002 rozloženy nerovnoměrně. Poměrně suché byly jen měsíce leden, duben, a také květen, ostatní měsíce vykazovaly nadprůměrné množství srážek. Nejvíce srážkově vydatný byl měsíc srpen, který vykazoval extrémní hodnoty. Poměrně vlhký byl i podzim, především listopad. (ČHMÚ, 2003)

## **8.2 Srážková charakteristika roku 2010**

Rok 2010 byl z hlediska množství spadlých srážek silně nadnormálním a zároveň také nejvlhčím za posledních 37 let. Průměrný úhrn srážek v Česku dosáhl 871 mm, což bylo o 7 mm více než povodňový rok 2002. Srážkové úhrny jednotlivých povodí se pohybovaly mezi 119 až 151 % normálu. Méně než 125% normálu bylo naměřeno v povodí horní Berounky (119%), také v povodí horní Vltavy a horního Labe (120%). Nadnormální srážky (nad 140%) se vyskytovaly v povodí Odry, Jihlavy, Dyje, dolní Ohře a Bíliny, kde bylo naměřeno 151% normálu.

V průběhu roku docházelo ke střídání srážkově normálních měsíců se srážkově nadnormálními. Nejvyšší úhrny byly v průměru zaznamenány v květnu, 134 mm a v srpnu, 150 mm. Zato nejméně srážek spadlo v průměru v únoru, 26 mm a především v říjnu, a to jen 13mm.

### **8.2.1 Zhodnocení srážek v oblasti povodí horního Labe v roce 2010**

Na povodí horního Labe spadlo v roce 2010 průměrně 858 mm srážek. Tento rok se tedy považuje za srážkově nadnormální. Nejvyšší roční srážkové úhrny byly zaznamenávány v nejvyšších polohách Krkonoš konkrétně na Labské boudě (1916 mm), nejnižší v Novém Bydžově 612 mm. Úhrny během roku byly vzhledem k normálům jednotlivých měsíců nevyrovnané a lokálně značně proměnlivé. Srážkově nadnormální byly měsíce květen 166%, červenec 131% a především září 182% a říjen 193%. Únor 52% a červen 54% byly srážkově podprůměrné a říjen 20% byl silně podprůměrný. Nejvyšší denní úhrn byl naměřen 17.7. na stanici Hamry, 133mm. ( ČHMÚ, 2011)

## **8.3 Srážková charakteristika roku 2014**

V roce 2014 průměrný roční úhrn srážek na území České republiky činil 657 mm, což odpovídá 97% dlouhodobého srážkového normálu. V jednotlivých povodích se srážkové úhrny pohybovaly od 75% do 112% od normálu. Nejvíce srážek vůči normálu bylo naměřeno v povodí dolní Berounky 112%, dolní Vltavy 111% a Dyje 109%. Nejméně srážek vzhledem k normálu naopak vykazovala povodí Jizery 75% a rovněž povodí Ploučnice a dolního Labe 85%.

### **8.3.1 Zhodnocení srážek v oblasti povodí horního Labe v roce 2014**

Na povodí horního toku Labe byl v roce 2014 průměrný roční úhrn srážek 633 mm (89% normálu), rok byl proto vyhodnocen jako podnormální. Nejnižší úhrny byly zaznamenány v únoru, tento měsíc lze označit za mimořádně podnormální jen, 13 % normálu. Naopak největší úhrny byly naměřeny v září (152% normálu). Nejvyšší roční srážkové úhrny se vyskytly v nejvyšších polohách Krkonoš, a to konkrétně na Labské boudě, 1465 mm. Zato nejnižší na stanici Trutnov, 410 mm. Jako měsíc s nejvyššími srážkovými úhrny lze označit květen, až 220 mm, ale hodnota nejvyššího měsíčního úhrnu byla naměřena v červenci na Labské boudě, 251 mm. Nejsušší měsíc byl únor, úhrny se pohybovaly od 0 mm (Trutnov) do 25 mm. Nejvyšší denní úhrn 131 mm byl zaznamenán na stanici Svratouch 3. 8. (ČHMÚ, 2015)

## **8.4 Rozdíly v časové distribuci srážek na území města Olomouce**

Tato studie vytvořená Tomášem a Vysoudilem (2011) se zabývá rozdíly v časové distribuci srážek na území města Olomouce. Data použitá v této studii pochází z databáze ČHMÚ, pobočka Ostrava-Poruba. Analyzovaná data byla použita z homogenní reprezentativní srážkové řady OLKL, která pochází z měření v Olomouci-Klášteřním Hradisku za období 1876-2009. Pro ještě přesnější vykreslení srážkových poměrů v Olomouci byla analyzována i 64 -letá srážková řada OL z let 1946 až 2009.

### **8.4.1 Olomouc-Klášteřní Hradisko (OLKL) 1876-2009**

#### **Meziroční kolísání srážek**

V této časové řadě byla vymezena období 1902-1907, 1909-1916, 1935-1941 a 1960-1966, která se vyznačují jako srážkově nadprůměrná. Jako srážkově podprůměrná jsou označována období 1880-1980, 1988-1994 a 2002-2009. Normální roční úhrn srážek v těchto období se pohyboval v rozmezí 495,4-644,8 mm. Alespoň 5- leté souvislé období, které by se vyznačovalo tím, že roční úhrny by ležely v uvedeném intervalu, nebylo ve srážkové řadě OLKL za období 1876-2009 zjištěno. To je důkaz vysoké časové variability srážek i na úrovni ročních úhrnů.

Dlouhodobý roční srážkový úhrn stanice OLKL je 570,01 mm, to lze považovat jak z pohledu regionu, tak i z pohledu celorepublikového za hodnotu podprůměrnou. Maximální roční úhrn srážek byl naměřen v roce 1910 a má hodnotu 952,2 mm, naopak minimální pochází z roku 1885, a to pouhých 345,6mm.

### **Roční chod srážek**

Stanice OLKL má typický kontinentální roční chod srážek s maximem v červenci 83,3 mm a minimem v únoru 23,7.

Maximální měsíční úhrn v této řadě, 267,6 mm představuje skoro polovinu dlouhodobého ročního úhrnu a je z července 1997, kdy tento region postihly obrovské povodně. Jen pouhé dva měsíce z celé dlouhé řady popisovaného období (134 let) nevykazují žádné srážky. Jsou to měsíce září 1959 a říjen 1951.

Během roku je rozložení srážek příznivé z hlediska agroklimatického. Na teplý půl rok tzv. vegetační období (IV-IX) připadá 66,10% ročního úhrnu. Zbylých 33,90 % je rozděleno do ostatních částí roku. V posledních letech sledovaného období byly ovšem srážkové úhrny v teplém půlroce prakticky trvale podprůměrné.

### **8.4.2 Olomouc (OL) 1946-2009**

#### **Meziroční kolísání atmosférických srážek**

Tato olomoucká srážková řada je podstatně kratší než srážková řada OLKL. Byla vyhodnocena především pro představu o srážkových poměrech Olomouce. Stejně jako řada OLKL ukazuje značnou prostorovou a časovou proměnlivost atmosférických srážek. Jediné srážkově nadprůměrné období v této časové řadě bylo období mezi lety 1958-1968. Roky 1951-1957 a 2003-2008 se vyznačují jako podprůměrné. Hodnoty normálních ročních úhrnů se vymezují intervalem od 491,5 do 603,1 mm. Souvisle normální roční úhrny srážek se na stanici OL vyskytovaly pouze v letech 1953-1959 a 1995-1999.

Na stanici OL je dlouhodobý roční úhrn 547,3 mm, což je o 22,8 mm méně než průměrný úhrn na stanici OLKL. Nejvyšší roční úhrn pochází z roku 1962 a má hodnotu 745,5 mm. Nejnižší se vyskytl v roce 1983 (405,9mm).

### **Roční chod srážek**



I tato stanice se stejně jako stanice OLKL vyznačuje kontinentálním ročním chodem s výrazným maximem v červenci 79,1 mm a minimem v únoru 23,5 mm. Naopak od stanice OLKL bylo na této stanici zjištěno i druhotné podzimní maximum, které je typické pro některé stanice na JV Moravě, ovšem bylo posunuto z října na listopad. Maximální měsíční úhrn na této stanici je 229,4 mm a představuje 42% dlouhodobého ročního úhrnu a opět je spojen s povodněmi z roku 1997. V říjnu 1951 stejně jako na stanici OLKL byl měsíc beze srážek, na rozdíl od stanice OLKL na této stanici jako jediný z celé 64 leté řady.

Stejně jako na stanici OLKL je i zde příznivé rozložení srážek během roku. Na vegetační období (IV-IX) připadá 66,3% ročního úhrnu. Ovšem v posledních letech sledovaného období byly srážkové úhrny v teplém půlroce velice často dlouhodoběji podprůměrné (2003-2009). Obrázek číslo 9 ukazuje měsíční průměrné úhrny na stanicích, zatímco obrázek číslo 10 měsíční maximální a minimální úhrny.

MĚSÍC	I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII	IX	X	XI	XII	ROK
<b>OLKL</b> Rm_prům (mm)	<b>26,9</b>	23,7	28,8	38,4	62,0	73,4	<b>83,3</b>	71,9	47,7	43,1	39,0	31,7	570,1
<b>OL</b> Rm_prům (mm)	<b>25,1</b>	23,5	27,7	35,6	64,6	73,9	<b>79,1</b>	65,5	44,1	37,5	39,7	31,0	547,3

Obr. č. 9 – Měsíční průměrné úhrny srážek na stanici OLKL (1876-2009) a stanici OL (1946-2009)

Zdroj: Tomáš, Vysoudil (2011)

MĚSÍC	I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII	IX	X	XI	XII
<b>OLKL</b> Rm_max (mm)	86,1	110,2	106,1	103,7	177,0	223,6	<b>267,6</b>	179,5	176,1	132,1	116,7	88,5
<b>ROK</b>	1927	1876	1909	1972	1911	1926	1997	1896	1910	1902	1903	1954
<b>OL</b> Rm_max (mm)	79,8	61,9	72,2	110,8	188,4	180,4	<b>229,4</b>	168,2	120,7	99,9	114,3	84,7
<b>ROK</b>	1977	1977	2000	1972	1962	1953	1997	1985	1998	1964	1949	1959
<b>OLKL</b> Rm_min (mm)	3,6	0,3	2,8	3,4	2,4	2,9	9,9	7,6	<b>0,0</b>	<b>0,0</b>	1,8	0,7
<b>ROK</b>	1894	1998	2003	2007	1947	2003	1992	1973	1959	1951	1920	1963
<b>OL</b> Rm_min (mm)	3,9	0,9	4,2	2,6	14,7	4,9	16,4	9,7	0,5	0,0	8,4	1,3
<b>ROK</b>	1964	1959	1950	2007	1947	2003	1992	1973	1959	1951	1994	1963

Obr. č. 10 – Měsíční maximální a minimální úhrny srážek na stanici OLKL (1876-2009) a stanici OL (1946-2009)

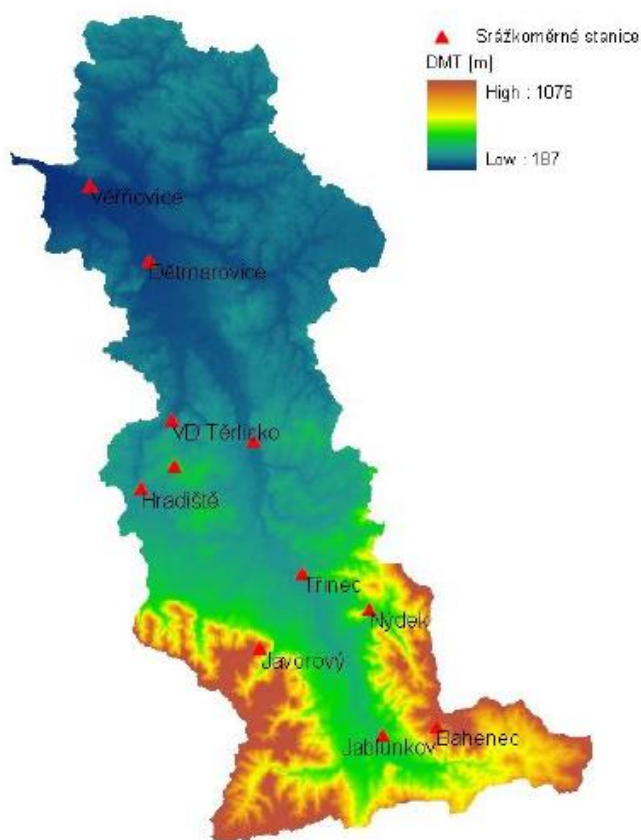
Zdroj: Tomáš, Vysoudil (2011)

## 9 Porovnání výsledků různých metod prostorové analýzy srážek

### 9.1 Využití různých interpolačních metod pro odhad srážkových úhrnů na povodí řeky Olše

Cílem této podkapitoly bylo ukázat rozdíly v interpolaci srážkových úhrnů zaznamenaných na srážkoměrných stanicích za použití vybraných programů (ArcGIS, GRASS GIS, GSTAT) a v nich dostupných implementací interpolačních metod.

Testování bylo prováděno Juříkovskou a Horákem (2007) na povodí řeky Olše, ve kterém se nachází jedenáct měřících stanic ve vlastnictví s.p. Povodí Odry, 9 z nich lze vidět na obrázku č. 11. Hovoříme o toku druhého řádu odvodňující zájmové území do řeky Odry. Povodí se rozkládá na 1118 km<sup>2</sup>, z toho 479 km<sup>2</sup> se nachází v Polsku, což významně ovlivňuje dostupnost dat a jejich rozmístění.



Obr. 11- Rozmístění srážkoměrných stanic v povodí řeky Olše

Zdroj: Juříkovská, Horák (2007)

### **9.1.1 Interpolační metody ve vybraných programech**

#### **Metoda inverzních vzdáleností (IDW) v programu ArcGIS**

Implementace metody umožňuje zadání mocniny pro vzdálenosti. Nastavení funkce dovoluje kombinovat zadání počtu vstupních bodů se vzdáleností, ve které budou vstupní body vyhledávány. Výpočet byl proveden z 11 bodů s mocninou 2 a vzdáleností 12 km.

#### **Metoda inverzních vzdáleností (IDW) v programovém produktu GRASS GIS**

Implementace metody nedovoluje zadání mocniny pro vzdálenosti. Proto se používá pouze mocnina 2. V této metodě lze nastavit počet bodů, které vstupují do výpočtu, obvykle se používá 12 nejbližších bodů. Výpočet byl proveden z 11 bodů s mocninou 2.

#### **Metoda minimální křivosti (spline) v programu ArcGIS**

V této metodě lze vybrat variantu metody regularizovanou nebo pod napětím. Pokud se zvolí varianta pod napětím, vytváří se plošší povrch než u regularizované metody. Tato metoda není dostupná v GRASS GIS. V tomto případě autor použil variantu pod napětím s vahou 0,1 a k výpočtu užil 11 bodů.

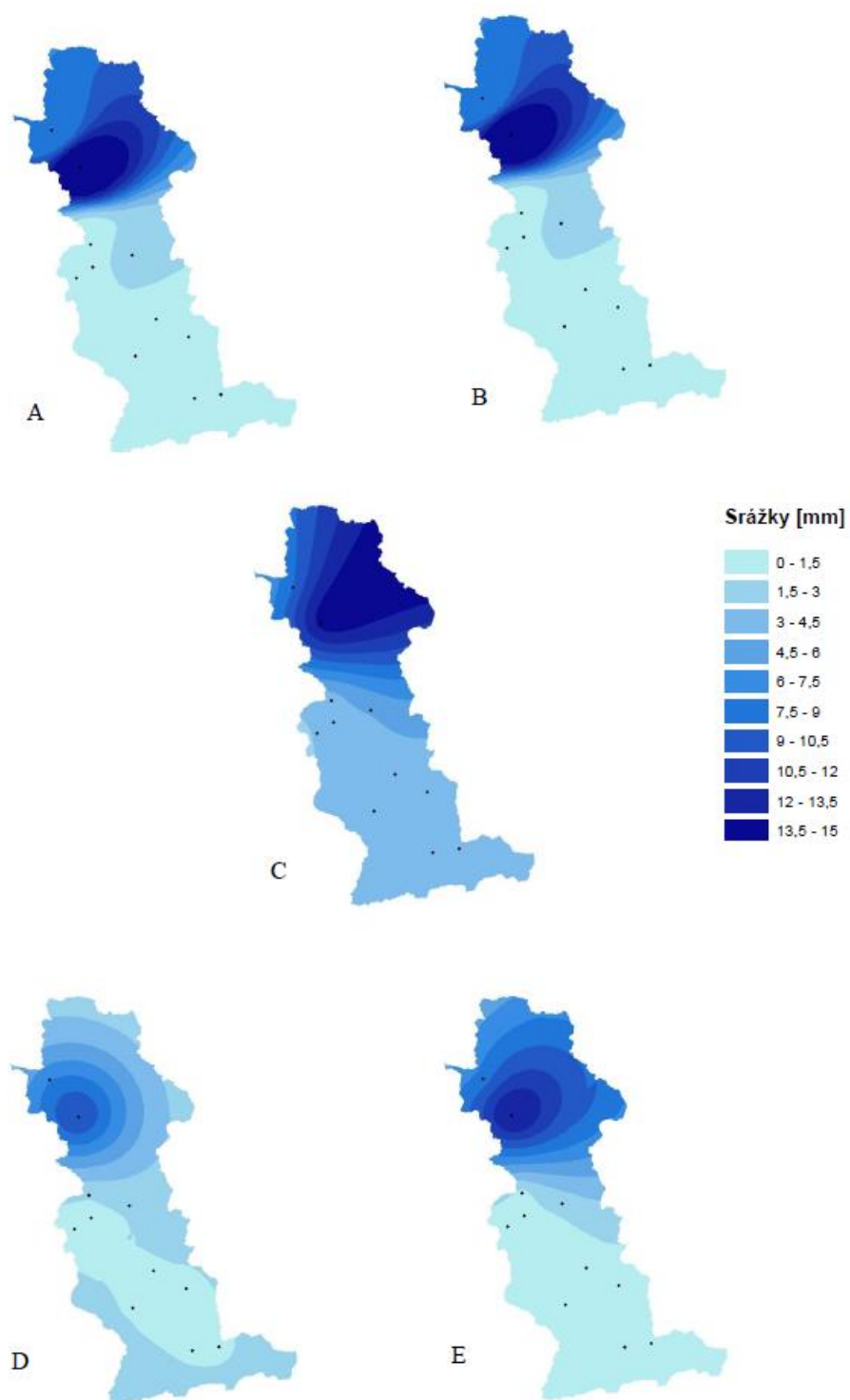
#### **Metoda jednoduchého a základního kriggování v programu ArcGIS**

Geostatistical Analyst umožňuje velice širokou škálu metod kriggování. U obou těchto metod kriggování byla zvolena varianta neighborhood a do výpočtu bylo zahrnuto 11 bodů.

#### **Výsledky interpolací srážkových úhrnů**

V tomto testování nebyl ani u jedné z těchto metod zohledněn vliv reliéfu či převládající směr větru. Výsledky obou metod IDW ve zmíněných programech byly prakticky stejné. Zatímco metoda minimální křivosti vytvářela nereálná maxima na východ od maximální naměřené hodnoty. Metoda jednoduchého kriggování stírá prostorové rozložení naměřených hodnot určitým vyhlazením. Poněkud horší se ovšem v této metodě ukazují vyšší hodnoty na jižním okraji za naměřenými místy, což ukazuje nevhodně provedenou extrapolaci. Nejlépe z posouzení tvarů izoliní vychází základní kriggování. (Juřikovská, Horák, 2007)

Grafické výsledky všech metod můžeme vidět na obrázku č. 12.

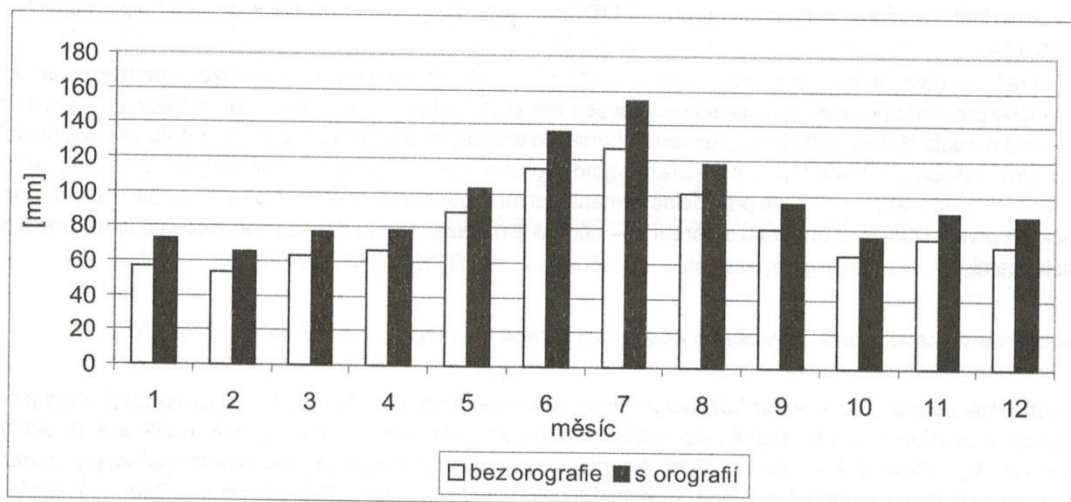


Obr. č. 12 – Výsledky interpolačních metod: IDW v ArcGIS (A), IDW v GRASS GIS (B), spline v ArcGIS (C), jednoduché (D) a základní krigování (E)obojí v ArcGIS

Zdroj: Juřikovská, Horák (2007)

## 9.2 Porovnání prostorového rozložení srážek s použitím digitálního reliéfu (DEM) a bez vlivu orografie

Na co nejpřesnější určení prostorového rozložení srážek jakéhokoliv území má rozhodující vliv nadmořská výška. V aplikaci CLIDATA GIS je proto možnost vypočítat prostorové rozložení srážek na základě digitálního modelu reliéfu. Pokud se této možnosti nevyužije, prostorové rozložení srážek se vypočítá pouze na základě srážkových úhrnů naměřených na jednotlivých srážkoměrných stanicích. Největší změny v dlouhodobých průměrných ročních i měsíčních úhrnech jsou patrné především v členitých horských oblastech jako například v regionu Hrubý Jeseník, kde jsou patrné rozdíly mezi nejvyšší a nejnižší nadmořskou výškou. (Řepka, 2005) Toto tvrzení je patrné z obrázku č. 13, kde dlouhodobé průměrné měsíční úhrny srážek v oblasti Hrubý Jeseník jsou vyšší s použitím DEM, než bez použití.



Obr. č. 13 – Dlouhodobé průměrné měsíční úhrny srážek v regionu Hrubý Jeseník za období 1971- 2000

Zdroj: Řepka (2005)

## 10 Závěr

Atmosférické srážky jsou velice významnou součástí koloběhu vody na Zemi. Srážky jsou nezbytnou složkou, která umožňuje život. Jsou základním zdrojem pitné vody a neméně důležitou roli hrají ve vývoji vegetace. Ovšem srážky mohou mít i velmi negativní vliv jak na vegetaci tak, i na život člověka. Nedostatečné úhrny srážek s sebou mohou přinášet rozsáhlá sucha, naopak výskyt extrémních srážkových úhrnů je spojen s povodněmi nebo záplavami rozsáhlých území. Povodně mohou způsobovat obrovské škody na lidských obydlích, zemědělské výrobě a v neposlední řadě s sebou mohou přinášet i ztráty na lidských životech.

Srážky jsou jedním z nejméně nestabilních atmosférických jevů. Jejich výskyt je díky nadmořské výšce, klimatické poloze a také ročnímu období velice těžké časově i prostorově předpovídat a měřit. U atmosférických srážek se měří především jejich množství (úhrn), délka trvání, jejich síla a intenzita. Měření se provádí především pomocí pozemních srážkoměrů, které jsou umístěny ve srážkoměrných stanicích. K měření se také používají meteorologické radary, které slouží pro zpřesnění časového a prostorového rozložení srážek. Data získaná pomocí těchto dvou způsobů měření se dále třídí do časových řad (denních, měsíčních, ročních). Poté dochází k statistickému vyhodnocení, které určuje charakteristiku daného souboru určité časové řady. Vypočítat, jaké množství srážek spadne na určitém území, je velice důležité z pohledu hydrologické předpovědi, díky které můžeme minimalizovat negativní vlivy srážek.

Nejčastější jednotkou pro výpočet spadlých srážek na určitém území je povodí. Je několik metod na výpočet prostorové distribuce srážek na daném povodí. Jedná se o jednoduché metody typu aritmetického průměru, nebo metody Thiessenových polygonů, až po metody složité, jako je například metoda kriggingu. S rozvojem informační techniky se ovšem pro výpočty plošné distribuce stále více používají různé počítačové programy a systémy jako třeba Geografický informační systém (GIS). Ale ani pomocí těchto programů nejsme schopni spočítat časovou a prostorovou distribuci srážek se 100% jistotou. Přesnost výpočtu se odvíjí od dobře zvolené metody, přes kvalitní vstupní data, až k hustotě srážkoměrných stanic na povodí. Je velice důležité mít na povodí co nejvíce hustou síť srážkoměrných

stanic, protože rozdíly v časové a prostorové distribuci srážek jsou patrné i na malém povodí.

## 11 Přehled použité literatury

1. ASTAPENKO, Pavel Dmitrijevič a KOPÁČEK, Jaroslav. *Jaké bude počasí?*. 1. vyd. Praha: Lidové nakladatelství, 1987. 304 s. Planeta. Malá řada; Sv. 4.
2. BEDNÁŘ, Jan. *Meteorologie*. Vyd. 1. Praha: Portál, 2003. 223 s. ISBN 80-7178-653-5.
3. BEDNÁŘ, Jan. *Pozoruhodné jevy v atmosféře: atmosférická optika, akustika a elektřina*. 1. vyd. Praha: Academia, 1989. 236 s. ISBN 80-200-0054-2
4. BEVEN, K. *How far can we go in distributed hydrological modeling?* Hydrology and Earth System Sciences, 2001, roč. 5, s. 1-12.
5. BRÁZDIL, Rudolf a ŠTEKL, Josef. *Cirkulační procesy a atmosférické srážky v ČSSR*. 1. vyd. Brno: Univerzita J. E. Purkyně, 1987. 298 s. Folia facultatis scientiarum naturalium Universitatis Purkynianae Brunensis. Geographia; 23
6. BRUTSAERT, Wilfried. *Hydrology: an introduction*. Cambridge: Cambridge University Press, 2005. xi, 605 s. ISBN 0-521-82479-6.
7. BUCKLEY, Bruce, HOPKINS, Edward J. a WHITAKER, Richard. *Počasí: velký obrazový průvodce*. 1. vyd. Čestlice: Rebo, 2006. 303 s. ISBN 80-7234-552-4.
8. ČERVENÝ, Jaroslav et al. *Podnebí a vodní režim ČSSR*. 1. vyd. Praha: SZN, 1984. 414 s. Lesnictví, myslivost a vodní hospodářství.
9. DAŇHELKA, Jan. *Operativní hydrologie: hydrologické modely a nejistota předpovědi*. 1. vyd. Praha: Český hydrometeorologický ústav, 2007. ISBN 978-80-86690-48-3.
10. DUB, Oto a kol. *Hydrologie: určeno [také] posl. vys. i odb. škol*. 1. vyd. Praha: SNTL, 1969. 378, [2] s., [4] s. mp. Technický průvodce; sv. 34. Řada stavební literatury. Česká matice techn. Roč. 74 (1969); spis 353.
11. HAVLÍČEK, Vladimír a kol. *Agrometeorologie: [celost. vysokošk. učebnice pro vys. školy zeměd.]*. 1. vyd. Praha: Státní zemědělské nakladatelství, 1986. 260 s., [26] s. barev. mp.
12. JENIFFER, K., SU Z., WOLDAI T., MAATHUIS B. *Estimation of spatial-temporal rainfall distribution using remote sensing techniques: A case study of Makanya catchment, Tanzania*. International Journal of Applied Earth Observation and Geoinformation, 2010, 12: 90-99.



13. JUŘIKOVSKÁ, Lucie a HORÁK, Jiří. *Využití interpolačních metod pro odhad srážkových úhrnů*. Sborník 1.národního kongresu GIS, CAGI, 2007, s. 1-7, 978-80-86633-79-4
14. JUŘIKOVSKÁ, Lucie. *Porovnání různých metod využívajících radarová a srážkoměrná měření*. 16th International Symposium GIS Ostrava 2009 - Proceedings, Tanger, 2009, s. 1-7, 978-80-87294-00-0
15. KEMEL, Miroslav. *Klimatologie, meteorologie, hydrologie*. Vyd. 1. Praha: ČVUT, 1996. 289 s. ISBN 80-01-01456-8.
16. KEŠNER, Bohuslav. *Agrometeorologie: určeno pro stud. oboru fyto technika a zeměd. meliorace*. 2. vyd. 1985. Praha: Videopress MON, 1986. 272 s.
17. KOPÁČEK, Jaroslav a BEDNÁŘ, Jan. *Jak vzniká počasí*. Vyd. 1. Praha: Karolinum, 2005. 226 s., [16] s. obr. příl. ISBN 80-246-1002-7.
18. KOŽNAROVÁ, Věra a KLABZUBA, Jiří. *Aplikovaná meteorologie a klimatologie. I. díl, Historie a současnost, čas a kalendáře*. [1. vyd.]. Praha: Česká zemědělská univerzita v Praze, 2005. 40 s. ISBN 80-213-1280-7.
19. KREŠL, Jiří. *Hydrologie*. Vyd. 1. V Brně: Mendelova zemědělská a lesnická univerzita, 2001. 125 s. ISBN 80-7157-513-5.
20. KŘÍŽ, Vladislav et al. *Hydrometrie: celostátní vysokoškolská učebnice pro studenty přírodovědeckých fakult, skupina studijních oborů 13 - geografické vědy*. 1. vyd. Praha: SPN, 1988. 174 s. Učebnice pro vysoké školy.
21. MAIDMENT, David R. *Handbook of hydrology*. New York: McGraw-Hill, c1993. 1270 s. ISBN 0-07-039732-5
22. MINÁŘ, Jaroslav. *Dešťové faktory v Československé republice = Les facteurs de pluie en Tchécoslovaquie*. Praha: Státní meteorologický ústav, 1948. 49 s. Publikace Státního meteorologického ústavu. Řada C; Sv. V. Rok 1948.
23. MUNZAR, Jan a kol. *Malý průvodce meteorologií*. 1. vyd. Praha: Mladá fronta, 1989. 248 s. Malé encyklopedie; sv. 21.
24. NACHÁZEL, Karel. *Teorie odhadu v hydrologii a ve vodním hospodářství*. 1. vyd. Praha: Academia, 1986. 166 s.
25. NYPL, Vladimír. *Hydrologie, meteorologie, pedologie. [Díl] II*. 1. vyd. Praha: SNTL, 1986. 96 s.

26. PEDERSEN L., JENSEN N.E., CHRISTENSEN L.E., MADSEN H. Quantification of the spatial variability of rainfall based on dense network of rain gauges. *Atmospheric research*, 2010. 95: 441-454.
27. ROTH, Günter D. *Malá encyklopedie počasí: jak porozumět počasí a meteorologickým předpovědím*. Vyd. 1. V Praze: Knižní klub, 2000. 293 s. ISBN 80-242-0228-X.
28. ROŽNOVSKÝ, Jaroslav. *Klimatologie*. Vyd. 1. V Brně: Mendelova zemědělská a lesnická univerzita, 1999. 146 s. ISBN 80-7157-419-8.
29. ŘEPKA, Miroslav et al. *Prostorové rozložení srážek na české a polské straně hraničních hor - Králického Sněžníku, Jeseníků a Beskyd*. 1. vyd. Praha: Český hydrometeorologický ústav, 2005. 59 s. Práce a studie, seš. 33. ISBN 80-86690-34-2.
30. SERRANO, Sergio E. *Hydrology for engineers, geologists, and environmental professionals: an integrated treatment of surface, subsurface, and contaminant hydrology*. Lexington, Ky.: HydroScience, c1997. 466 s. ISBN 0965564398.
31. SOUKUPOVÁ, Jana. *Atmosférické procesy: (základy meteorologie a klimatologie)*. Vyd. 6. V Praze: Česká zemědělská univerzita, 2011. 193 s. ISBN 978-80-213-2234-9.
32. ŠERCL, Petr. *Hodnocení metod odhadu plošných srážek*. Meteorologické zprávy. č. 2 /2008. 61: s. 33-43.
33. TLAPÁK, Václav, ŠÁLEK, Jan a LEGÁT, Vladimír. *Voda v zemědělské krajině*. Vyd. 1. Praha: Zemědělské nakladatelství Brázda ve spolupráci s Ministerstvem životního prostředí ČR, 1992. 318 s. ISBN 80-209-0232-5.
34. TOLASZ, Radim a kol. *Atlas podnebí Česka = Climate atlas of Czechia*. 1. vyd. Praha: Český hydrometeorologický ústav, 2007. 255 s. ISBN 978-80-86690-26-1.
35. UHLÍŘ, Pavel. *Meteorologie a klimatologie v zemědělství: Učeb. pro vys. školy zeměd.* 1. vyd. Praha: SZN, 1961. 402, [6] s. Zemědělská výroba.
36. VYSOUDIL, Miroslav a TOMÁŠ, Martin. *Teplotní a srážkové poměry Olomouce*. Zprávy Vlastivědného muzea v Olomouci, 2011. č. 301, s. 69–91. ISSN 1212-1134

37. VYSOUDIL, Miroslav. *Meteorologie a klimatologie pro geography*. 1. vyd. Olomouc: Vydavatelství Univerzity Palackého, 1997. 232 s. ISBN 80-7067-773-2.

**Internetové zdroje:**

Český hydrometeorologický ústav. Bilance množství a jakosti vody ČR. voda.chmi.cz [online].[cit. 2016-04.09]. Dostupné z <http://voda.chmi.cz/opzv/bilance/bilance.htm>