

ČESKÁ ZEMĚDĚLSKÁ UNIVERZITA V PRAZE
FAKULTA ŽIVOTNÍHO PROSTŘEDÍ
KATEDRA VODNÍHO HOSPODÁŘSTVÍ A
ENVIROMENTÁLNÍHO MODELOVÁNÍ

Měření srážkových úhrnů na Moravě
BAKALÁŘSKÁ PRÁCE

Vedoucí práce: Ing. Jiří Pavlásek, Ph.D.

Bakalant: Gabriela Bobotová

2018

ČESKÁ ZEMĚDĚLSKÁ UNIVERZITA V PRAZE

Fakulta životního prostředí

ZADÁNÍ BAKALÁŘSKÉ PRÁCE

Gabriela Bobotová

Krajinářství

Název práce

Srážkové úhrny a jejich měření na Moravě

Název anglicky

Rainfal depth and its monitoring in Moravia

Cíle práce

V bakalářské práci budou detailně popsány srážky a jejich měření a budou vyhodnoceny srážkové úhrny na Jižní Moravě. Dále bude na vybraných povodích stanoven odtokový součinitel a budou vytvořeny podrobné mapy.

Metodika

Zpracování dat srážkových úhrnů

Stanovení odtokového součinitele

Vytvoření podrobných map vybraných povodí

Doporučený rozsah práce

30 stran

Klíčová slova

srážkoměrná stanice, atmosférická srážka, odtokový součinitel, povodí

Doporučené zdroje informací

ČESKÁ ZEMĚDĚLSKÁ UNIVERZITA V PRAZE. FAKULTA ŽIVOTNÍHO PROSTŘEDÍ, – HRÁDEK, F. – KUŘÍK, P.
Hydrologie. Praha: Česká zemědělská univerzita, 2008. ISBN 978-80-213-1744-4.
GUMBEL, E J. *Statistics of extremes*. New York: Echo Point Books and Media, 1958. ISBN
978-1-62654-987-6.

Předběžný termín obhajoby

2017/18 LS – FŽP

Vedoucí práce

Ing. Jiří Pavlásek, Ph.D.

Garantující pracoviště

Katedra vodního hospodářství a environmentálního modelování

Konzultant

Ing. Martin Kovář

Elektronicky schváleno dne 27. 11. 2017

doc. Ing. Martin Hanel, Ph.D.

Vedoucí katedry

Elektronicky schváleno dne 29. 11. 2017

prof. RNDr. Vladimír Bejček, CSc.

Děkan

V Praze dne 22. 04. 2018

Prohlášení

Prohlašuji, že jsem tuto bakalářskou práci vypracovala samostatně pod vedením. Ing. Jiřího Pavláseka, Ph.D., a že jsem uvedla všechny literární prameny, ze kterých jsem čerpala.

Prohlašuji, že tištěná verze se shoduje s verzí odevzdanou přes Univerzitní informační systém.

V Praze 17. 4. 2017

.....

Poděkování

Tímto bych chtěla poděkovat vedoucímu mé bakalářské práce Ing. Jiřímu Pavláskovi, Ph.D., za příjemnou spolupráci a také konzultantovi práce Ing. Martinovi Kovářovi za ochotu, čas a rady, které mi věnoval a kontrolu bakalářské práce. V neposlední řadě děkuji také mojí rodině za obrovskou podporu během celého studia.

V Praze dne 17. 4. 2018

.....

Abstrakt

Tato bakalářská práce pojednává o srážkových úhrnech na území Jihomoravského kraje. V první části jsou uvedeny definice atmosférických srážek, jejich rozdělení, vznik, měření, faktory které je ovlivňují a jejich roční chod v ČR. Dále je pak uvedena definice odtoku, jeho rozdělení a faktory které ho ovlivňují. V Další části se pak práce podrobněji zabývá územím Jihomoravského kraje, jeho charakteristik, které souvisí s úhrnem srážek, podzemních vod anebo s odtokem v dané oblasti. Jsou zde uvedeny také vybrané srážkově i ekologicky významné lokality kraje.

Praktická část bakalářské práce se zabývá analýzou srážkových úhrnů v Jihomoravském kraji za období 2006-2016, zpracování a prezentováním získaných dat pomocí přehledných tabulek a grafů. Dále jsou zde vypočteny odtokové součinitele ze všech povodí vodoměrných stanic v Jihomoravském kraji a k povodí s největšími odtokovými součiniteli jsou zde přiloženy mapy zpracované v programu ArcGis. V poslední část je zde vytvořená mapa landcoveru Jihomoravského kraje, také pomocí programu ArcGis.

Klíčová slova: srážkoměrná stanice, atmosférická srážka, odtokový součinitel, povodí

Abstract

This bachelor thesis deals with precipitation summaries on the territory of the South Moravian Region. In the first part are given definitions of atmospheric precipitation, their distribution, origin, measurement, factors that influence and their annual operation in the Czech Republic. The definitions of runoff, its distribution and the factors that affect it are also given. In the next parts, it deals with the territory of the South Moravian Region, its characteristics related to total precipitation, groundwater or runoff in the area. There are also selected rainfall and ecologically important localities of the region.

The practical part of the bachelor thesis deals with the analysis of precipitation summaries in the Southmoravian Region for the period 2006-2016, the processing and presentation of acquired data using clear tables and graphs. Furthermore, the drainage coefficients are calculated from all water reservoirs in the South Moravian Region and the water flows with the largest discharge factors are enclosed with maps developed in the ArcGis program. In the last part there is a map of the landscape of the South Moravian Region, also using ArcGis.

Key words: precipitation station, atmospheric precipitation, drainage factor, catchment area

1	Obsah	
2	ÚVOD	9
3	Cíle práce	9
4	LITERÁRNÍ REŠERŠE	10
4.1	Voda v atmosféře	10
4.2	Atmosférické srážky.....	10
4.2.1	Dělení srážek	11
4.2.2	Měření srážek	14
4.2.3	Srážkoměrné stanice ČR	16
4.3	Roční chod srážek v ČR	17
4.4	Faktory ovlivňující srážkové úhrny	18
4.4.1	Vliv nadmořské výšky na srážkový úhrn	18
4.5	Výpočty.....	20
4.5.1	Hydrologická bilance	20
4.6	Podzemní vody ČR.....	25
4.7	Základní Odtok	25
4.7.1	Povrchový odtok	26
4.7.2	Druhy odtoku	26
4.7.3	Činitelé ovlivňující odtok	28
4.7.4	Vliv vegetace na povrchový odtok	29
4.7.5	Vliv zásahů člověka	29
4.7.6	Infiltrace	30
4.8	Povodí	31
4.8.1	Geometrické charakteristiky povodí	32
4.9	Charakteristika Jihomoravského kraje	34
4.9.1	Geologické podloží Jihomoravského kraje	34
4.9.2	Relativní výšková členitost JMK	37
4.9.3	Rozložení nadmořských výšek JMK	39
4.10	Krajina Jihomoravského kraje.....	40
4.10.1	Landcover	40
4.10.2	Územní a druhová ochrana přírody	41
4.10.3	Vybrané lokality jihomoravského kraje	41
4.11	Srážky v Jihomoravském Kraji.....	46
4.11.1	Počátky měření srážek na Moravě	46
4.11.2	Klimatické charakteristiky jižní Moravy	46
5	Praktická část	47

5.1	Zpracování dat.....	47
5.2	Odtokový součinitel	49
5.2.1	Vybraná povodí vodoměrných stanic	49
5.3	Hlavní povodí Jihomoravského kraje	53
5.3.1	Povodí Moravy	53
5.3.2	Povodí Dyje	54
6	Diskuze.....	56
7	Závěr	57
8	Literatura	58
9	Seznam obrázků, tabulek, grafů a příloh.....	62
10	PŘÍLOHY	64

2 ÚVOD

Atmosférické srážky jsou významnou součástí hydrologického cyklu vody na Zemi. Jsou zdrojem pitné vody, mají vliv na slanost oceánů, na charakter přírodního prostředí, představují klimatologickou i meteorologickou charakteristiku, které je zejména v poslední době věnována velká pozornost. Zejména v oblastech zaměřených na zemědělskou produkci, jako je například Jihomoravský kraj, ale i jinde, je obyvateli citlivě vnímáno jejich prostorové a časové rozložení a jeho případné změny. Jihomoravský kraj patří k nejúrodnějším v České republice. Rostlinná výroba je závislá na průběhu počasí a v dlouhodobém režimu i na podnebí. Typickou vlastností podnebí na jižní Moravě je jeho proměnlivost a stupňovitost. Zvyšování teploty vzduchu a růst záporné vláhové bilance, neboli zvyšování sucha se jeví jako hlavní problém nejen pro zemědělství, ale vůbec hospodaření v krajině jižní Moravy. Jižní Morava je hlavní oblastí s nedostatkem množství srážek a výrazných hodnot evapotranspirace na území České republiky.

Tato práce se zabývá zpracováním srážkových dat Jihomoravského kraje, za období 2006-2016, které jsou dostupné na portálu ČHMI. Dále je zde vypočítán odtokový součinitel ze všech povodí vodoměrných stanic Jihomoravského kraje a jsou pro vybraná povodí přiloženy mapy, které byly vytvořeny pomocí programu ArcGis.

V literární rešerši této práce jsou uvedeny základní informace o atmosférických srážkách, jejich měření a jejich roční chod v ČR. Dále také základní informace o odtokovém procesu a o charakteristikách povodí. Další část literární rešerše se zabývá charakteristikou Jihomoravského kraje, jeho krajinou, geologií, počasím a vybranými chráněnými územími spojené se srážkovým režimem dané lokality. Praktická část popisuje analyzovaná data a jejich zpracování. Dále je pak přiložena mapa landcoveru Jihomoravského kraje, kterou jsem vytvořila pomocí programu ArcGis. Diskuze a závěr shrnují výsledky zpracování srážkových dat a s tím spojené návrhy na zlepšení situace jejich nedostatku.

3 Cíle práce

Cílem práce je detailně popsat srážky a jejich měření. Dále vyhodnocení srážkových úhrny na Jižní Moravě. V další části bude na vybraných povodích stanoven odtokový součinitel a budou vytvořeny podrobné mapy.

4 LITERÁRNÍ REŠERŠE

4.1 Voda v atmosféře

V zemské atmosféře se nachází voda ve třech skupenstvích, kapalném skupenství (srážky), plynném skupenství (vodní pára) a pevném skupenství (krystalky ledu). Její význam v krajině je vzhledem k vláhově energetické bilanci nenahraditelný. Mimo jiné je voda v atmosféře součástí hydrologického cyklu a do atmosféry se dostává výparem z aktivního povrchu. Ten může probíhat evaporací, výparem z neživého substrátu (fyzikální proces), nebo transpirací, výparem rostlin (fyziologický proces). V mírném pásu převládá transpirace nad evaporací. Berou-li se v potaz oba druhy výparu dohromady, mluvíme o evapotranspiraci. Opačný proces přechodu plynné fáze ke kapalně označujeme jako kondenzaci, ke které dochází při ochlazení vzduchu bohatého na vodní páry. Do atmosféry se voda může dostat také přechodem z pevného skupenství (led) v plynné, tzv. sublimací. Proces přechodu kapalného skupenství k pevnému pak označujeme termínem mrznutí, opakem je pak tání (Ruda, 2014).

4.2 Atmosférické srážky

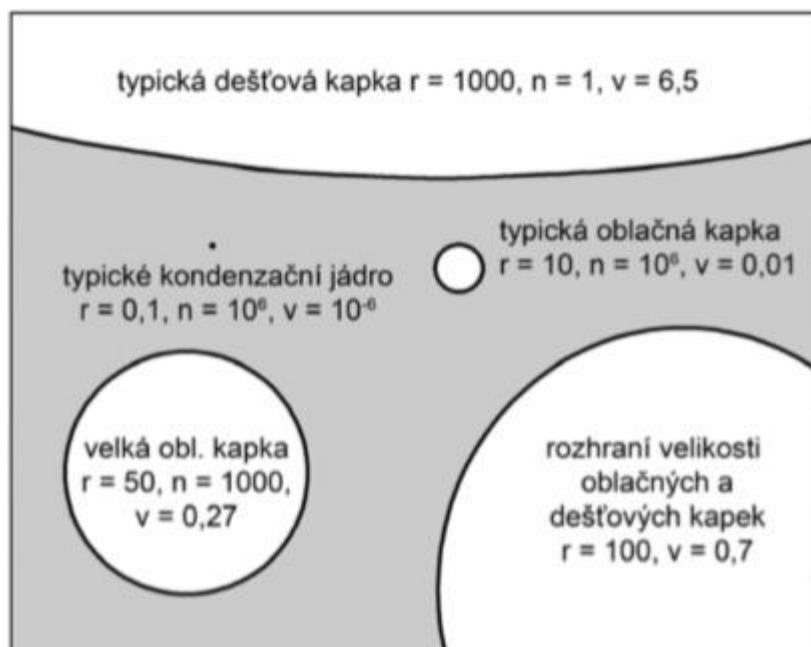
Vodu vypadávající z oblaků na zemský povrch, jak v kapalném nebo tuhém stavu, označujeme jako atmosférické srážky. Kapky vody či krystalky vypadávají z atmosféry, pokud mají takové rozměry, že se nemohou udržet a vznášet se v atmosféře (Lische, Frank, 1988).

Srážky udržují vodu v pohybu mezi různými zdroji. Z atmosféry k oceánům, řekám a ledovcům (Bruce, Clark, 1996). Mohou být v přeháňkách nebo trvalé. Přeháňky vznikají kombinací konvekce a atmosférické stability a trvalé srážky vznikají na atmosférické frontě. Vertikálními srážkami jsou voda nebo led, které volně padají z atmosféry k zemskému povrchu díky zemské přitažlivosti. Horizontální srážky vznikají působením kondenzace vodní páry na povrchu. Mohou být kapalně, pevně nebo smíšené (Buckley et al. 2004).

Žádný meteorologický prvek nemá tak velké časové a místní změny, jako jsou srážky. Jsou důležitým činitelem, ovlivňují počasí i podnebí. Společně s teplotou vzduchu určují vegetační pokryv, ráz krajiny a vodohospodářské poměry (Munzar a kol., 1989) Pro vnitrozemí České republiky jsou srážky hlavním zdrojem vody a mají klíčovou roli v mnoha odvětvích lidské činnosti i přírodních dějích. Nedostatek vody má negativní dopady hlavně v zemědělství a vodohospodářství. (Bendl, 2012)

Atmosférické srážky vznikají kondenzací, která probíhá na povrchu těles, rostlin, země i v atmosféře. (Pokorná, 2008) Kondenzace vodní páry vzniká při stoupání vzduchu, kdy s rostoucí výškou atmosférický tlak klesá a vzduch expanduje. Při rozpínání vzduchu dochází zároveň k ochlazování a může probíhat kondenzace vodní páry. K ochlazování může ale také docházet vlivem snížení přísunu energie, a to když například v noci způsobuje ochlazování vzduchu zemský povrch (Hanel, Vizina, 2014). Hlavním faktorem pro vznik vodních kapek je přítomnost mikroskopických kondenzačních jader, která mohou být podchlazená a hygroskopická. Vyskytují se v atmosféře v objemu okolo 1 000 cm³ ve vzduchu nad oceánem a v počtu nad 1 000 000 cm³ v průmyslových aglomeracích. S rostoucí nadmořskou výškou klesá jejich počet. Původ kondenzačních jader může být přírodního nebo antropogenního charakteru. V současné době v atmosféře převládá antropogenní původ. Mikroskopické kapky se shlukují do větších kapek nebo ledových krystalků o velikosti 1 μm až 10 μm a následně při jejich hromadění vznikají oblaka, která se udržují v atmosféře pomocí vzestupných proudů. V nižších výškách, kde je teplota do -4 °C, tvoří oblaka jen vodní kapky. Oblačnost tedy tvoří atmosférická voda v kapalném nebo plynném skupenství (Pokorná, 2008).

Na obrázku 1 je zobrazen vznik dešťových kapek.



Obrázek 1: Vznik srážek (Vysoudil, 2006)

4.2.1 Dělení srážek

Podle příčin výstupného pohybu vzduchu vedoucího k jeho ochlazování, lze rozčlenit tři typy vzniku:

- vynucený výstup vzduchu na horských překážkách → orografické srážky
- výstup vzduchu v důsledku konvekce → konvektivní srážky
- výstup při pohybu vzduchových hmot → cyklonální srážky

(Kyselý, 2009).

Orografické srážky

Vzduch přitéká k horské překážce, na které dochází k vynucenému výstupu. Do hladiny kondenzace se vzduch ochlazuje podle suchoadiabatického gradientu o 1 °C na 100 m výšky, po dosažení hladiny kondenzace se tvoří oblaka a při dalším výstupu se vzduch dle vlhkoadiabatického gradientu ochlazuje a tím dochází k vypadávání srážek. Po překonání horské překážky vzduch sestupuje na závětrné straně a otepluje se podle suchoadiabatického gradientu, se vzduch stává teplým a suchým. Zvýšení srážek na návětrné straně horských překážek je důsledkem orografického zesílení srážek, zatímco na závětrné straně vzniká srážkový stín (například srážkový stín za Pálavou, Krušnými horami, Mostecku) (Ruda, 2014).

Intenzita a doba orografických srážek se však značně liší a závisí zejména na „velkoplošném“ počasí. (Bednář, 2003) Jsou charakterizovány dlouhou dobou trvání a menší intenzitou (Thomas, Goudie, 2010)

Hlavními mechanismy ovlivňující orografického zesílení srážek jsou: propadávání nesrážkovou orografickou oblačností a sběr oblačné vody, vynucené výstupy (efekt návětrí), větší oslunění svahů, uvolnění instability při vynuceném výstupu (Kyselý, 2009).

Konvektivní srážky

Jsou srážkami převážně lokálními (km²), jejich intenzita je poměrně rozdílná a doba trvání srážek je krátká (< 1 hod). Avšak i přes časové a prostorové omezení srážek může vést tento typ k lokálním záplavám (Bednář, 2003).

Ke konvekci dochází při nerovnoměrném zahřívání zemského povrchu, kdy se vytváří bublina zahřátého vzduchu, jenž má menší hustotu než jeho okolí, a stoupá vzhůru. Tím se adiabaticky ochlazuje a při dosažení hladiny kondenzace vzniká kupovitá oblačnost. Při intenzivní konvekci se oblaka vyvíjí vertikálně do podoby bouřkového oblaku (cumulonimbu) v případě, že vzduch je teplý a vlhký nebo teplota vzduchu v okolní atmosféře ubývá rychleji než teplota ve vystupujícím, adiabaticky se ochlazujícím vzduchu (což podporuje výstup) – teplotně nestabilní vzduch (Ruda, 2014).

Podmínky pro konvektivní oblačnost a srážky jsou: dostatek vlhkosti ve spodních hladinách troposféry, spouštěcí mechanismus výstupů a podmíněná instabilita. Základní jednotkou konvekčních bouří je jednoduchá cela (Kyselý, 2009).

Vertikální srážky

Můžeme je podle tvaru, velikosti a skupenství rozdělit do několika druhů:

děšť – vodní kapky o průměru nejméně 0,5 mm a maximálně 2 mm
mrholení – malé vodní kapky o průměru menším než 0,5 mm
sníh – ledové krystalky hvězdicovitého tvaru (při teplotách nad -5 °C se tvoří sněhové vločky)
sněhové krupky – bílá, neprůsvitná, kulovitá ledová zrna o průměru 2–5 mm, po dopadu se tříští
sněhová zrna (krupice) – bílá ledová zrna o průměru menší než 1 mm, netříští se, vypadávají ze sloh
zmrzlý déšť – průhledná ledová zrna o průměru menší než 5 mm, vzniká mrznutím dešťových kapek
námrazové krupky – sněhová zrna obalená vrstvičkou ledu, vznikají kolem bodu mrazu
kroupy – kuličky nebo kousky ledu o průměru 5–50 mm i více, vznikají při přeháňkách a bouřkách
sněhové jehličky – jehlicovité nebo sloupkovité krystalky ledu typické pro polární oblasti.

Tabulka 1: Dělení vertikálních srážek (Ruda, 2014)

Kondenzací vodní páry na chladném povrchu, předmětech nebo vegetaci vznikají **horizontální srážky**, které se dělí na:

rosa – vodní kapky různé velikosti vzniklé radiačním ochlazením
zmrzlá rosa – zmrzlé kapky s bělavou barvou
jiní (šedý mráz) – ledové bílé krystalky tvaru jehlic, šupin nebo vějířků

jinovatka (krystalická námraza) – ledové krystalky jehlicovitého nebo vláknitého tvaru
ovlhnutí – povlak vodních kapek na svislých plochách
námraza – trsy vláknitých bělavých ledových krystalků vznikající za silných mrazů
ledovka – ledová, sklovitá, vrstva, vznikající zmrznutím přechlazených vodních kapek deště
náledí, zmrázky – pokrývají povrch a vznikají mrznutím nepřechlazených kapek deště

Tabulka 2: Dělení horizontálních srážek (Ruda, 2014)

4.2.2 Měření srážek

Důvodem, proč je důležité měřit srážky je množství srážek, které tvoří hlavní prvek bilanční rovnice. Sledováním potřebných parametrů získáváme správné informace, například o plošném rozložení, trvání a úhrnu deště i jeho časovém průběhu. Množství srážek lze vyjádřit srážkovou výškou **H_s**, která je definována jako tloušťka vrstvy v milimetrech vytvořená na ploše bez odtoku, vsaku či výparu (Pokorná, 2008). Srážkový úhrn vyjadřuje, kolik naprší milimetrů vodního sloupce. Důležitou charakteristikou srážkové aktivity je intenzita a doba trvání srážek (Grunov, 1931). Intenzita je definována jako množství spadlých srážek za určitý časový úsek.

Srážky měříme v milimetrech, kdy 1 milimetr odpovídá 1 litru spadlému na 1 m². (Skřehot, 2004). Intenzita se značí písmenem R a vypočte se následovně:

$$R = \Delta H / \Delta t$$

H – úhrn srážek [mm] t – čas Δ - přírůstek

Pro měření srážek existují dva druhy srážkových dat, bodová a prostorová data. Přístroje pro získání bodových dat, se nazývají srážkoměry a totalizátory. Prostorová data se získávají dvěma způsoby měření, a to pomocí radarů nebo družic. Tam, kde nelze získat data pomocí měření, se využívá metoda odhadů srážkových dat. K tomuto účelu slouží interpolační metody pro plošné rozdělení srážek. Mezi druhy nejpoužívanějších interpolačních metod patří: Aritmetický průměr, Optimální interpolace, Spline (metoda minimální křivosti), Thiessenovy

polygony, IDW (metoda inverzních vzdáleností), Kriging (geostatistické metody), (Máca, 2014).

Bodové měření srážek

Srážkoměr (obrázek 2)

Přístroj, který se skládá z kovové nádoby s nálevkou s vodorovnou záchytnou plochou 0,05 m². Umístění horního okraje srážkoměru je jeden metr nad zemí. (Bendl, 2012). Srážkoměr musí být umístěn na volném prostranství, na kterém není větrno nebo srážkový stín. Data se vyhodnocují každý den k 7. hodině ranní. Srážky spadlé do nádoby se přelijí do kalibrované nádoby a určí se úhrn srážek s přesností na desetiny milimetru. (Šilar, 1996)



Obrázek 2: srážkoměr města Valtice, (vlastní foto)

Totalizátor

Tento přístroj se používá ve špatně dostupných oblastech, jelikož se srážkový úhrn s jeho pomocí zjišťuje pro interval, který je větší než 24 hodin. Totalizátor je tvořen nádobou ve tvaru válce s kónickým dolním i horním dílem. Pro omezení účinku větru je záchytný otvor opatřen Nipherovým kuželem. Totalizátor je umístěný 3 až 5 m nad terénem a je postavený na trojnožce (Pokorná, Zábranská, 2008)

4.2.3 Srážkoměrné stanice ČR

Srážkoměrné stanice jsou obsluhovány dobrovolnými spolupracovníky ČHMÚ. Pozorovatel stanice průběžně sleduje a zaznamenává meteorologické jevy, jejich druh a intenzitu a časový výskyt a hlavně množství spadlých srážek, výšky sněhové pokrývky a její vodní hodnoty v čase 07 hod. SEČ (ČHMÚ, 2003).

V České republice je stanice v průměru na 79 km² s ohledem na to, že v členitém terénu, musí být síť stanic hustější. Všechny tyto stanice spravuje Český hydrometeorologický ústav (ČHMÚ), který rovněž provádí pozorování a zpracovává data, které jsou na jednotlivých stanicích naměřena (Pokorná, Záborská, 2008).

V České republice se nachází celkem 802 stanic, z toho jich je 559 dobrovolných a 38 z nich má rozsáhlejší pozorovací program. Na hůře přístupných místech se nacházejí totalizátory, kterých je v České republice 26. Mapa sítě srážkoměrných stanic se nachází v příloze č. 1.

Každá stanice je detailně popsána, je uveden název a její zeměpisné souřadnice. Pro každou stanici je zhotovená kresba, kde je přesně zakreslena její poloha a typy všech přístrojů, které se na dané stanici nacházejí.

Všechny data zjištěné v jednotlivých srážkoměrných stanicích na našem území se posílají každý měsíc do ČHMÚ, kde se data porovnají se stanicemi, které jsou k sobě blízko, aby se předešlo hrubým chybám. Data se takto připravují na další zpracování nebo pro publikování (Pokorná, Záborská, 2008).

Plošné měření srážek

Radarová data

Radarová pozorování se ve většině případech používá pro krátkodobé předpovědi srážek. Radiolokátor skenuje každých 5 minut odrazivost, pomocí které se určuje intenzita srážek, ta se pak vypočítá podle Mashall-Palmerova vztahu. Tyto radary získávají data o srážkách nepřímým měřením (Goudenhoofd, Delobbe, 2008).

Družicová data

Družicová data jsou tvořena kosmickým a pozemním systémem. Kosmický systém monitoruje naši planetu a atmosféru a pozemní systém přijímá a následně zpracovává meteorologické informace.

Časové rozdělení srážek

Je to rozdělení, které popisuje výskyt a naměřené hodnoty srážek v určitých obdobích na konkrétním místě (Hrádek, Kuřík, 2008).

Největší pravděpodobnost výskytu srážek je v ranních nebo v odpoledních hodinách. Menší pravděpodobnost výskytu srážek je odpoledne nebo v noci (Pokorná, Záborská, 2008).

Pro časové rozložení srážek jsou stěžejní údaje o srážkovém úhrnu, dlouhodobý průměrný srážkový, nejvyšší dlouhodobý průměrný měsíční a roční úhrn srážek, nejnižší dlouhodobý průměrný měsíční a roční úhrn srážek, nejvyšší denní úhrn srážek za několik let (Hrádek, Kuřík, 2008).

Množství spadlých srážek na určitém místě je ovlivněno zeměpisnou polohou, nadmořskou výškou a orientací území na světové strany. Například na horách, kde proudí vlhké vzdušné hmoty, je roční úhrn srážek vyšší než na odvrácených stranách hor (Kemel, 1996).

Plošné rozložení srážek

Plošné rozdělení srážek závisí zejména na nadmořské výšce. Plošné rozdělení srážek můžeme zobrazit pomocí izohyet. Izohyety jsou křivky, spojující místa na mapě se stejným srážkovým úhrnem. Úhrny, které izohyety spojují, mohou být určeny za různé časové období, a to za rok, měsíc, den, případně i na jednotlivé deště. Pro sestavení izohyet jsou potřebná data ze srážkoměrných stanic za stejné časové období. (Negusse, 2005)

4.3 Roční chod srážek v ČR

Srážkový režim na území ČR je proměnlivý. Roční srážkový úhrn České republiky se pohybuje mezi 450 mm (tento úhrn můžeme zaznamenat například na Žatecku, Dyjskosvrateckém úvalu nebo Slánsku) a 1 500 mm a více, který je v Beskydech a Krkonoších. Největší roční úhrn srážek se nachází na stanici Bílý Potok v Jizerských horách ve výšce kolem 900 m n. m., spadne zde v průměru 1705 mm za rok. Toto způsobuje návětrí Jizerských hor.

Přibližně na dvě třetiny z celého území České republiky připadají na území s ročními srážkami 600-800 milimetrů. Oblasti s nejmenšími srážkami se nachází většinou v srážkovém stínu hor. V České republice je to z velké části stín způsobený západními pohraničními horami. Je možné nalézt místa s vysokým úhrnem srážek vyšším než 1 400 mm (horské polohy) nebo naopak nízkým úhrnem srážek kolem 400 mm, například Žatecko, Lounsko, okolí Pálavy, soutok Dyje a Svatky (Hanel, et al., 2015). V průběhu roku je na srážky nejbohatší červenec a nejchudší únor. Z

hlediska ročního úhrnu srážek připadá asi 25% na jaro, 40% na léto, 20% na podzim a 15% na zimu. Kolísání srážek v jednotlivých letech dosahuje v průměru 40 %, ale v průběhu posledního sta let bylo několikrát zaznamenáno kolísání i mezi 50-150% průměrných ročních srážek. Příkladem extrémně suchého roku je rok 1947, naproti tomu rok 1926 byl extrémně vlhkým rokem (Krejčí, 2002).

4.4 Faktory ovlivňující srážkové úhrny

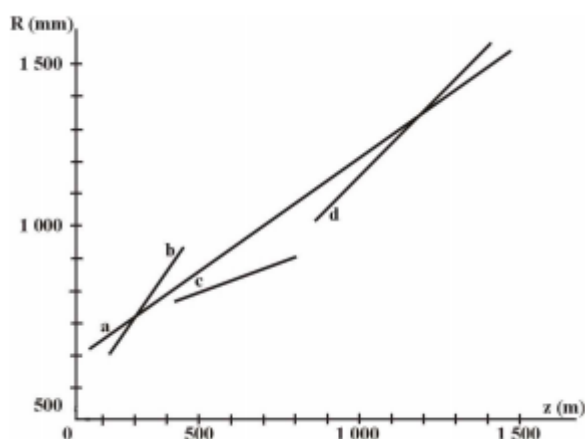
Všeobecná cirkulace atmosféry má velkou souvislost s geografickým rozdělením srážek na Zemi. Obecně platí, že srážky ubývají směrem od oceánu do vnitrozemí (Vysoudil, 2006). Kvůli tomu, že jsou srážky závislé na teplotních poměrech, jsou rozloženy zonálně. Na pevnině je rozložení srážek nerovnoměrné a vliv geografických podmínek má významnější vliv než u jiných klimatických charakteristik a meteorologických prvků. Vlivy na srážky jsou rozděleny na statické a dynamické. Mezi statické patří nadmořská výška, sklon a zeměpisná poloha. Ty se mezi bouřkovými událostmi nemění. Vlivy způsobené kolísáním počasí jsou dynamické vlivy a ty se mění. Dočasnou a prostorovou proměnlivost srážek je zapříčiněna dynamickou meteorologickou strukturou v troposféře a také díky topografickým rysům. Ve světovém měřítku převládají vlivy dynamické, které vznikají odlišnými modely počasí. Je zde ale také topografie, která patří mezi statické metody a způsobuje změnu díky efektu nazývanému se **srážkový stín**. Ten se na jižní Moravě projevuje na Pálavě, viz kapitola 4.10.3. V pevninském měřítku bývají srážkové úhrny větší, kvůli výsledku působení směsi statických a dynamických faktorů (Wilson, Atwater, 1972).

4.4.1 Vliv nadmořské výšky na srážkový úhrn

Nadmořská výška výrazně ovlivňuje prostorové rozložení srážek, stejně jako denní cyklus srážek v ČR. Zatím co 24hodinové součty jsou obecně maximální v horách, průměrné a absolutní maxima krátkodobých součtů (1 až 6 hodin) jsou zjištěny ve výškách 300 až 600 m.n.m. Pokud se jedná o denní cyklus, dochází k maximální frekvenci srážek o 2 hodiny dříve v horách, za to střední hodnoty zůstávají na stejné úrovni až do 21 hodin UTC. Průměrná doba, během níž se vyskytují maximální srážky, se obecně nemění s nadmořskou výškou. Krátkodobé srážkové maxima obvykle začínají odpoledne v horských oblastech a kolem nich. Dlouhodobé (převážně 6 hodinové) srážkové maxima se objevují později než krátkodobé, ale jsou podstatně méně koncentrované v čase, zejména na horách. Tyto rozdíly mezi horami a nížinami lze vysvětlit menšími relativními proporcemi a starším počátkem konvektivních srážek v horách. (Bliznak et al. 2018)

Orografický výstup, který vzniká na závětrných stranách, způsobí vznik místní vzduchové hmoty. Vzduchové hmoty zvětšují svůj objem a adiabaticky se ochlazují, tento proces způsobuje vzrůst relativní vlhkosti, vytváření oblačnosti a srážek. Tento princip je hlavním důvodem, kdy se množství srážek zvyšuje nadmořskou výškou (Barros, Lettenmaier, 1994). Zvyšování srážkových úhrnů s nadmořskou výškou je omezeno výškou hladiny kondenzace, která může být různá, a to od 2000 m v Alpách až po 5000 m v Pamíru (Vysoudil, 2006).

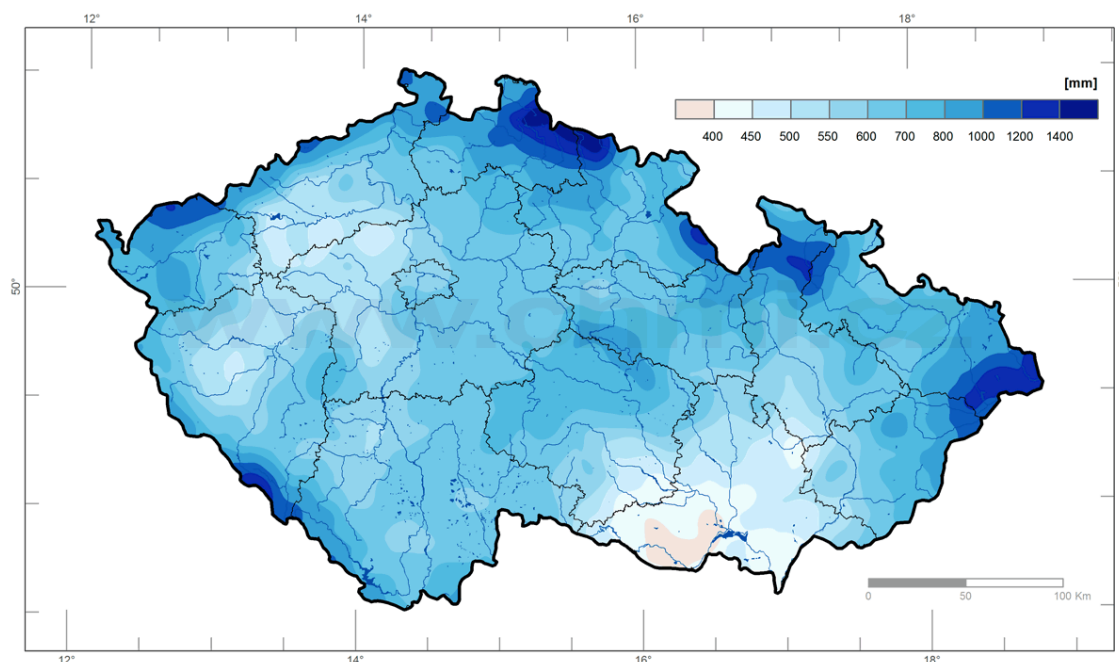
Na obrázku č. 4 můžeme vidět graf, který zachycuje závislost ročních srážkových úhrnů R (mm) na nadmořské výšce, kde a- území severní Moravy b- území severní Moravy do výšky 400 m, c-na území severní Moravy ve výškovém intervalu 401-800 m n. m., d -území severní Moravy ve výšce nad 800 m (Vysoudil, 2006).



Obrázek 3: Závislost ročních srážkových úhrnů R (mm) na nadmořské výšce (Vysoudil, 2006)

Na obrázku 4 je zobrazeno roční rozložení úhrnu srážek v České republice za rok 2017. Kde nejmenší úhrn srážek je na jižní Moravě v okolí páľavy.

Úhrn srážek v roce 2017



Obrázek 4: Úhrn srážek v České republice 2017

Zdroj: <http://portal.chmi.cz/historicka-data/pocasi/mapy-charakteristik-klimatu#>

4.5 Výpočty

4.5.1 Hydrologická bilance

Oběh vody na Zemi můžeme vyjádřit rovnicemi vytvářející matematický model jeho bilance (Ruda, 2014). Hydrologická bilance povodí je dána bilanční rovnicí pro velký oběh vody, která říká, že množství vody, které se účastní oběhu zůstává konstantní. Tedy celková výška výparu na Zemi se rovná výšce dopadajících srážek na Zemi (Pokorná, 2008). Základní hydrologickou oblastí je povodí, jež tvořeno rozvodnicí. Rozvodnice je pomyslná čára, která vymezuje plochu povodí. Může být orografická nebo hydrologická, která je určena geologickým složením (Parmesan, 2000). Základním bilančním obdobím je hydrologický rok, který začíná 1. listopadu a končí 31. října (Pokorná, 2008).

Klimatická vodní bilance je definována jako rozdíl mezi srážkami R a potenciálním výparem neboli potenciální evapotranspirací PE , přičemž platí vztah:

$$KWB = R - PE$$

srážky relativní, „podíl na ročním úhrnu srážek“ – je metoda, která hodnotí podíl měsíčního úhrnu srážek na ročním úhrnu srážek, jedná se o velmi jednoduché a přehledné kritérium. Jednotkou relativní srážky jsou procenta z celkových sta procent. (Brázdil, 1985)

„Podíl na ročním úhrnu srážek“ je metoda, která dává jasný přehled o postavení daného měsíce v kontextu roku. Nevypovídá však nic o dostatečnosti svého podílu na závlaze rostlin (Raughunath,2006).

Srážkový normál

Nejběžnější a nejjednodušší metoda porovnávání meziročních srážkových poměrů, srážková normál je chápán jako bodová hodnota nebo interval kolem ročního nebo měsíčního průměru. Ze srážkového normálu se pak stanovují procenta srážkového normálu.

Pozitivem je jednoduchost, ale vzhledem k tomu, že srážkový normál zohledňuje pouze srážky, je jeho vypovídací hodnota omezená (Kohnke, 1968).

Prostorové úhrny srážek

Jsou úhrny srážek stanovené pro určité území, které může a nemusí být hydrologicky uzavřené, a pro určitý časový interval – hodinu, den, měsíc (Brázdil,1985) Aplikací na větší územní jednotky, lze získat představu o prostorově významnějších suchých obdobích. Použitím klouzavých průměrů na řady prostorových úhrnů srážek, můžeme získat tendenci (Gumbel,1958).

Dešťový faktor

Je klimatologický index, který vyjadřuje podmínky přirozeného zavlažení krajiny, a to vztahem mezi atmosférickými srážkami a teplotou vzduchu. První charakteristiku tohoto druhu navrhl Lindsser (1869). Nejznámější je ale faktor dešťový Langův (1915)

$$f = \frac{R}{T},$$

kde R je průměrný roční úhrn srážek v milimetrech a T je průměrná roční teplota vzduchu v °C.

Tento dešťový faktor měl původně vyjadřovat podmínky pro vytváření humusu. Podle účelu bývá Langův faktor zpřesňován. V minulosti se Langův faktor využíval k charakteristice klimatologického sucha v jednotlivých letech. Izolinie dešťového faktoru nazval P. Hirth (1926) “izonodami“ (Sobíšek,1993).

Index suchosti

Aridní faktor či ukazatel suchosti je klimatologický index, který kvantitativně udává stupeň suchosti podnebí v závislosti na různých klimatických prvcích a faktorech. Mezi nejpoužívanější index suchosti patří ukazatel sucha.

$$i = \frac{R}{T + 10}$$

kde R je průměrný roční úhrn srážek v milimetrech, T je průměrná roční teplota vzduchu °C. V roce 1935 de Martonne pak upřesnil původní vzorec na:

$$i = \frac{R \cdot N}{T + 10} \cdot N',$$

kde N je počet dní se srážkami v daném místě a N' je průměrný počet srážkových dní v sousedních místech (Sobíšek, 1993)

Rovnice vylepšená E. Reichelem má tento tvar.

$$i = \frac{R}{T + 10} \cdot \frac{N}{180},$$

Číslo 180, zohledňuje průměrný roční počet srážkových dní ve střední Evropě. (Sobíšek. 1993)

I když vyžaduje ukazatel sucha E. de Martonnea dva, meteorologické prvky, lze jej považovat za jednoduchý, přičemž zohledňuje nejen úhrn srážek, ale také teplotní poměry. Počet dnů se srážkami zdůrazňuje význam rozložení srážek jednotlivých dnů v roce.

Hydrotermický koeficient

Je klimatologický index vyjadřující vlhkostní ráz krajiny na základě vztahu mezi srážkami a potenciálním nebo skutečným výparem.“ (Sobíšek, 1993) V České republice byl nejčastěji používán Seljaninovův hydrotermický koeficient (HTK).

$$HTK = \frac{R}{0,1 \cdot TS_{10}},$$

Kde R je měsíční úhrn srážek a TS je měsíční suma denních teplot vzduchu, která nahrazuje potenciální výpar (Sobíšek, 1993). Index se používá pro teplé měsíce roku, přičemž nižší hodnoty koeficientu znamenají sušší poměry a hodnoty v rozmezí 1 až 2 odpovídají oblastem s dostatkem vláhy.

Dalším příkladem hydrotermického koeficientu je Šatského hydrotermický koeficient, jenž je dán vztahem

$$k = \frac{R}{V},$$

Kde V je měsíční výpar a R je měsíční úhrn srážek (Sobíšek, 1993).

K výše uvedeným klimatologickým indexům a koeficientům může být přiřazena grafická metoda konstrukce klimogramu, jak ji popisuje H. Walter a H. Leith (Nosek, 1972).

Klimogram je konstruován tak, že na ose úseček jsou měsíce roku a, na ose pořadnic teploty a srážky tak, nanášíme údaje tak, aby 10 °C odpovídalo 20 mm srážek. Teplotní stupnice je tedy vzhledem ke srážkové volena v měřítku 1 : 2. Jestliže křivka srážek leží nad křivkou teplot, jde o vlhké období (šrafováno svísele), leží-li křivka srážek pod křivkou teplot, jde o suché období. Pro stepní oblasti se používá měřítko mezi teplotami a srážkami 1 : 3, tedy 10 °C odpovídá 30 mm srážek (Nosek, 1972).

M. I. Budyko definoval index suchosti jako:

$$i = \frac{\tilde{R}}{L_r},$$

Kde \tilde{R} je bilance záření, L_r je množství tepla potřebné na vypaření roční úhrnu srážek (Sobíšek, 1993).

Index vlhkosti

Je klimatologický index užívaný k třídění a rajonizaci podnebí větších měřítek a pro určení vazeb mezi podnebí a vegetací. Index vlhkosti podle C. W. Thornthwaitea (1948) má tento tvar:

$$I_m = \frac{100s - 60d}{n},$$

kde s je úhrn měsíčních rozdílů mezi srážkami a celkovým výparem čili evapotranspirací za měsíce, v nichž je srážkový normál větší než normál evapotranspirace. d je úhrn měsíčních rozdílů mezi srážkami a evapotranspirací za měsíce, v nichž je srážkový normál menší než normál evapotranspirace, n - úhrn měsíčních hodnot evapotranspirace v uvažovaných měsících. Podle indexu vlhkosti rozdělil Thornthwaite 9 klimatických typů:

A perhumidní	$I_m \geq 100$
B ₄ humidní	$80 \leq I_m < 100$
B ₃ humidní	$60 \leq I_m < 80$
B ₂ humidní	$40 \leq I_m < 60$

B ₁ humidní	$20 \leq I_m < 40$
C ₂ vlhko-subhumidní	$0 \leq I_m < 20$
C ₁ sucho-subhumidní	$-20 \leq I_m < 0$
D semiaridní	$-40 \leq I_m < -20$
E aridní	$-60 \leq I_m < -40$

Vlhkost vzduchu

Vlhkost vzduchu je základní meteorologický prvek vyjadřující množství vodních par ve vzduchu. K vyjádření obsahu vodních par v atmosféře se používají následující charakteristiky:

- Napětí vodních par (e) vyjadřuje dílčí (parciální tlak) vodní páry ve směsi se suchým vzduchem (15–20 hPa), je-li vzduch nasycený, nahrazujeme tuto charakteristiku napětím nasycení (E).
- Poměrná (relativní) vlhkost vzduchu (r), je poměr skutečného napětí vodních par (e) k maximálně možnému napětí nasycení E při dané teplotě.

$$r = (e/E) \times 100 (\%)$$

- Sytostní doplněk (d) neboli deficit vlhkosti, vyjadřuje rozdíl mezi maximálním napětím a skutečným napětím vodních par = udává chybějící množství vodních par, aby se vzduch stal nasyceným.

$$d = E - e \text{ (hPa)}$$

- Absolutní vlhkost vzduchu (a) je hustota vodní páry. Měrná hmotnost vodní páry vyjadřuje množství vodních par ($g \cdot m^{-3}$).
- rosný bod (τ)

Teplota rosného bodu je teplota, při které by vodní páry nasýtily vzduch. Při poklesu teploty pod rosný bod dochází ke kondenzaci par a vzniká rosa nebo mlha. Při relativní vlhkosti nižší než 100 % je teplota rosného bodu vždy nižší než teplota vzduchu. Spojitost mezi vlhkostí vzduchu a jeho teplotou souvisejí se změnami teploty vzduchu také výkyvy množství vodních par v přízemních vrstvách atmosféry. Pro roční chod napětí vodní páry platí v našich klimatických podmínkách to stejné,

co pro roční chod teploty vzduchu. U některých jiných charakteristik např. u relativní vlhkosti, však tato souvislost neplatí (Ruda, 2014).

4.6 Podzemní vody ČR

Pozorovací síť podzemních vod ČR je tvořena prameny a vrty. Ve většině pozorovacích vrtů se hladina podzemní vody měří v pořičních zónách a terasách, část vrtů pozorovací sítě dále slouží ke sledování hlubších zvodní. Ve vybraných vrtech se zaznamenává také teplota vody. V roce 2016 bylo monitorováno 1 494 vrtů a 320 pramenů. Vrty jsou vybaveny automatickými přístroji, stejně jako část pramenů. Na zbylých objektech prováděli měření jedenkrát týdně dobrovolní pozorovatelé. Ve vybraných objektech se monitoruje jakost vody (ČHMU, 2016).

Na obrázku 5 je zobrazen stav hladiny podzemní vody v mělkých vrtech v roce 2018



Obrázek 5: Stav hladiny podzemní vody v mělkých vrtech 2018

Zdroj: <http://portal.chmi.cz/aktualni-situace/hydrologicka-situace/stav-podzemnich-vod>

4.7 Základní Odtok

Srážky dopadající na povrch země jsou zadržovány na povrchu vegetace a půdy, infiltrují či vsakují se do půdy, popřípadě se vypařují zpět do ovzduší. Po nasycení půdy deštěm a při intenzitě deště vyšší, než je intenzita vsaku, stéká srážková voda nejprve v souvislé vrstvě jako plošný odtok (Matoušek, 2010). Množství plošného

srážkového odtoku je ovlivňováno především klimatickými, půdními, územními a biologickými poměry povodí i stupněm hospodářského využívání povodí (Tlapák et al. 1992). Až po sléze se plošný odtok rozděluje erozivními rýhami do stružek a jimi odtéká do potoků, bystřin a řek, které vytvářejí říční hydrografickou síť. Tato fáze odtoku vodní sítě se nazývá soustředěný povrchový odtok (Matoušek, 2010). Část vody ze srážek se infiltrací dostává pod zemský povrch, odtéká půdou a pokryvnými útvary bezprostředně pod povrchem jako hypodermický odtok. Další část infiltrované vody prosakuje horninami a po dosažení hladiny podzemní vody pokračuje horninovým prostředím k místu odvodnění. Tato část odtoku se nazývá podzemní neboli základní odtok (Šilar, 1996).

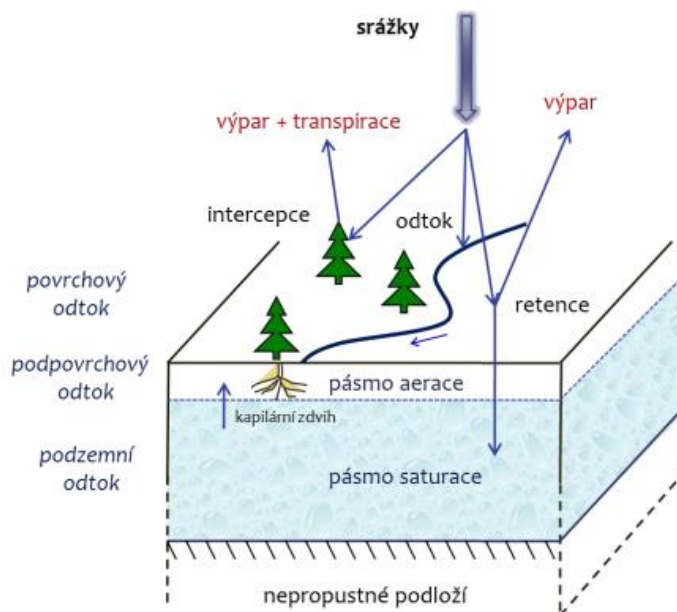
4.7.1 Povrchový odtok

je definován jako veškerá voda tekoucí po povrchu, nevsáklá a neodpařená z půdy. Měrná zařízení, či bilanční rovnice určují velikost povrchového odtoku. Povrchový odtok můžeme dělit na tři fáze odtoku. Z počátku proudí voda po povrchu minimální rychlostí - plošný odtok, poté přechází do soustředěného odtoku nízké hloubky a nakonec vtéká do recipientu (Sommer, 1973). Proud vody tekoucí po povrchu země, který je prostorově vymezený dnem a břehy je chápán jako vodní tok. Pramen vodního toku je místem vzniku a ústí toku je místem konce, anebo vtokem do toku s vyšším řádem, či vodní plochy (Pokorná, Záborská 2008). Délka vodního toku se popisuje jako délka střednice půdorysného tvaru koryta. Její obvyklé jednotky jsou km a běžně se značí písmenem L. Průměrný sklon využíváme hlavně k odhadu sklonu celé délky toku a nejčastěji se vyjadřuje v procentech či promilách. Velikost sklonu narůstá s výškovým rozdílem mezi pramenem a ústím, a to když bude shodná délka toku (Suda, Herber 2001).

4.7.2 Druhy odtoku

Trvalou vodní sítí (bystřinami, řekami, potoky), které jsou napájeny výronem podzemní vody a v období přivalových srážek i povrchově odtékající vodou, odtéká neustále určité množství vody. Odtokem rozumíme celkové množství vody, které proteklo profilem toku za určitý časový úsek (Krešl, 2001). Velikost odtoku závisí na intenzitě srážek, délce jejich trvání a teplotě, typu vegetace, na propustnosti půdy a hornin, sklonu svahů, zastavěnosti terénu, drenážních konstrukcích apod. V našich klimatických podmínkách je odtok nejvyšší na jaře při tání a nejnižší buď v zimě, kdy voda zůstává na povrchu ve formě sněhu, nebo na podzim po suché letní sezóně (Pačes, 1982).

Na obrázku 6 je zobrazeno schéma procesů podílejících se na hydrologické bilanci v povodí.



Obrázek 6: Schéma procesů podílejících se na hydrologické bilanci v povodí (Ruda, 2014)

Základní odtok představuje v průměru asi 36 % celkového odtoku. Největší podíl základního odtoku je soustředěn v oblastech tvořených horninami s dobrou propustností např. v povodí Ploučnice a Kamenice, kde přesahuje 50 %. Velikost specifických základních odtoků z území závisí zejména na velikosti srážkových úhrnů a propustnosti. Kapacita horninového prostředí má podstatně menší vliv s výjimkou extrémních podmínek. Proto specifika stoupají s nadmořskou výškou (s růstem srážkových úhrnů) a nejmenší jsou v oblastech s nízkými srážkami například na jižní Moravě (Štamberová et al., 1998)

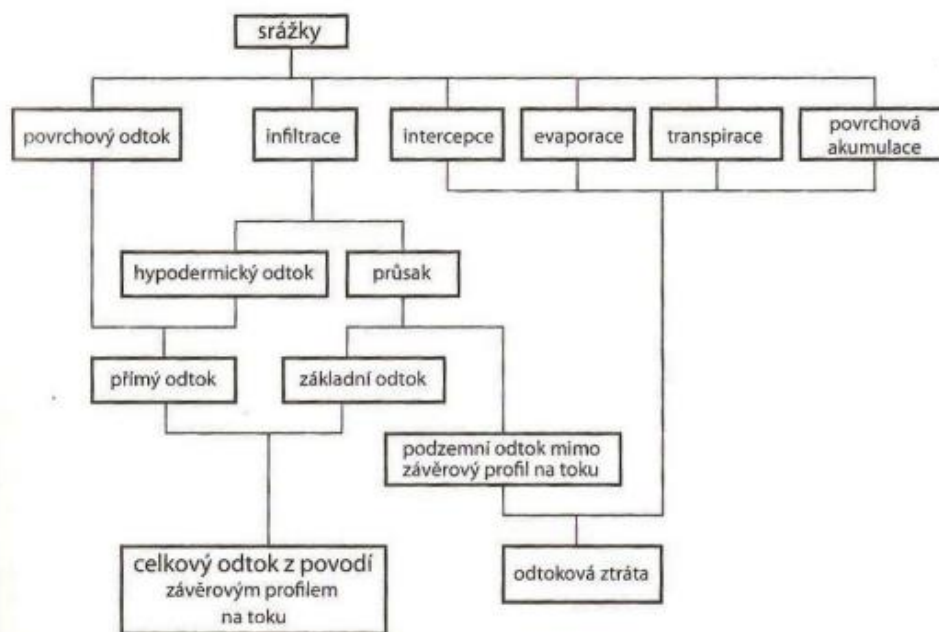
Norma ČSN 75 0110 vysvětluje tyto pojmy následovně:

1. odtok – odtékání vody po povrchu i pod povrchem terénu v procesu oběhu vody v přírodě; objem odteklé vody z povodí nebo vodního útvaru za daný časový interval
2. celkový odtok – souhrn všech složek odtoku procházející uzávěrovým profilem za daný časový úsek
3. základní odtok – složka celkového odtoku, která je tvořená výronem podzemních vod do sítě vodních toků
4. povrchový odtok – složka celkového odtoku, která odtéká z povodí do sítě vodních toků po povrchu terénu

5. hypodermický odtok – složka celkového odtoku, jenž stéká do koryta toku v bezprostřední vrstvě pod povrchem povodí, aniž by dosáhla hladiny podzemní vody

6. přímý odtok – složka celkového odtoku tvořená hypodermickým a povrchovým odtokem

Na obrázku 7 je můžeme vidět schéma odtokového procesu.



Obrázek 7: Schéma odtokového procesu (ČSN 75 0110: Vodní hospodářství – terminologie hydrologie a hydrogeologie, Praha, 2010. 98 s.)

4.7.3 Činitelé ovlivňující odtok

Množství vody, které odtéká z povodí určitým profilem toku je výslednicí řady činitelů, z nichž rozhodující v našich podmínkách jsou atmosférické srážky, které svým množstvím, délkou trvání a intenzitou předurčují průběh odtoku. Vztah mezi srážkami a odtokem je nepřímý. Je modifikován aktivně, a to ostatními klimatickými faktory, jejich dynamikou vývoje. Pasivně je pak ovlivňován ostatními fyzicko-geografickými činiteli, kteří jsou v daném povodí stálé. (Watson et al.) Mimoto se projevuje i vliv člověka. Z klimatických faktorů je kromě srážek rozhodující vlhkost vzduchu a teplota, míra slunečního záření, intenzita výměny vzdušných mas, které ve svém komplexu ovlivňují výparnost, a tím i bilanční poměry v povodí. (Krešl, 2001) Rozdělení celkového odtoku mezi povrchový, podpovrchový a podzemní určují činitelé ovlivňující infiltraci, tj. půdní a geologické poměry, vegetační kryt, úprava půdy na velkých výměrách při lesním a zemědělském hospodářství. Geologické podloží a jeho propustnost má velký význam pro utváření odtoku v období bezdeští.

Ovšem nepropustné vrstvy (krystalické horniny, ruly, slíny, břidlice) s málo mocným půdním pokryvem snižují celkovou retenční kapacitu povodí a spolupůsobí při prudkém stoupání průtoků při vydatnějších deštích.

4.7.4 Vliv vegetace na povrchový odtok

Vegetační kryt má vliv na povrchový odtok kladný i záporný. Lze říci, že půda krytá jakýmkoli vegetačním krytem je odolnější vůči erozi, a proto je vegetační kryt z vodohospodářského hlediska výhodný (Němec, 1965). Land use (land cover) určuje míru intercepce daného území a jeho infiltrační vlastnosti a tím je ovlivněna intenzita rychlé složky odtoku - přímý odtok. Pro vznik rychlého odtoku nejsou příznivé zemědělské plochy bez dostatečného pěstovaných plodin chránících půdní povrch (Daňhelka, 2007). Naopak kultury les, louky a sady poskytují kryt půdy trvale, na orné půdě je kryt vzhledem k jednoletému vývoji plodin proměnlivý. V tom spočívá zvláštnost orné půdy, a proto je nezbytné věnovat pozornost jak střídání plodin a rozmístění honů (Soukup, Hrádek 2007). Za velice perspektivní věc se považuje povrch země, jenž je pokryt travním porostem. Tomuto povrchu to dodává drsnost, což zmenšuje rychlost odtoku a zvyšuje vsakování do půdy, takže snižuje okamžitý povrchový odtok ve prospěch pozdějšího podzemního odtoku (Němec, 1965). Také vzrostlé luční porosty dobře podporují vsakování dešťové vody a podílí se na zmenšování povrchového odtoku (Jůva, 1957). V současné době se od travních a lučních porostů přešlo k lesním půdám s dobře vyvinutou vrstvou hrabanky a humusu. Takovéto půdy se můžou pyšnit velkou vsakovací schopností. Nejvíce vody pohltí lesní výsadba, ve které převládá dub. Dále pak lesy lipové a střední místo zaujímají lesy modřínové a březové. Kdežto smrkové lesy uchovávají z dlouhotrvajících srážek vody nejméně. Dlouholetá pozorování ukázala, že v bezlesém povodí nastávají po lijácích a sněhovém tání povrchové odtoky někdy i více než desetinásobné (Němec, 1965). Protierozní opatření jsou travní pásy, tzv. ochranné, které jsou často navrhovány jak v Evropě, tak i v mimoevropských zemích, jako jsou například USA a Čína. Zaznamenal se u nich zejména vliv šířky na snížení povrchového odtoku a ztrát půdy erozí v různých půdních a klimatických podmínkách. Například buffery o šířce do 6 m sníží povrchový odtok až o 10–50 %, ve srovnání s územím bez vegetačního pásu (Borin et al. 2010).

4.7.5 Vliv zásahů člověka

K vytváření srážkového odtoku se účastní i značnou měrou kulturní poměry charakterizované užíváním, obděláváním a hnojením zemědělské půdy, polohovým umístěním kultur a volbou osevních postupů. Orba nebo setba plodin po svahu

zvyšuje povrchový odtok, jelikož se setba stává odpadovým příkopkem a také orba po svahu zvyšuje erozi na pozemku. Naopak správné umístění kultur a orba po vrstevnici mohou srážkový odtok v značné míře snížit (Jůva, 1957). „Člověk“ se podílí na zvýšení odtoku a snížení vsaku vody do půdy, což je způsobeno rozrůstáním ploch s nepropustným povrchem (silnice, parkoviště, domy). Kvůli tomu se pak snaží záměrně regulovat odtok a to například výstavbou přehrad, které mají za úkol zmenšení variability průtoků tím, že zadržují vodu. Dalším zásahem negativně ovlivňující odtok je vykácení lesa. V lese dochází k velké ztrátě srážkové vody jejím zachycením na listech a větvích stromů, odkud se voda vypaří. To má za důsledek to, že do povrchového odtoku se zapojí větší podíl srážkového úhrnu, a to hned z několika důvodů. Sníží se intercepční kapacita a pak se sníží výpar.

Odtok v lesích se určuje jako množství atmosférických srážek, které odtečou - HO. Tvar rovnice pro odtok atmosférických srážek z lesních porostů vypadá takto

$$HO = HC - (ER + E_{tr} + EP) \text{ (mm)}$$

Kde jednotlivé členy rovnice jsou, HO - potenciální odtok, HC – množství srážek, E_{tr} - produktivní výpar z rostlin (transpirace), ER - výpar z povrchu rostlin (intercepce), EP - výpar z půdy (Krešl a Bartuňková 1978).

V tabulce 3 můžeme vidět vyčíslení hodnoty v penězích, pokud se plocha lesa změní za jinou z hlediska zvýšení minimálních průtoků.

Společenská sociálně-ekonomická cena jednotlivých kvalitativních charakteristik hydrické funkce lesa, zvýšení minimálních průtoků (Kč/ha)

Záměna lesa za	Roční	Celková
Trvalé travní porosty (TTP), např. louky, pastviny	540	26 900
Orná půda	830	41 500
Ostatní plochy (např. sady, chmelnice apod.)	720	36 000
Zpevněné plochy	4 180	209 000

Tabulka 3: Cena hydrických funkcí lesa (Šišák et al. 2003)

4.7.6 Infiltrace

Je proces převádění povrchové vody do pásma provzdušnění (areace) půdního profilu. Z pásma areace se voda díky kořenovému systému rostlin transportuje do rostlinných těl a odtud procesem transpirace dostat zpátky do ovzduší. Část infiltrované vody prosákne z pásma areace až do pásma saturace a doplní tím zásoby podzemní vody. Rychlost infiltrace a množství infiltrované vody závisí na fyzikálních vlastnostech půdy, vegetačního krytu půdy, vlhkosti půdy, chemických látkách přidaných do půdy intenzitě a době trvání srážek, hloubce, do které je voda

schopná proniknout (Trizna, 2010). Základní vlivy půd a vegetace na infiltraci shrnují tabulky 4 a 5.

půda a vegetace	velikost infiltrace (mm/h)
půda s lesním porostem	100-200
půda s trvalým travním porostem	10-70
půda bez vegetace	0 - 4

Tabulka 4: Velikost infiltrace na půdě s různým typem vegetace (Šišák et al. 2003)

půdní druh	velikost infiltrace (mm/h)	
	s vegetačním krytem	bez vegetačního krytu
hlinito-písčité	50	25
písčito-hlinitá	25	13
hlinitá	15	8
jílovito-hlinitá	5	3

Tabulka 5: vliv půdních druhů a vegetačního krytu na velikost infiltrace (Šišák et al. 2003)

4.8 Povodí

Povodí je hydrologicky uzavřená plocha, do něj nepřitéká žádná povrchová ani podpovrchová voda. Všechny srážky, které spadnou na jeho povrch a nevypaří se, jsou svedeny do jednoho, hlavního toku. Nejnižším místem je uzávěrový profil. Povodí je ohraničeno rozvodnicí (Němec, 1965).

Rozvodnice

Orografická vrstevnice je myšlená čára oddělující sousední povodí, která vede od nejnižšího místa povodí (uzávěrového profilu) směrem k nejvyšším místům povodí kolmo na vrstevnici. Určuje se z topografických dat a základem správného určení je postupovat vždy od nižších míst k vyšším, tedy např. od uzavírajícího profilu k vrcholu. Hydrogeologická rozvodnice se nemusí vždy shodovat s rozvodnicí orografickou, její určení záleží na geologickém složení pod povrchem terénu a uložení nepropustných vrstev. Rozdíly mezi těmito dvěma rozvodnicemi jsou většinou malé, ale u malých povodí je třeba provést hydrogeologický průzkum

Uzavírající profil

Je nejnižší položené místo v povodí, kterým protéká veškerý odtok. K uzavěrovému profilu se stanovují všechny charakteristiky povodí. Většinou se určuje v místech, kde potřebujeme znát průtok vody. (Ředinová et al. 2009).

Údolnice

Údolnice spojuje nejnižší místa povodí, od uzavírajícího profilu k prameni hlavního toku a odtud dále pokračuje až k rozvodnici (Ruda, 2014).

Hydrologický rok

Hydrologický rok souvisí s obdobím, ve kterém se vyskytují dešťové a sněhové srážky, začíná 1. 11 a končí 31. 9. Předpokládá se, že všechny spadlé srážky za daný rok odtečou, např. napadlý sníh na podzim může odtéct až při jarním tání.

Řád vodního toku

Řád vodního toku se určuje dvěma způsoby, a to absolutním (podle Gravelia) nebo relativním dle Strahlera. Podle Gravelia je tokem prvního řádu tok vlévající se do moře, tokem druhého řádu je pak přítok toku prvního řádu. Menší číslo znamená vyšší řád (Hrádek, Kuřík, 2008). Naopak řádovost dle Strahlera popisuje úseky směrem od pramenů dále po proudu. Úsek od pramenu po soutok s dalším přítokem je tokem 1. řádu, od soutoku pokračuje tok 2. řádu až do té doby, než se neseťká opět s tokem 2. řádu (Ruda, 2014).

4.8.1 Geometrické charakteristiky povodí

Plocha povodí F

Plocha povodí se určuje z map planimetrováním a jedná se o půdorysný průmět povodí do roviny udávaný v kilometrech čtverečních. Pro přehledné zobrazení zaústění přítoků do hlavního toku se doporučuje vytvořit graf vývinu povodí. Plocha povodí se rozděluje na plochu pravého a levého břehu, kde hranice mezi těmito plochami je údolnice.

Tvar povodí

Povodí vzniklá přirozenou cestou jsou tvarem nejčastěji podobná symetrickému nebo nesymetrickému listu, který je různě protáhlý. Nejširší částí povodí je často jeho střední úsek, směrem k prameništi dochází k zužování. Na tvaru povodí závisí doba soustřeďování povrchového odtoku z povodí směrem k uzavírajícímu profilu. U malých povodí závisí na umělých zásazích, mezi které patří polní cesty, příkopy a osevní postupy. Tvar povodí se určuje nejčastěji pomocí tzv. součinitele tvaru

povodí α , což je poměr mezi střední šířkou povodí a délkou údolnice (Hrádek, Kuřík, 2008):

$$\alpha = \frac{B}{L_u}$$

Hustota říční sítě

Hustota říční sítě je definována jako poměr mezi délkou říční sítě L_r a plochou povodí A

$$D_d = \frac{L_r}{A}$$

Sklon povodí I_p

je určen různými metodickými postupy, zde je uveden jeden z nich.

- **Střední sklon svahů povodí I_{sv}** se vyjádří jako poměr mezi diferencí maximální a minimální nadmořské výšky $\Delta Z = Z_{max} - Z_{min}$ povodí a druhou odmocninou plochy povodí.

$$I_{sv} = \frac{Z_{max} - Z_{min}}{\sqrt{A}}$$

Střední šířka povodí

Je definována jako poměr mezi plochou povodí A a délkou údolnice L_u .

(Máca, 2014)

$$B = \frac{A}{L_u}$$

Určení srážkové výšky na povodí

Srážková výška je definována jako tloušťka vrstvy vody, která je ze spadlých srážek na území povodí. Srážková výška se dá určit několika způsoby (Kemel, 1996).

Nejjednodušší způsob určení srážkové výšky je pomocí aritmetického průměru srážek ze všech stanic na povodí. Tato metoda se dá aplikovat pouze v rovinném terénu. V případě že určujeme srážkovou výšku na větším rovinném území, tak na se na mapu přikládá čtvercová síť. Když ve čtvercích údaje o srážkách chybí, tak se opět vypočítá aritmetický průměr. Postup se opakuje několikrát při různých polohách čtvercové sítě (Raghunath, 2006).

Častá metoda, která se používá, je metoda Thiessenových polygonů. Srážkoměrné stanice se spojují tak, aby vznikla trojúhelníková síť. (Kemel, 1996). Tato metoda je poměrně hodně rozšířená, protože je rychlá a jednoduchá, protože jsou k výpočtu potřeba pouze bodová data z oblasti povodí, na kterém se výpočet provádí. Tuto metodu vymyslel americký inženýr Thiessen (Raghunath, 2006).

Je to metoda, která dokáže řešit nerovnoměrné rozmístění srážkoměrů na povodí. Thiessenovy polygony se využívají v méně členitém terénu, proto je nelze použít v horských oblastech. (Serrano, 1997).

4.9 Charakteristika Jihomoravského kraje

Jádro jižní Moravy se rozkládá v krajině úvalů kolem řek Moravy a Dyje, v oblasti, která patří k nejteplejším a nejúrodnějším v České republice. Rostlinná výroba je závislá na průběhu počasí a v dlouhodobém režimu i na podnebí. Typickou vlastností podnebí na jižní Moravě je jeho proměnlivost a stupňovitost. Zvyšování teploty vzduchu a růst záporné vláhové bilance, neboli zvyšování sucha se jeví jako hlavní problém nejen pro zemědělství, ale vůbec hospodaření v krajině jižní Moravy.

4.9.1 Geologické podloží Jihomoravského kraje

V Jihomoravském kraji se z regionálního hlediska stýkají dva velké celky s odlišnou geologickou minulostí. Západní území kraje náleží části Českého masivu, východní část patří vnější okrajové části Západních Karpat. Hranice mezi nimi protíná linii s městy Znojmo-Brno-Vyškov. Český masiv je pozůstatkem rozsáhlého hercynského horstva, jehož vrásnění probíhalo v čase před 380-300 miliony lety, tedy v prvohorách, a to v období od středního devonu do svrchního karbonu. Souvislá pásma hercynského horstva byla již od svého vzniku rozrušována zlomy a zároveň byla dlouhodobě erodována. Pozůstatkem tohoto horstva je na území ČR Český masiv, který se skládá z hornin paleozoického a prekambriického stáří, které lze jako celky regionalizovat do pěti hlavních oblastí, z nichž oblast modanubická a oblast moravskoslezská se nachází na území Jihomoravského kraje.

Oblast moldanubická (moldanubikum) se nachází v jižní části Českého masivu. V rámci Jihomoravského kraje odpovídá jeho západní části. Zde se oblast skládá převážně z metamorfovaných hornin prekambriického a paleozoického stáří (např. hadce a peridotity), mezi které pronikla intruzivní tělesa hlubinně vyvřelých granitoidních hornin, jež se označují jako plutonity. Ty se nachází převážně v oblasti třebíčského plutonu.

K moldanubické oblasti přiléhá v centrální části Jihomoravského kraje oblast moravskoslezská, a k ní patříci brunovistulikum. Geologicky významné horniny jsou brunovistulika. Jedná se hlavně o hlubinné vyvřeliny - granity až diority. Horniny brunovistulika tvoří svrchnoproterozoický podklad mladších uloženin moravského devonu, karbonu a z části i moldanubika. Pokračující pak i pod jednotky Vnějších Západních Karpat. Moravikum tady v podobě krystalických celků lemuje východní okraj moldanubika. Tato přiléhající část se skládá z fylitů, rul, svorů, mramorů kvarcitů.

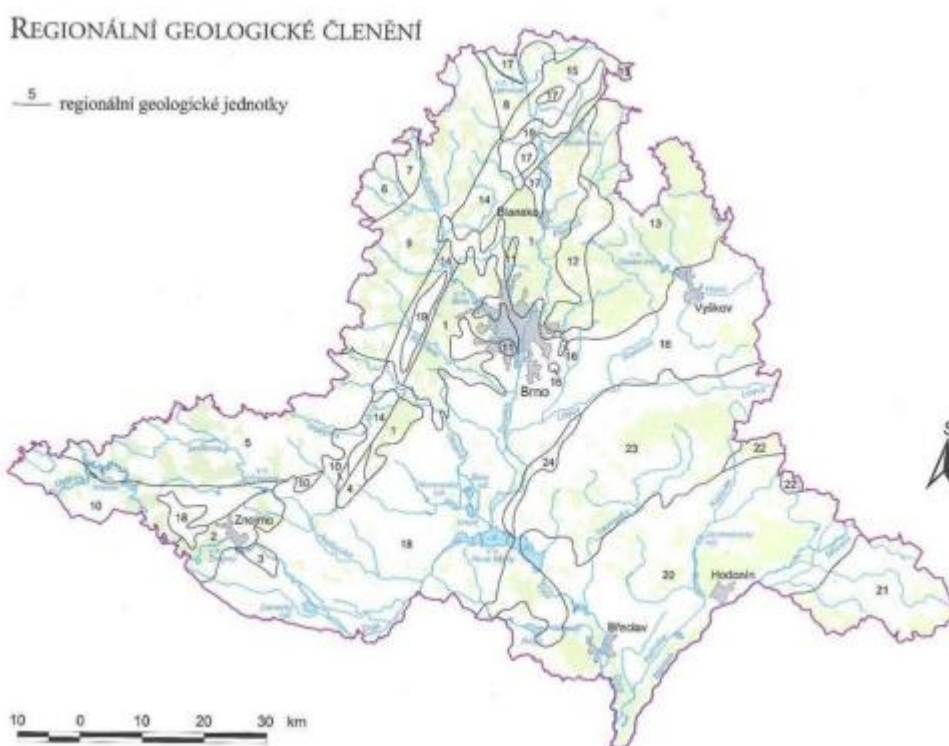
V jihozápadní části Jihomoravského kraje se nachází Dyjský masiv, který se skládá z ťul, granodioritů až dioritů. V severní části Jihomoravského kraje se vyskytují slepence, arkózové pískovce s významnými polohami vápenců a také břidlic. Jedná se o horniny devonu Moravského krasu, které postupně přecházejí do drob a břidlic moravského kulmu. Při severní hranici do JMK dosahuje ústecká synklinála jihovýchodního výběžku české křídové pánve, zastoupená sedimentárními horninami slínovců, pískovců a spongilitových pískovců.

V karbonu a permu se utvořily v oblastech Českého masivu sladkovodní sedimenty, které se ukládaly v jezerních pánvích. Na území zasahujícího převážně do Jihomoravského kraje se utvořila hluboká deprese boskovická brázda, kterou vyplňují převážně sedimenty permokarbonu, jako jsou slepence, prachovce, pískovce a jílovce s uhelnými slojemi.

Na styku dvou celků nasedá na Český masiv karpatská předhlubeň, která je vyplněna mořskými sedimenty z období miocénu a sladkovodními sedimenty z období pliocénu. Jedná se o pískovce, jílovce a prachovcové jíly. Karpatská předhlubeň má podobu podélné sníženiny, jež překrývají ve východní části Jihomoravského kraje přesunuté příkrovy flyšového pásma. Na území Jihomoravského kraje se nachází hlavně její jižní část.

Na karpatskou předhlubeň navazuje příkrovová stavba flyšového pásma Západních Karpat. Příkrovy na území Jihomoravského kraje jsou tvořeny nasunutými horninovými krami flyšových sedimentů, např. slepence, prachovce, droby, pískovce a břidlice. Ve flyšovém pásmu, které zasahuje do Jihomoravského kraje, se vyskytuje vnější skupina příkrovů, na které naléhá magurská skupina příkrovů. Vnější skupina příkrovů se skládá kromě flyšových sedimentů také ze silicitů a vápenců. V Jihomoravském kraji vnější skupinu příkrovů zastupují jednotky ždánická, pouzdřanská a zdounecká. Z magurské skupiny příkrovů do Jihomoravského kraje částečně zasahují jednotky račanská a bělokarpatská.

Do Jihomoravského kraje také patří severovýchodní část Vídeňské pánve, která je tvořena marinními a fluviálními sedimenty, především slepenci, jílovcí a písky. Jedná se o vnitrohorskou pánev, do které proniklo po sávské orogenezi moře, jenž zasahovalo také do karpatské předhlubně. Sedimenty dosahují mocnosti až několik kilometrů a v neogenní výplni vídeňské pánve se nachází ložiska přírodního plynu a nafty. Kvartérní pokryv Jihomoravského kraje reprezentují deluviální hlinitopísčité až hlinitokamenité usazeniny, místy fluviální až fluviodeluviální sedimenty, a dále spraše až sprašové hlíny, které byly navátý v pleistocénních ledových dobách. Spraše převládají v jižní a v jihovýchodní části Jihomoravského kraje. Velký význam mají také váté písky, fluviální terasy a povodňové hlíny v údolních nivách řek, zejména Moravy, jejichž šířka se pohybuje v rámci kilometrů a dosahuje hloubky až desítek metrů (Chlupáč, 2011).



Obrázek 8: Regionální geologické členění JMK, (Mackovčín, 2007)

Legenda

Regionální geologické jednotky	
1. brněnský masiv	13. spodní karbon Dražanské vrchoviny Permokarbon

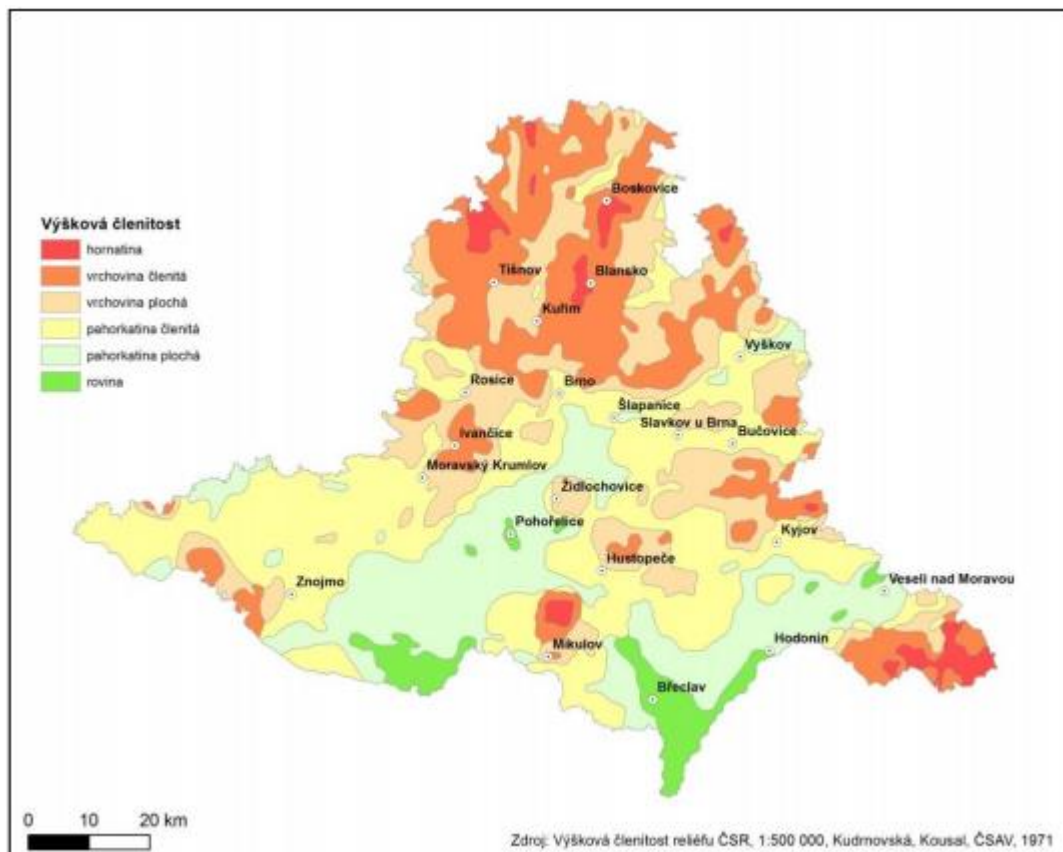
	Boskovické brázdy
2. dyjský masiv	14. rosicko-oslavanský permokarbon
3. krhovické krystalinikum	15. moravsko-třebovský permokarbon
4. krystalinikum miroslavské hrástě	16. Jura — platformní pokryv
5. moravské moldanubikum	17. Česká křídová pánev- opatovická křída a křída v Boskovické brázdě
6. české moldanubikum Moravikum	18. Neogén karpatské předhlubně
7. svratecké krystalinikum	19. Neogén v Boskovické brázdě
8. letovické krystalinikum	20. Neogén Vídeňské pánve a na příkrovových jednotkách Flyšové pásmo Západních Karpat
9. svratecká klenba	21. bělokarpatká příkrovová jednotka
10. dyjská klenba Moravsko- slezský devon a spodní karbon	22. račanská příkrovová jednotka
11. devon na brněnském masivu	23. ždánická příkrovová jednotka
12. devon Moravského krasu	24. pouzdřanská příkrovová jednotka

4.9.2 Relativní výšková členitost JMK

Relativní výškovou členitost daného území určíme tak, že se studovanou oblast překryjeme čtvercovou sítí 4 x 4 km s polovičním překryvem sousedních čtverců a v každém čtverci určíme rozdíl mezi nejvýše a nejniže položeným bodem, tzn. vypočte se převýšení (Čapek, Kudrnovská 1982). Reliéf povrchu Jihomoravského kraje je poměrně složitý. Demek s Mackovčinem (2014) rozlišují georeliéf ČR podle vzhledu, stáří a geneze do šesti hlavních skupin typů georeliéfu.

Morfometrické typy georeliéfu		
název	výšková členitost v m	nadmořská výška
roviny	do 30	148-200
ploché pahorkatiny	30 - 75	200 - 450
členité pahorkatiny	75 - 150	450 - 600
ploché vrchoviny	150 - 200	600 - 750
členité vrchoviny	200 - 300	750 - 900
ploché hornatiny	300 - 450	900 - 1200
členité hornatiny	450 - 600	1 200 - 1600
velehornatiny	více než 600	nad 1600

Tabulka 6: Výšková členitost reliéfu, (Demek, Mackovčín, 2014)

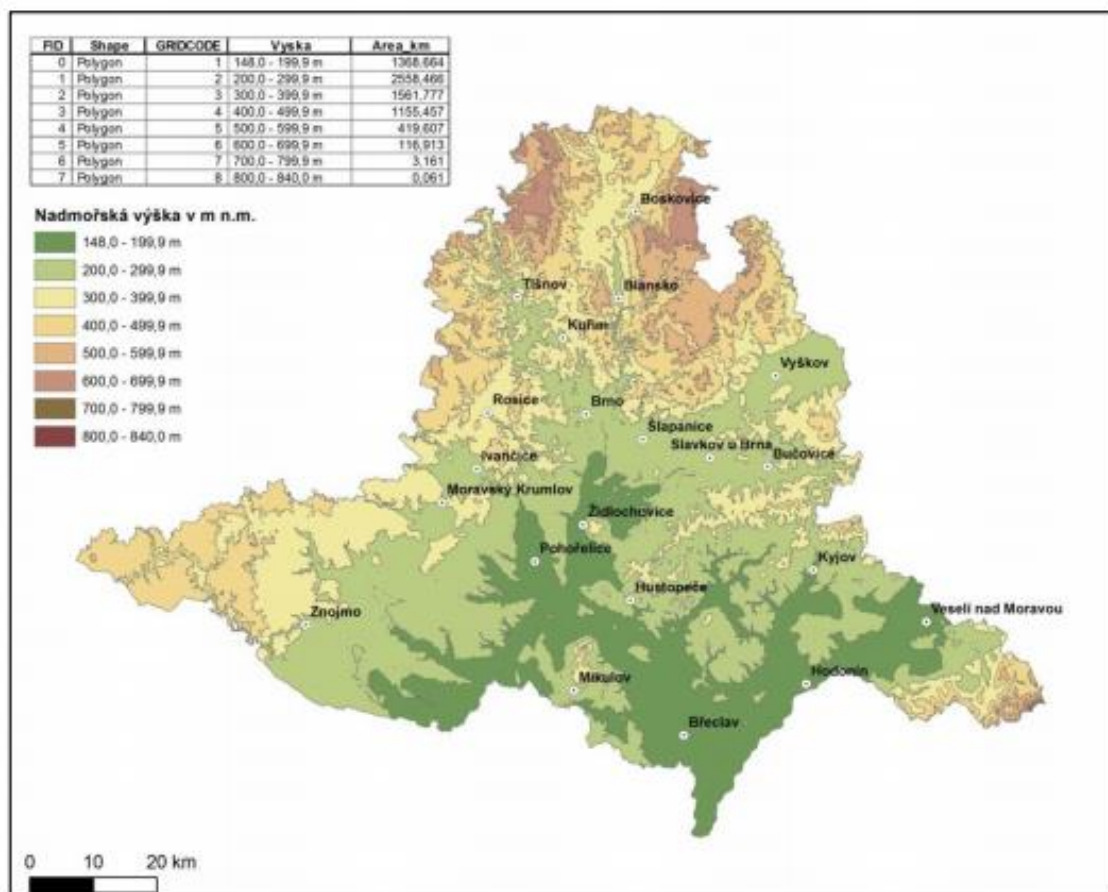


Obrázek 9: Relativní výšková členitost JMK (Kudrnovská, Kousal, 1971)

Na mapě jde vidět, že reliéf JMK je z hlediska relativní výškové členitosti mnohotvárný a je v něm zastoupena většina kategorií výškové členitosti. Největší převýšení je dosaženo v okrajovém pohoří Bílých Karpat a nejmenší převýšení najdeme v moravských úvalech.

4.9.3 Rozložení nadmořských výšek JMK

Území Jihomoravského kraje má převýšení 692 m, protože nejvýše položená část reliéfu dosahuje 840 m n. m. a nejnižše položený přirozený bod (místo, kde řeka Morava na soutoku s Dyjí opouští Českou republiku) má 148 m. n. m. Lze konstatovat, že JMK se nachází v podhůří dvou větších soustav, České vysočiny a Západních Karpat. Na severozápadě území Českomoravská vrchovina dosahuje 702 m.n.m. Boskovická brázda (353 m.n.m) odděluje Českomoravskou vysočinu od Dražanské vrchoviny (735 m.n.m.), jež leží těsně za hranicí Jihomoravského kraje. Směrem k jihu výška reliéfu klesá. Centrální část kraje, kde se stýká Vyškovská brána s vrchní částí Dyjsko-svrateckého úvalu dosahuje nadmořské výšky 230 m.n.m. Z této části vystupují Bobravská vrchovina a Dražanská vrchovina, které obě vytváří hřeben s nadmořskými výškami asi 400-450 m. Směrem k jihu se pozvolně snižují moravské úvaly, jichž spodní část klesá na výšku kolem 150 – 170 m. Zde vyniká vyvýšenina Mikulovské vrchoviny - Pálava, která výrazně ční nad okolní. Na Východ od Dolnomoravského úvalu zasahují na území Jihomoravského kraje Moravskoslovenské Karpaty, představované Bílými Karpaty a Vizovickou vrchovinou, v Bílých Karpatech se na malé vzdálenosti reliéf rychle zvedá až do výšky kolem 800 m.n.m.



Obrázek 10:Nadmořská výška Jihomoravského kraje, (ArcČR 500, 2018)

4.10 Krajina Jihomoravského kraje

V roce 2014 činila celková porostní plocha lesů v Jihomoravském kraji, který má rozlohu 196 848 ha, 27,4 % z jeho celkové plochy. Jihomoravský kraj je třetí s nejnižší lesnatostí v České republice. Rozložení krajinného pokryvu můžeme vidět v příloze 3. Hospodářské lesy zaujímaly 63,5 %, lesy zvláštního určení 2,3 % a ochranné lesy 34,2 % z celkové porostní plochy. V Jihomoravském kraji by měly být přirozeně zastoupeny listnaté dřeviny s 65,0%. Přesto, že reálně byl jejich podíl 52,0 %, v porovnání s ostatními kraji je to nadprůměr. Nejvíce zastoupenou skupinou jehličnanů tvoří smrky - 25,6 % celkového lesního porostu a nejvíce zastoupenými listnáči jsou duby - 21,2 %.

Přírodní podmínky Jihomoravského kraje jsou vhodné pro rozvoj vinařství, přičemž na území kraje se nachází 17800 ha vinic, což je 91,0 % vinic z celého území České republiky. Ve struktuře zemědělské půdy významně převládá orná půda (viz mapa č), která pokrývá 48,9 % území kraje. V kraji leží počtem obyvatel druhá největší městská aglomerace v ČR (brněnská) a z tohoto důvodu má kraj významnější zastoupení zastavěných, které tvoří 10,7 % území kraje. Pro vývoj využití území v kraji za období 2005 – 2014 se zaznamenal pokles výměry orné půdy o 7300 ha. V rámci zemědělské půdy výrazně v tomto období stoupala plocha vinic, kterých přibýlo 929 ha, tedy 5,5 %, naopak klesla plocha ovocných sadů o 586 ha, což je 6,3 %. V období 2005–2014 se v kraji rozšířila výměra zastavěných ploch, hlavně v důsledku rozvoje brněnské aglomerace a výstavby dopravní infrastruktury. Zastavěné plochy se v tomto období rozšířily o 205 ha a ostatní plochy o 4800 ha. Jedná se tedy o největší dynamiku nárůstu ostatních ploch ze všech krajů České republiky. (MŽP, 2014)

4.10.1 Landcover

Landcover udává v určitém období aktuální využití vegetace a krajiny. Je zejména kombinací tří dílčích atributů krajiny (struktura krajiny, vegetační pokryv, landuse).

Struktura krajiny

Krajina se dělí na jednotlivé stavební části z důsledků nestejnorodostí jednotlivých krajinných atributů. Dále struktura krajiny patří mezi jeden z nejvýznamnějších faktorů ovlivňující biodiverzitu.

Land use

Land use se skládá z biofyzikální a socioekologické složky. Obsahuje jak formu analýzy aktuálního nebo historického stavu, tak hodnocení krajiny z pohledu vhodnosti pro jednotlivé využití. Na určitou lokalitu jsou specifické požadavky forem land use. Tyto požadavky jsou dány krajinnými vlastnostmi. Po srovnání požadavků s land use typem můžeme poté poskytnout informace o vhodnosti dané formy využití krajiny (Sklenička, 2013).

4.10.2 Územní a druhová ochrana přírody

Na území Jihomoravského kraje se nachází, čtyři velkoplošná zvláště chráněná území, kterými jsou NP Podyjí, CHKO Bílé Karpaty, CHKO Moravský kras a CHKO Pálava. Dále je zde evidováno 343 maloplošných chráněných území o celkové rozloze 10 322 ha. Mezi něž patří 15 národních přírodních památek (NPP), 19 národních přírodních rezervací (NPR), 212 přírodních památek (PP) a 97 přírodních rezervací (PR). V roce 2014 probíhal program na záchranu ohrožených živočišných druhů, vyskytujících se na území kraje. Mezi těmito živočichy byli např. sysel obecný, užovka stromová, bobr evropský a vydra říční.

V rámci soustavy Natura 2000 bylo v Jihomoravském kraji v roce 2014 evidováno 8 ptačích oblastí. Celkově zaujímaly plochu 41 007 ha, což je 5,7 % z celkové rozlohy kraje. Jedná se o Lednické rybníky; Pálavu; střední nádrž Vodního díla Nové Mlýny, Podyjí; Bzeneckou Doubravu – Strážnické Pomoraví; Hovoransko – Čejkovicko; Soutok – Tvrdonicko; Jaroslavické rybníky. V kraji se rovněž nachází 196 evropsky významných lokalit, které na území kraje zaujímaly plochu 64 517 ha, tj. 9,0 % z jeho celkové rozlohy. Jelikož se ptačí oblasti a evropsky významné lokality mohou částečně překrývat, byl celkový podíl soustavy Natura 2000 na rozloze Jihomoravského kraje 11,7 % (84 481 ha). V roce 2014 probíhala v kraji realizace projektu na podporu a rozvoj soustavy Natura 2000.

4.10.3 Vybrané lokality jihomoravského kraje

CHKO Pálava

Čtyři nejbližší stanice, které ve tvaru přibližného čtverce obklopují území CHKO Pálava, se nalézají v Brodu nad Dyjí Pohořelicích, Kobylí a v Lednici tedy poměrně blízko CHKO Pálava.

V prostoru CHKO jsou umístěny dvě manuální srážkoměrné stanice, a to v Mikulově a v Dolních Věstonicích. Úhrny srážek a sněhových charakteristik jsou na nich měřeny v 7 hodin středoevropského času, meteorologická data jsou zaznamenávána v průběhu celého dne.

Tabulka 7 shrnuje klimatické podoblasti v území CHKO Pálava.

klimatická charakteristika		teplá oblast	
		T2 oranžová	T4 červená
LetD	počet letních dnů	50 - 60	60 - 70
HVO	počet dnů s ϕ teplotou 10°C a více	160 - 170	170 - 180
MD	počet mrazových dnů	100 - 110	100 - 110
LD	počet ledových dnů	30 - 40	30 - 40
t I	průměrná teplota [°C] v lednu	-2 až -3	-2 až -3
t VII	průměrná teplota [°C] v červenci	18 - 19	19 - 20
t IV	průměrná teplota [°C] v dubnu	8 - 9	9 - 10
t X	průměrná teplota [°C] v říjnu	7 - 9	9 - 10
s >1 mm	ϕ počet dnů se srážkami 1 mm a více	90 - 100	80 - 90
s VO	srážkový úhrn ve vegetačním období	350 - 400	300 - 350
s VZ	srážkový úhrn v zimním období	200 - 300	200 - 300
sp	počet dnů se sněhovou pokrývkou	40 - 50	40 - 50
o > 0,8	počet zamračených dnů	120 - 140	110 - 120
o < 0,2	počet jasných dnů	40 - 50	50 - 60

Tabulka 7: Charakteristiky klimatických podoblastí v zájmovém území CHKO Pálava podle Quinta (1971)

V oblasti CHKO Pálava je to Ústav ekologie lesa Lesnické a dřevařské fakulty Mendelovy univerzity v Brně, který zde vybudoval i s přispěním správy CHKO Pálava a BR Pálava 4 automatické meteorologické stanice v lokalitách NPR Křivé jezero (1992), Perná (2000), Pavlov (2000) a na vrcholu Děvína (2004), v těsné blízkosti TV vysílače. Zejména automatická stanice na Děvíně (550 m.n.m) umožňuje sledovat klimatické poměry na vrcholu masivu a srovnávat je s hodnotami níže umístěných stanic Perná a Pavlov, které jsou situovány na opačných úbočích masivu Děvín. Hydrometeorologická stanice v NPR Křivé jezero se nachází ve slepém ramenu řeky Dyje, jejíž hladina má v těchto místech nadmořskou výšku 163 m.n.m.

Hodnoty klimatických dat poskytující stanice Mikulov 270 m.n.m a Děvín (n. v.550m) byly použity při tvorbě Atlasu CHKO Pálava (Miklín, 2008) v části ‚Podnebí‘.

S odkazem na tento zdroj je možno uvést i následující makroklimatickou charakteristiku.

Oblast CHKO Pálava patří k nejteplejším a zároveň nejsušším oblastem České republiky. Makroklimatické charakteristiky pocházejí z měření stanice Mikulov. Průměrná roční teplota je 9,6 °C, přičemž nejteplejším měsícem je červenec (19,3 °C) a nejchladnějším leden (-1,7 °C). Dní s průměrnou teplotou pod bodem mrazu tady bývá méně než 50, jejich období začíná 2. ledna a končí 20. února. Vegetační období s průměrnou denní teplotou nad 10 °C trvá kolem 170 dní (konec dubna až začátek října). Častým jevem jsou tropické dny (teplota dosáhne 30 °C a víc), kterých zde bývá více než 20 a v extrémně teplých rocích až dvojnásobek. Srážkové dny jsou ovlivněny polohou CHKO ve srážkovém stínu Českomoravské vrchoviny. Průměrně zde ročně spadne 524 mm, přičemž je typická velká variabilita jak v průběhu roku, tak i v delších časových obdobích. Celkové roční úhrny se pohybují od 330 mm až po 700 mm. Poměrně výraznou bariéru v jinak rovinné krajině tvoří samotné Pavlovské vrchy. V Dolních Věstonicích zjištěny v letech 1971 až 1975 průměrné srážky 516 mm a v nedalekých Bulharech na okraji CHKO Pálava to bylo pouze 430 mm. Na sněhové srážky připadá podíl pod 20 procent a sněhová pokrývka se zde drží maximálně 40 dní. Výpar tvoří až 90 procent ročního úhrnu srážek.



Obrázek 11: Dominanta CHKO Pálava, severní pohled od Věstonické (prostřední) vodní nádrže (vlastní foto)

Podzemní vody CHKO Pálava

Podzemní vody jsou v celém území CHKO Pálavy až na výjimky velmi málo vydatné. Výskyt podzemních vod v této oblasti je podmíněn její geologickou stavbou a petrografickými vlastnostmi hornin. Z hydrologického hlediska jsou nejvýznamnější neogénní sedimenty, paleogénní horniny a vápencová bradla jurského stáří.

Z hlediska akumulace podzemních vod patří mezi nejvýznamnější, štěrkopísčité sedimenty údolních niv řeky Dyje a přilehlých nízkých teras. Tato štěrkopísčítá souvrství dosahují mocnosti zpravidla 4–6 m, jsou trvale zvodnělá se souvislou hladinou a nacházejí se hlavně v severní části CHKO v údolní nivě řeky Dyje. Ostatní podzemní vody na území CHKO Pálava nemají zdaleka takový význam. Pro zásobování některých obcí (Horní Věstonice, Perná, Pavlov, Klentnice, Bavory) vodou jsou využívány podzemní vody ve svahových sutích úpatí vápencových ker Pavlovských vrchů. Tyto vody se vyznačují kolísavou vydatností, obsahem síranů a vysokou tvrdostí.

Za zmínku stojí podzemní krasové jezero, s kolísavou hladinou v jeskyni Turoid u Mikulova, které se nachází se v nejspodnější části jeskyně, a jeho hloubka silně kolísá, v průměru byla méně než 1 m. V posledních letech došlo k částečnému vyschnutí jezera. V letech 2003 a 2004 byl stav vody podstatně vyšší, ale příčinné souvislosti kolísání jsou nejasné.

CHKO Bílé Karpaty

Území CHKO Bílé Karpaty spadají do Úmoří Černého moře, přičemž jeho největší část patří do povodí řeky Moravy, a to jejích levostranných přítoků Olšavy, Radějovky, Veličky, Svodnice a Okluky. Střední část Bílých karpát náleží k horním povodím Veličky o ploše 66,2 km². Z jihozápadní části odvádí vodu levostranná přítok Moravy Radějovka. Část CHKO Bílých Karpát při hranicích se Slovenskou republikou odvodňuje řeka Vlára se svými přítoky do Váhu (AOPK ČR, 2013).

CHKO Bílé Karpaty je tvořena zejména horninami flyšového pásma Západních Karpát, kde se střídají nepropustné jílovce s pískovci a slepenci. Pro toto území jsou příznačné nepříznivé hydrologické podmínky a velmi omezený výskyt podzemních vod. Ty jsou vázány pouze v mocnějších polohách pískovců. (Mackovčín, Jatiová a kol., 2002)

Na území CHKO Bílé Karpaty se na řadě míst objevují minerální prameny, které vznikly v souvislosti s vulkanickou činností ve třetihorách. (AOPK ČR, 2013).

Pro toto území je rozpětí měření srážkoměrných stanic od 170 m n.m. do 952 m n.m. (V. Javořina). Srážkové úhrny v CHKO Bílé Karpaty se pohybují od 550 mm (Strážnice) do 900 mm (Javořina) ročně.

Svým charakterem mohou Bílé Karpaty sloužit jako modelové území pro koexistenci zájmů ochrany přírody s hospodářskými aktivitami respektujícími ekologickou únosnost území i přírodní podmínky. Rozsáhlá historická odlesnění měla velmi často charakter krajinářských úprav citlivě využívajících zdejších

přírodních podmínek. Výsledkem jsou tisíce hektarů květnatých luk s roztroušenými dřevinami, představující typický krajinný ráz Bílých Karpat. Z přírodovědného hlediska jsou tyto květnaté karpatské louky významné především bohatostí rostlinných společenstev s vysokým zastoupením kriticky ohrožených druhů rostlin. Díky tomu patří k nejcennějším lučním biotopům Evropy a jsou také studijní plochou světového významu. Dalším cenným prvkem jsou rozsáhlé lesní komplexy v centrální a severní části pohoří z celou řadou typických prvků karpatské květeny i fauny.

Mezi nejvýznamnější NPR a PR patří následující. NPR **Čertoryje** - nejrozsáhlejší komplex typických květnatých bělokarpatských luk s vysokou krajinářskou hodnotou a výskytem četných chráněných a ohrožených rostlin a živočichů. Je to jedno z nejcennějších území CHKO Bílé Karpaty. NPR Javořina - pralesovitý porost na vápnitěm flyši severního svahu a společenstvo horské louky na vrcholu a severním svahu Velké Javořiny s nadmořskou výškou 970 m n. m

PR Kútky

Přírodní rezervace Kútky představuje luční enklávu s rozptýlenou zelení, prameniště, meandry potoka a malými rybníčky v lesním komplexu jihozápadní části Bílých Karpat. Nachází se na jižním svahu kóty Veselka (495 m n. m.), v horní části údolí potoka Mandát (Měsíční údolí), v nadmořské výšce 340 až 460 m, asi 5 km jihovýchodně od obce Radějov.



Obrázek 12: Severní pohled na CHKO Kútky (vlastní foto)

4.11 Srážky v Jihomoravském Kraji

4.11.1 Počátky měření srážek na Moravě

Počátky meteorologického pozorování na Moravě sahají do 18. Století, kdy brněnská srážková řada začíná v roce 1803. V sedmdesátých a osmdesátých letech 19. Století dochází k budování sítě srážkoměrech stanic. Docházelo k přerušování měření, přemístování stanic, jejich rušení a zakládání. (Brázdil, 1985)

Výsledky těchto prvních měření zhodnocovalo několik autorů. Rozložení srážek na Moravě vydal v roce 1897 J. Wimmer (Wimmer, 1897) ve *Vlastivědě Moravské*, kde použil krátké srážkové řady, a to se podle F.Říkovského (ŘÍKOVSKÝ, F. 1926) odrazilo na přesnosti.

S delšími časovými řadami pak pracoval H.Schindler (Schindler, 1918), který použil dvacetileté řady srážek, ale v jeho klimatografii nebyly srážky hodnoceny nijak zešíroka.

Až Teprve (Říkovský, 1926) měl k dispozici dostatečně dlouhé dvacetipětileté řady. Jeho práce obsáhle popisovala výskyt srážek na Moravě a ve Slezsku z hlediska prostorového a časového rozložení srážek v roce. Ze zpracovaných dat sestavil mapy, na kterých poukázal na srážkové stíny a na zesilování srážek na strmých svazích Karpat.

Práci Říkovského lze považovat za první přesnější dílo, ve kterém je zájmovou oblastí Morava.

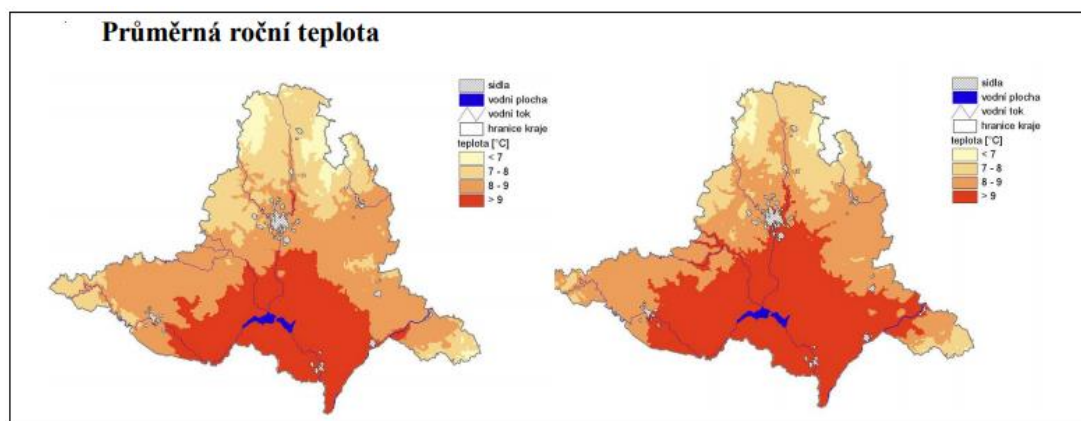
4.11.2 Klimatické charakteristiky jižní Moravy

Kohut, (2008) provedl časovou analýzu vývoje vláhových podmínek v České republice pro období 1961-2000 a z výsledků této analýzy bylo zjištěno, že v průběhu období docházelo ke zhoršování vláhové situace. Navíc poslední desetiletí 1991-2000 se z hlediska vláhových podmínek jeví jako nejméně příznivé. Zároveň vymezil hlavní oblasti s nedostatkem množství srážek a výrazných hodnot evapotranspirace na území ČR, kterými jsou zejména **jižní Morava**, Poohří a Polabí. Na jižní Moravě je minimální roční průměr srážek v oblasti jižně od Znojma (Drnholec 495 mm). (MŽP, 2014)

Na území Moravy se prolínají odlišné srážkové vlivy Středozemního moře a Atlantského oceánu, což se projevuje velkými srážkovými extrémy jak z hlediska denních, měsíčních a ročních úhrnů srážek. (BRÁZDIL, R. 1985, 87)

Na obrázku č. 12 lze vidět, že v Jihomoravském kraji se průměrná roční teplota stále zvedá a areál z průměrnou roční teplotou nad 9 °C se rozšiřuje, což je jeden z hlavních důvodů zhoršování stavu sucha na jižní Moravě. Na první mapě je zobrazena průměrná roční teplota vzduchu na jižní Moravě (1961-1990) a na druhé průměrná roční teplota vzduchu na jižní Moravě (1961-2008).

Vývoj klimatických charakteristik v klimatickém regionu na jižní Moravě



Obrázek 13: Průměrná roční teplota vzduchu na jižní Moravě

Zdroj: (<http://www1.cenia.cz/www/sites/default/files/2015/Jihomoravsky.pdf>)

5 Praktická část

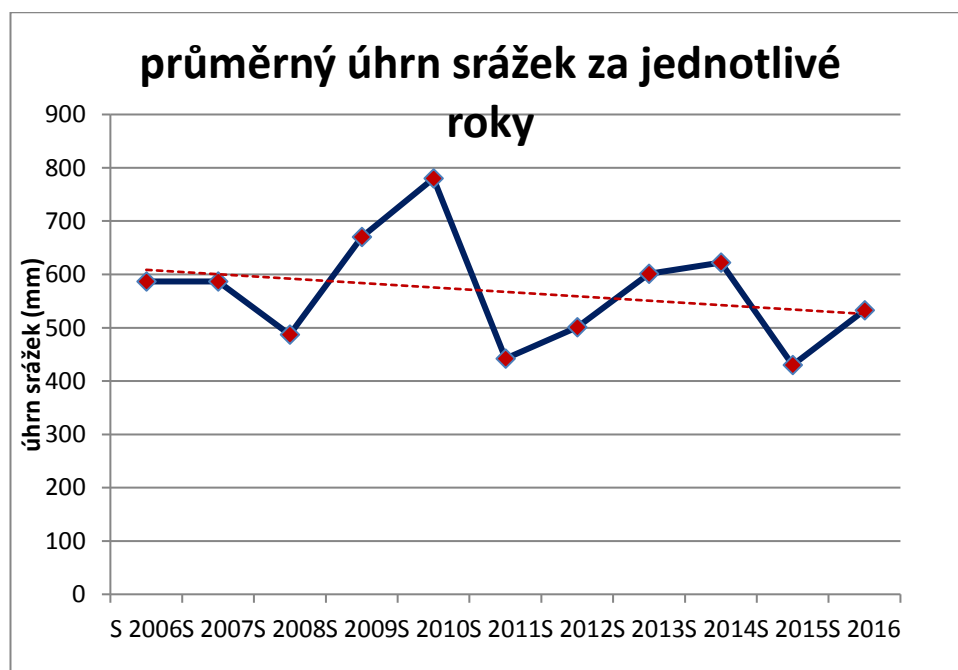
5.1 Zpracování dat

Z tabulky 7 a grafu 2 je patrné, že měsíce s největším úhrnem srážek jsou červen, červenec a srpen. Extrémy s nejmenším srážkovým úhrnem za roky 2006 - 2016 jsou: listopad 2011, kdy byl srážkový úhrn pouze 1 mm, dále pak duben za roky 2006 a 2007, kdy byl úhrn srážek 3 mm a únor 2011 se 4 mm. Naopak měsíce, kdy byl srážkový úhrn za toto období největší jsou, květen 2010, kdy spadlo 140 mm srážek, září 2014 se 136 mm, červen 2013 s 121mm a červenec 2009 s 119mm. V posledním řádku je vypočítaný průměr za jednotlivé měsíce za období 2006 - 2016.

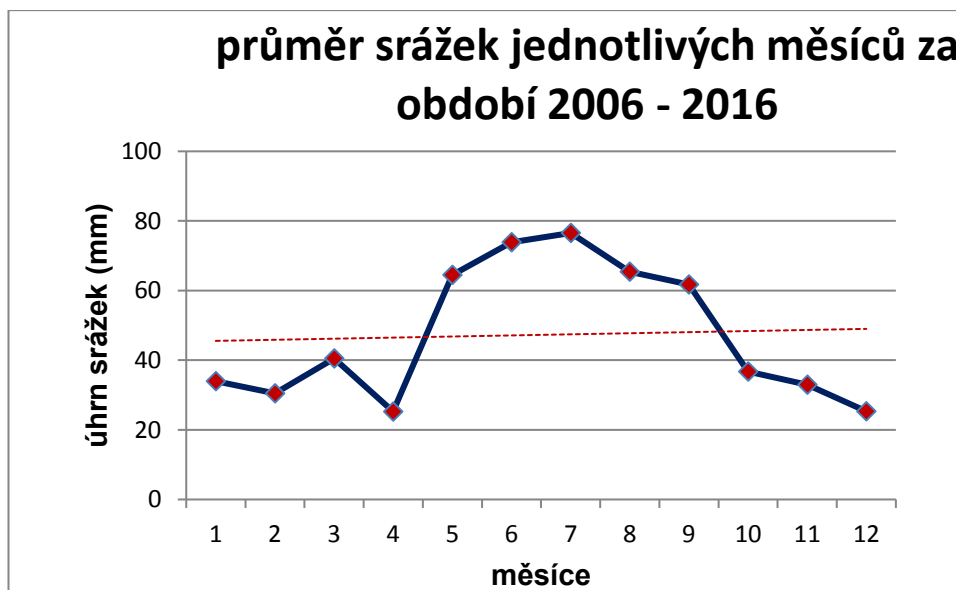
Z grafu 1 lze vidět, že rok s největším úhrnem srážek v sledovaném období byl rok 2010 a rok s nejmenším úhrnem srážek byl 2015. Spojnice trendu ukazuje, že úhrn srážek za sledované období klesal.

S=úhrn srážek [mm]	Měsíc												rok
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	
S 2006	43	32	66	3	47	78	56	51	107	37	45	22	587
S 2007	43	32	66	3	47	78	56	51	107	37	45	22	587
S 2008	20	12	42	36	57	56	75	52	53	24	31	29	487
S 2009	25	61	82	6	60	114	119	42	22	36	57	44	670
S 2010	64	26	15	61	140	94	111	107	70	14	44	34	780
S 2011	23	4	44	35	55	60	88	45	35	30	1	21	442
S 2012	39	15	5	26	33	99	82	52	38	56	19	37	501
S 2013	34	58	51	19	102	121	9	72	67	36	24	11	601
S 2014	23	15	12	27	78	29	89	113	136	39	30	31	622
S 2015	34	12	36	16	41	32	35	92	31	49	36	16	430
S 2016	26	68	26	46	49	52	122	43	13	46	31	12	533
průměr jednotlivých měsíců	34	30.5	40.5	25.3	64.5	73.9	76.5	65.5	61.7	36.7	33	25.4	567

Tabulka 8: zpracování dat srážkových úhrnů za období 2006-2016



Graf 1. Průběh průměrného srážkového úhrnu za jednotlivé roky 2006-2016



Graf 2. Průběh průměrného roku z hlediska srážkových úhrnů za období 2006 – 2016.

5.2 Odtokový součinitel

Odtokový součinitel se využívá pro výpočet redukovaných ploch odvodňovaného území. Rovnice pro výpočet odtokového koeficientu, se vyjádří jako vztah mezi odtokem a srážkami v povodí za určitý čas. Rovnice má tento tvar

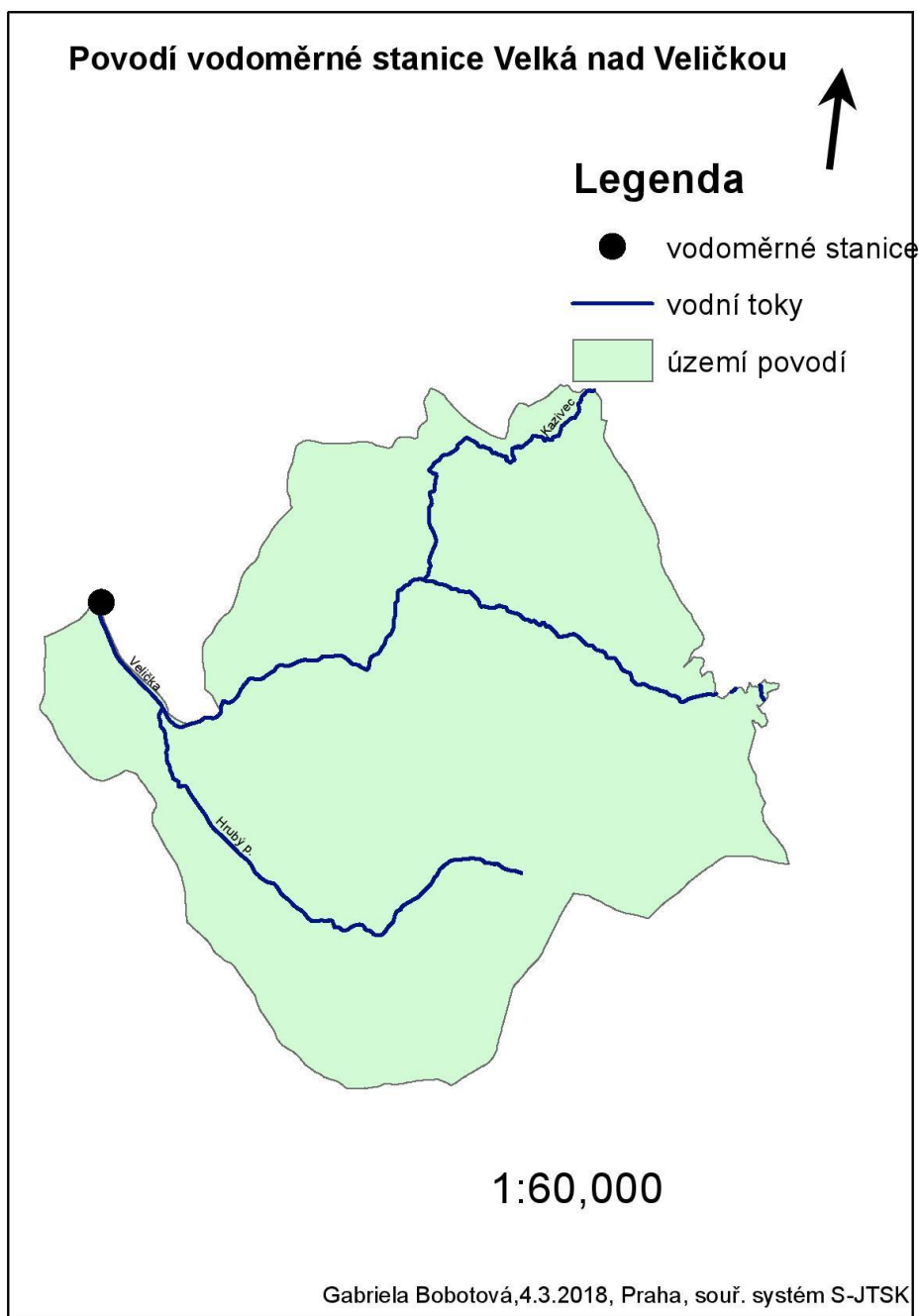
$$\phi = H_o / P,$$

kde ϕ je odtokový součinitel, H_o výška odtoku v [mm] a P srážkový úhrn v [mm]. Tento součinitel vyčísluje, kolik vody z celkového množství spadlých srážek odteče z povodí bez rozlišení geografických činitelů prostředí. (Matoušek 2010)

tabulku s vypočtenými odtokovými součiniteli nalezneme v příloze 2.

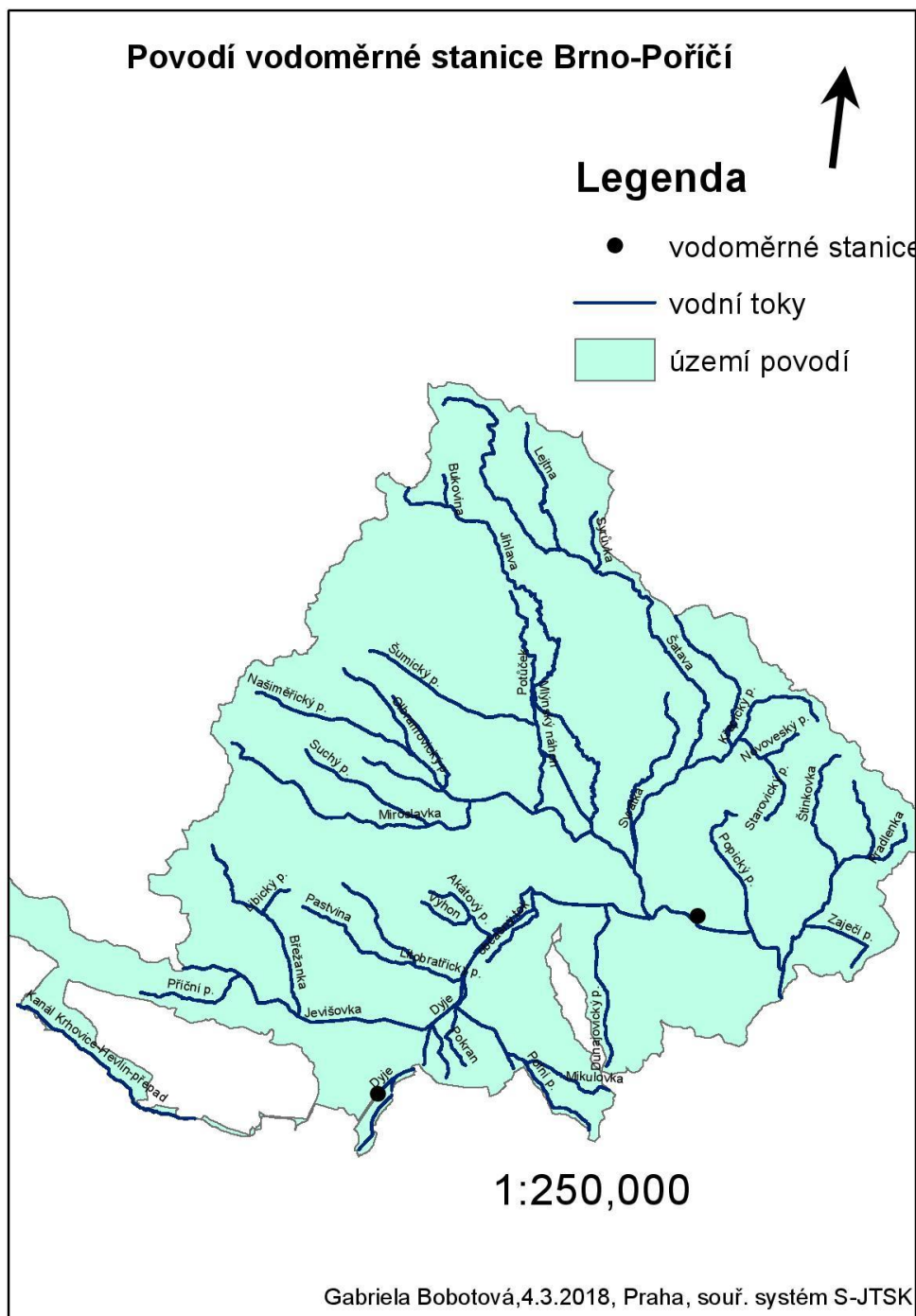
5.2.1 Vybraná povodí vodoměrných stanic

Na obrázku č. 13 je zobrazeno povodí vodoměrné stanice Velká nad Veličkou, jehož hlavním tokem je Velička a odtokový součinitel vyšel **0.590**.



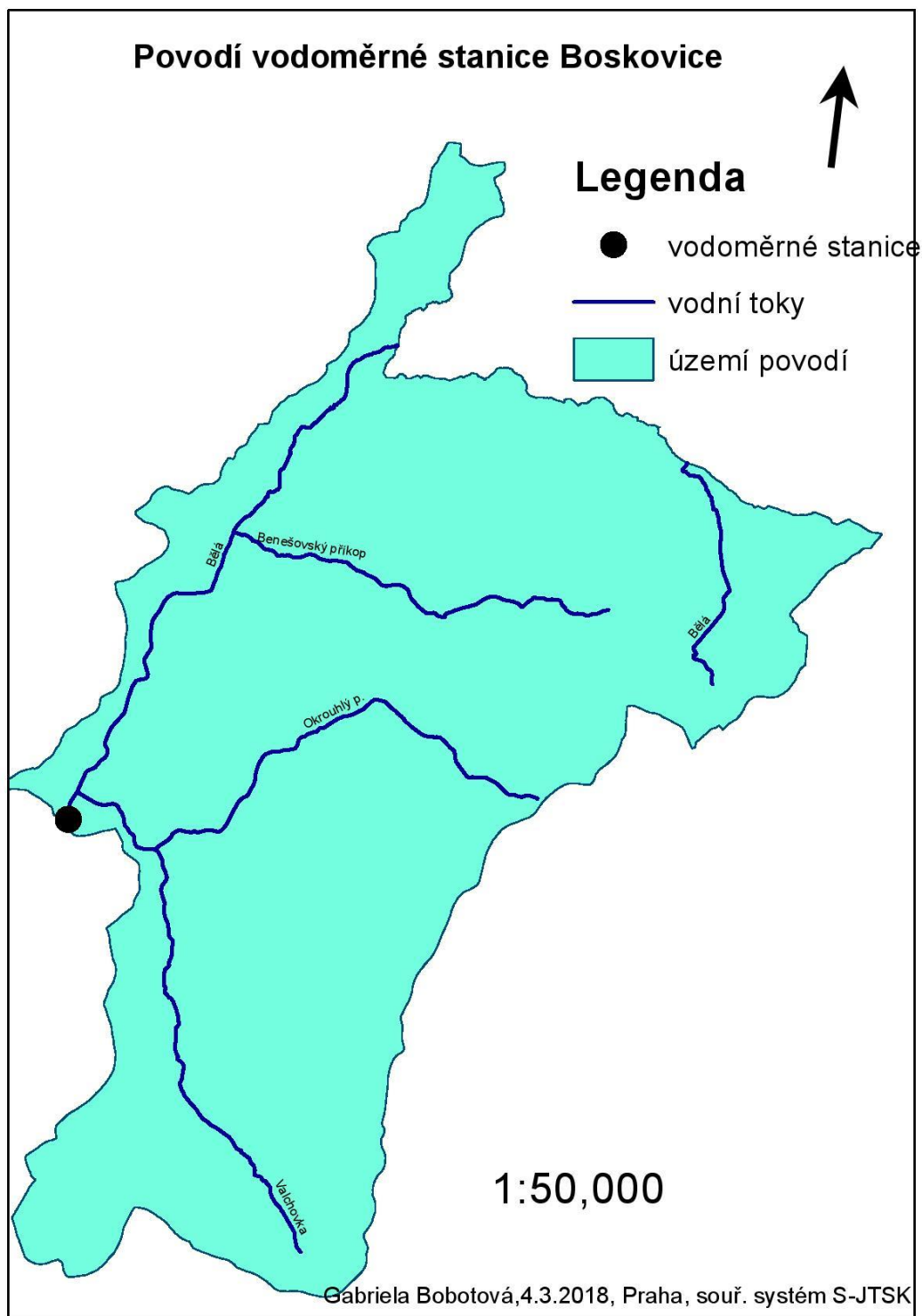
Obrázek 14: Povodí vodoměrné stanice Velká nad Veličkou

Na obrázku č.15 je zobrazeno povodí vodoměrné stanice Brno poříčí, jehož hlavním tokem je Svratka a odtoký součinitel vyšel **0.109**.



Obrázek 15: Povodí vodoměrné stanice Brno pořičí

Na obráku č. 16 je zobrazeno povodí vodoměrné stanice Boskovice, jehož hlavním tokem je Bělá a jeho odtokový součinitel vyšel **0.153**.



Obrázek 16: Povodí vodoměrné stanice Boskovice

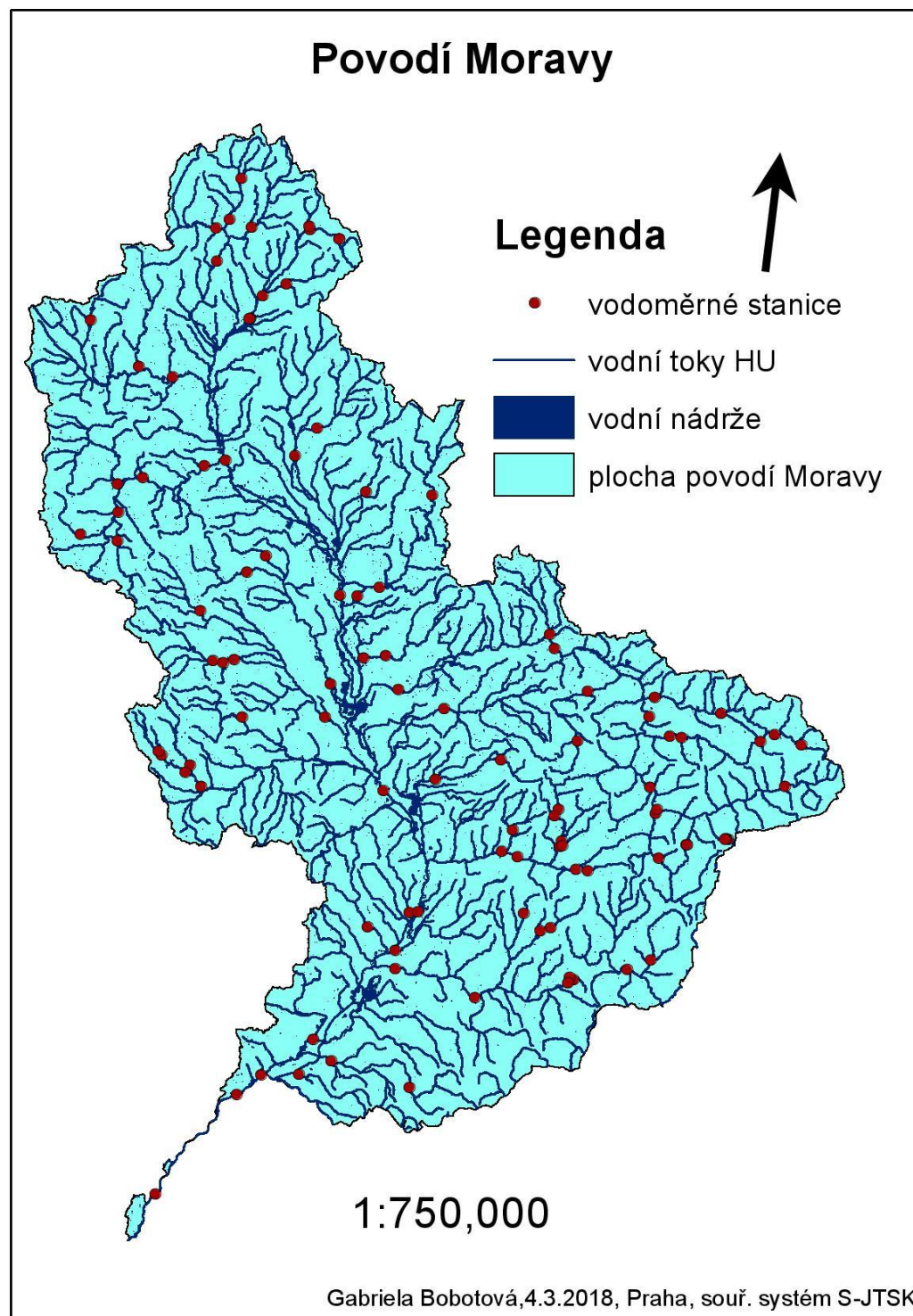
5.3 Hlavní povodí Jihomoravského kraje

5.3.1 Povodí Moravy

Oblast povodí (obrázek 17) Moravy zasahuje v České republice do pěti krajů, a to do kraje Jihomoravského, Zlínského, Olomouckého Pardubického a Moravskoslezského. Povodí Moravy má rozlohu 26 658 km² a tím je na čtvrtém místě z oblastí povodí České republiky. Povodí Moravy má protáhlý tvar ve směru sever-jih a sousedí na severovýchodě s oblastí povodí Odry podél rozvodnice Baltského a Černého moře a na západě s oblastí povodí Labe na krátkém úseku podél rozvodnice Severního a Černého moře. Na jihozápadě sousedí s povodí Dyje a na jihovýchodě s povodí Váhu na území Slovenské republiky.

Výškový reliéf a krajina povodí Moravy

Povodí Moravy má poměrně výškově členitý terén. Hornímu tok Moravy se nachází pod jižními svahy Hrubého Jeseníku. Přes 85 % plochy povodí dosahuje nadmořských výšek asi 150 až 600 m n. m. Nejvyšším bodem v oblasti povodí Moravy je vrchol Praděd v Hrubém Jeseníku (1 492 m n. m.) nacházející se na hlavním evropském rozvodí. Nejnižším bodem oblasti povodí Moravy je soutok Moravy a Dyjí (149 m n. m.). Díky velkému výškovému rozpětí je povodí Moravy z klimatologického hlediska pestré. Lesnatost povodí je asi 35,57 %, což je nad celostátním průměrem. Uspořádání lesů je poměrně nepravidelné. V Jižním a středním úseku povodí je lesnatost menší než u severní a východní části (PMO,2010).

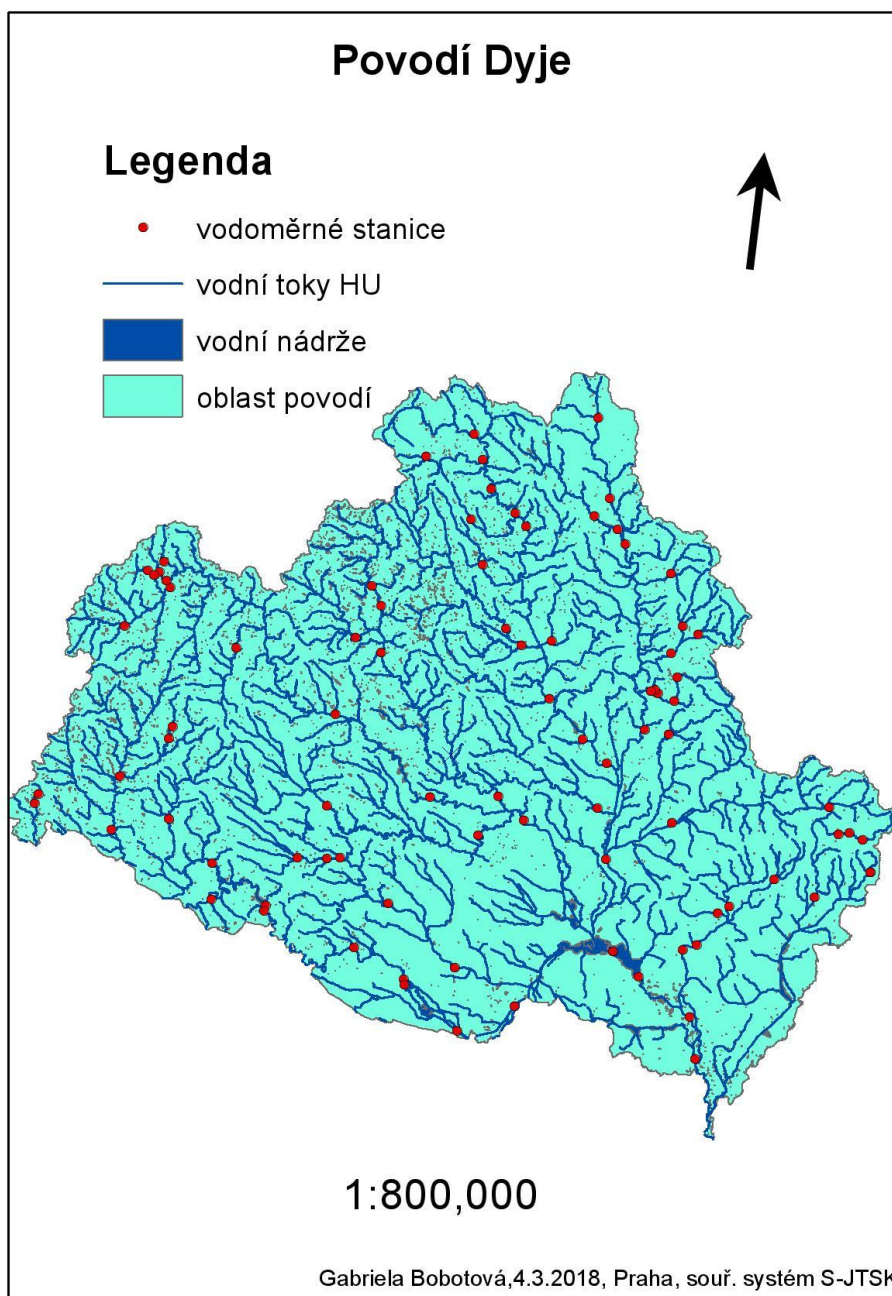


Obrázek 17: Oblast povodí Moravy

5.3.2 Povodí Dyje

Oblast povodí Dyje (obrázek 18) je dílčím povodím hydrologického povodí Moravy, jenž tvoří českou část mezinárodní oblasti povodí Dunaje. Oblast povodí má vějířovitý tvar. Sousedí na Severovýchodě a Východě s povodím Moravy, na

Severu a Severozápadě s oblastmi povodí Horního a Středního Labe, Dolní Vltavy a Horní Vltavy podél rozvodnice Severního a Černého moře. Povodí Dyje má rozlohu 13 419 km². V povodí se nachází 7226 vodních ploch. Největší z nich jsou vodní Nádrže Vodní mlýny, přičemž dolní nádrž má – 1468,28 ha horní – 655 ha a střední – 915,28 ha. (Novák, 2005)



Obrázek 18: Oblast povodí Dyje

6 Diskuze

Česká republika leží v oblasti hlavního evropského rozvodí, tudíž jsou atmosférické srážky hlavním zdrojem vody. Tento důvod by měl být podmětem k tomu, aby se začala co nejlépe využívat a zadržovat dešťová voda. Problematika hospodárného nakládání s vodou je v současné době v ČR velmi aktuální. Podle ministerstva životního prostředí je nyní v plánu 282 vodohospodářských projektů. Projekty se týkají opatření zaměřených na srážkové vody, jejich retenci, akumulaci a výpar, což vede v mnoha obcích k vybudování akumulčních nádrží a plošných vsakovacích a retenčních prvků doplněných zelení. Toto téma bude postupem času stle více a chtěla bych se jím více do budoucna zabývat, například ve své diplomové práci.

Dalším podnětem, který by se měl zvážit je vysazení více lesů na úkor orné půdy. Jednak z toho důvodu toho, že Jihomoravský kraj má třetí nejmenší lesnatost z krajů ČR (196 848 ha, 27,4 % z jeho celkové plochy), ale hlavně proto, že les zadržuje mnohem více vody než orná půda a vodu oproti ní, která vodu zanášá dusičnany, ji čistí. Pokud by se jednalo o zpeněžení hydrických funkcí lesa oproti orné půdě, tak les ušetří přibližně 9 300 Kč/ha porostní půdy při roční lhůtě a 465 000 Kč/ha porostní půdy celkově. Takže i přes to, že by se přišlo o část orné půdy a s tím spojené výnosy, tak by se to do budoucna nejen z ekonomických, ale i ekologických důvodů dle mého názoru vyplatilo.

Hlavně v dolní a střední části Jihomoravského kraje, vyjma lužních lesů v okolí soutoku Dyje a Moravy, je z vytvořené mapy landcoveru vidět, že zde je lesnatost nejmenší. Vyšší lesnatost v kraji by pomohla z části vyřešit problém s nedostatkem srážek, ubývajícími podzemními vodami a celkově se suchem v této oblasti.

7 Závěr

Teoretická část práce poskytuje přehled o významu srážek, jejich vzniku, dělení a měření srážek. Dále se pak věnuje charakteristice odtoku a povodí. Je patrné, že pojem atmosférické srážky je těžko přesně definovatelný, a tak se můžeme setkat s několika různými definicemi. Dále je pak nejednotné a nepřesné rozdělení u typů srážek. Toto rozdělení ale i definice samotných srážek, by se mělo sjednotit, a to pro potřeby legislativy a lepšímu porozumění v odborné literatuře.

Praktická část práce začíná zpracováním srážkových dat v Jihomoravském za období 2006 – 2016 a pokračuje grafickým znázorněním těchto dat. Kde se pokazuje na průběh srážek za toto období, přičemž tabulky grafu je patrné, že srážek v Jihomoravském kraji i přes občasné výkyvy (červenec 2009, květen 2010, červen 2013, září 2014) ubývá.

Je však potřeba brát v úvahu, že počasí je velmi proměnlivé a atmosférické srážky je poměrně náročné měřit.

Dále práce zpracovává odtokové součinitele všech povodí vodoměrných stanic v Jihomoravském kraji. Nejvyšší odtokové součinitele byly na povodích vodoměrných stanic: Velká nad Veličkou, kde hlavní tok je Velička; Strážnice s hlavním tokem Morava; Skryje s hlavním tokem Loučka; Lanžhot, kde je hlavní tok Morava; Boskovice s hlavním tokem Bělá a Opatovice nad nádrží s hlavním tokem Malá Haná. Nejnižší byly na povodí vodoměrných stanic: Velké Pavlovice s hlavním tokem trhanka, Trávní Dvůr s hlavním tokem Dyje a Božice, kde je hlavní tok Jevišovka.

Vzhledem k velkému poměru orné půdy a menšímu poměru lesů Jižní Moravě představuje malý úhrn srážek, velký problém, který má za důsledek stále zhoršujícího stavu sucha. S tím je spojené ubývání podzemních vod, vysychání vodních nádrží a vodních toků a také na finanční a ekologické prostředky, vynaložené ke kompenzování těchto problémů.

8 Literatura

AOPK ČR, ©2018: Správa CHKO Bílé karpaty (online) [cit.2018.04.01.], dostupné z < <http://bilekarpaty.ochranaprirody.cz/>>

Barros A., Lettenmaier D. P., 1994: Dynamic modeling of orographically induced precipitation. *Reviews of Geophysic* 32, 265-284.

Bednář J., 2003: *Meteorologie: Úvod do studia dějů v zemské atmosféře*. Portál, Praha.

Bendl V., 2012: *Frekvenční analýza krátkodobých úhrnů atmosférických srážek*. „nepublikováno“. Dep.: Technická univerzita v Liberci.

Borin M., PASSONI M., THIENE M., TAMPESTA T., 2010: Multiple function of buffer strips in farming areas. *European Journal of Agronomy* 3 (1), 103-111.

Brázdil R., Kolář M., Žaloudík J., 1985: Prostorové úhrny srážek na Moravě v období 1881–1980. *Meteorologické zprávy*, roč. 38, č. 3, 87–92.

Bruce J. P., Clark R. H., 1966: *Introduction to Hydrometeorology*, 1st Edition. Pergamon, Oxford.

Buckley B., Edward J., Hopkins J. E., Whitaker R., 2004: *Weather*. Firefly Books, 31-32, ISBN: 1-55297-957-1.

ČESKÝ HYDROMETEOROLOGICKÝ ÚSTAV (ČHMÚ), ©2018: Český hydrometeorologický ústav (online) [cit. 2018.02.26.] dostupné z <http://hydro.chmi.cz/hpps/hpps_oplist.php?srt=&fkraj=15679&kat=ACTHQ&lng=CZE>

ČESKÝ HYDROMETEOROLOGICKÝ ÚSTAV (ČHMÚ), ©2003: *Návod pro pozorovatele meteorologických stanic ČHMÚ*. Český hydrometeorologický ústav (online) [cit. 2018.01.20.] dostupné z https://is.muni.cz/el/1431/podzim2009/Z0076/9907422/CHMU_Metodicky_predpis_1_3_kompletni.pdf

ČSN 75 0110: *Vodní hospodářství – terminologie hydrologie a hydrogeologie*, Praha, 2010. 98 s.

Daňhelka J., 2007: *Hydrologie: hydrologické modely a nejistota předpovědí*. Sborník prací ČHMÚ. Praha.

Demek J., Mackovčín P., 2014: *Zeměpisný lexikon ČR, Hory a nížiny*. Mendelova univerzita v Brně, Brno.

Gumbel E. J., 1958: Statistics of extremes. New York. Echo Point Books and Media, ISBN 978-1-62654-987-6.

Goudenhoofd E., Delobbe L., 2008: Evaluation of radar-gauge merging methods for quantitative precipitation estimates Royal Meteorological Institute of Belgium. Brussels, Belgium: 195 – 203.

Grunov J., 1931: Über die Ursachen großer Trockenheit in Mitteleuropa. Julius Springer. Berlin: 31.

Hanel M., Pavlásková A., Kyselý J., 2015: Trends in characteristics of sub-daily heavy precipitation and rainfall erosivity in the Czech Republic. International Journal of Climatology. 1833-1845.

Hanel M., Vizina A., 2014: Metody vyhodnocování vodohospodářských dat. Česká zemědělská univerzita v Praze.

Herber V., Suda J., 2001: Cvičení z fyzické geografie I. Hydrologie. 3. vyd. Západočeská univerzita v Plzni, Plzeň, 93 s. ISBN 80-7082-810-2.

Hrádek F., Kuřík P., 2001: Maximální odtok z povodí. Teorie svahového odtoku a hydrologický model DesQ-MAXQ. Česká zemědělská univerzita v Praze, Praha, 44 s., ISBN 80-213-07182-X.

Hrádek F., Kuřík P., 2008: Hydrologie. Česká zemědělská universita v Praze, Fakulta životního prostředí, Praha, 280 s.

Chlupáč I., 2011: Geologická minulost České republiky. Academia, 436 s.

Jůva K., 1957: Odvodňování půdy. Státní zemědělské nakladatelství, Praha

Kohnke H., 1968: Soil Physics. New York: Mc.Graw-Hill Book Company, 224 s.

Krejčí V., 2002: Odvodnění urbanizovaných území - koncepční přístup. Vyd. 1. Brno: Noel 2000, 562 s. ISBN 80-860-2039-8.

Kemel M., 1996: Klimatologie, Meteorologie, Hydrologie, Vydavatelství ČVUT, Praha, 289 s.

KREŠL J., 2001: Hydrologie. Skriptum MZLU Brno, 128 s.

Kyselý J., 2009: Trends in heavy precipitation in the Czech Republic over 1961 - 2005. International journal of climatology, 1745-1758.

Máca P., 2014: Hydrologie pro bakaláře, Česká zemědělská univerzita v Praze, fakulta životního prostředí, Praha, 126 s.

- Matoušek V., 2010: Poznávání odtokových vlastností malých povodí za regionálních dešťů. Výzkumný ústav vodohospodářský T. G. Masaryka, Praha, 110 s. ISBN 978-80-87402-08-5
- Munzar J., Krška K., Nedelka M., Pejml K., 1989: Malý průvodce meteorologií. Mladá fronta, Praha, 247 s.
- Negusse A. Y., 2005: Hydrosphere. In: Lehr, Jay H and Keeley, Jack eds: Water encyclopedia. John Wiley & Sons, USA, P. 1-9.
- Němec J., 1956: Hydrologie. Praha, Státní zemědělské nakladatelství, 1965.
- Ministerstvo životního prostředí, 2014: Zpráva o životním prostředí v Jihomoravském kraji (online) [cit. 2017.3.28.], dostupné z <<http://www1.cenia.cz/www/sites/default/files/2015/Jihomoravsky.pdf>>
- NOAA-National Weather Service, 2007: Climate chase, Silver Spring, Maryland.
- Nosek M., 1972: Metody v klimatologii. 1. vyd., Academia, Praha, 434 s.
- Novák Z., 2005: Prameny řek: prameny, prameniště, horní toky. 1. vyd., Praha, Olympia, 121 s. str. 101
- Pačes T., 1982: Voda a Země. Praha, Academia, 176 s.
- Parmesan C., Root T. L., Willig M. R., 2000: Impacts of extreme weather and climate on terrestrial biota, Bull. Am. Meteorol. Soc. 81: 443–450.
- Pokorná D., 2008: Hydrologie a hydrogeologie. Vydavatelství VŠCHT, Praha.
- POVODÍ MORAVY (PMO), ©2010:Povodí Moravy (online) [cit. 2018.03.11.], dostupné z <<http://www.pmo.cz/pop/2009/Morava/End/a-popis/a-1.html>>
- Quitt E., 1971: Klimatické oblasti Československa. Československá akademie věd – geografický ústav, Brno.
- Raughunath H. M., 2006: Hydrology. New age international (P) limited publishers, 463 s.
- Rožnovský J., Litschmann T., 2010: Voda v krajině. Lednice, ISBN 978-80-86690-7.
- Ruda A., 2014: Klimatologie a hydrogeografie pro učitele. Masarykova univerzita, Brno.
- Ředinová J., Pavlásek J., Máca P., 2009: Hydrologie, návody ke cvičením. Česká zemědělská univerzita v Praze, Praha, 79 s.

Říkovský F., 1926: Zeměpisné rozšíření atmosférických srážek na Moravě a ve Slezsku. Moravská přírodovědecká společnost, Brno.

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

Schindler H., 1918: Klimatographie von Mähren und österreichischen Schlesien. Wien.

Skřehot P., 2004: Úvod do studia meteorologie. Meteorologická Operativní Rada, Praha.

Sobíšek B., 1993 Meteorologický slovník výkladový a terminologický. 1. vyd., Ministerstvo životního prostředí České republiky, Praha, 594 s. ISBN 80-85368-45-5.

Soukup M., Hrádek F., 1999: Optimální regulace povrchového odtoku z povodí. Ústav meliorací a ochrany půdy, Praha, 98 s.

Soukupová J., 2012: Atmosférické procesy (základy meteorologie a klimatologie). Česká zemědělská univerzita v Praze, Praha.

Strahler A., 2006: Introducing Physical Geography. John Wiley & Sons, Inc., New York.

Šilar J., 1996: Hydrologie v životním prostředí. Vysoká škola báňská, Ostrava, 136 s. ISBN 80-7078-361-3.

Štamberová M., Michalová M., Miškovský J., Prchalová H., 1998: Vodní zdroje v České republice. Ministerstvo životního prostředí ČR, Brno, 89 s.

Thomas S.G.D., Goudie A., 2010: The Dictionary of Physical Geography, Third edition. Blackwell publishing, Oxford.

Tlapák V., Šálek J., Legát V., 1992: Voda v zemědělské krajině. Zemědělské nakladatelství Brázda, Praha, 320 s. ISBN 80-209-0232-5.

Trizna M., 2007: Meteorologia, klimatologia, hydrologia pre geografov. Geografika, Bratislava.

Vysoudil M., 2006: Meteorologie a klimatologie. Vydavatelství Univerzity Palackého, Olomouc, 281 s. ISBN 80-244-1455-4.

Watson R. T., Zinyowera M. C., Moss R. H., 1997: The Regional Impacts of Climate Change: An Assessment of Vulnerability. Cambridge University Press: 150–155.

Wimmer J., 1897: Vlastivěda Moravská I. O podnebí. Brno.

Wilson J., Atwater M., 1972: Storm rainfall variability over Connecticut. Journal of Geophysical Research, 77. p. 3950-3956

9 Seznam obrázků, tabulek, grafů a příloh

Seznam obrázků:

Obrázek 1: Vznik srážek, (Vysoudil, 2006)

Obrázek 2: srážkoměr města Valtice (vlastní foto)

Obrázek 3: Závislost ročních srážkových úhrnů R (mm) na nadmořské výšce (Vysoudil, 2006)

Obrázek 4: Úhrn srážek v České republice 2017 (online) [cit. 2018.03.21.], dostupné z <http://portal.chmi.cz/historicka-data/pocasi/mapy-charakteristik-klimatu#>

Obrázek 5: Stav hladiny podzemní vody v mělkých vrtech 2018 (online) [cit. 2018.04.15.], dostupné z <http://portal.chmi.cz/aktualni-situace/hydrologicka-situace/stav-podzemnich-vod>

Obrázek 6: Schéma procesů podílející se na hydrologické bilanci v povodí (Ruda, 2014)

Obrázek 7: Schéma odtokového procesu (ČSN 75 0110: Vodní hospodářství – terminologie hydrologie a hydrogeologie, Praha, 2010. 98 s.)

Obrázek 8: Regionální geologické členění JMK, (Mackovčín, 2007)

Obrázek 9: Relativní výšková členitost JMK (Kudrnovská, Kousal, 1971)

Obrázek 10: Nadmořská výška Jihomoravského kraje, (ArcČR 500, 2018)

Obrázek 11: Dominanta CHKO Pálava, severní pohled od Věstonické (prostřední) vodní nádrže (vlastní foto)

Obrázek 12: Severní pohled na CHKO Kůtky (vlastní foto)

Obrázek 13: Průměrná roční teplota vzduchu na jižní Moravě. online) [cit. 2018.02.23.], dostupné z <http://www1.cenia.cz/www/sites/default/files/2015/Jihomoravsky.pdf>

Obrázek 14: Povodí vodoměrné stanice Velká nad Veličkou

Obrázek 15: Povodí vodoměrné stanice Brno poříčí

Obrázek 16: Povodí vodoměrné stanice Boskovice

Obrázek 17: Oblast povodí Moravy

Obrázek 18: Oblast povodí Dyje

Seznam tabulek

Tabulka 1: Dělení vertikálních srážek (Ruda, 2014)

Tabulka 2: Dělení horizontálních srážek (Ruda, 2014)

Tabulka 3: Cena hydrických funkcí lesa (Šišák et al. 2003)

Tabulka 4: Velikost infiltrace na půdě s různým typem vegetace (Šišák et al. 2003)

Tabulka 5: Vliv půdních druhů a vegetačního krytu na velikost infiltrace (Šišák et al. 2003)

Tabulka 6 Výšková členitost reliéfu, (Demek, Mackovčín, 2014)

Tabulka 7: Charakteristiky klimatických podoblastí v zájmovém území CHKO Pálava podle Quinta (1971)

Tabulka 8: zpracování dat srážkových úhrnů za období 2006-2016

Seznam grafů

Graf 1. Průběh průměrného srážkového úhrnu za jednotlivé roky 2006-2016

Graf 2. Průběh průměrného roku z hlediska srážkových úhrnů za období 2006 – 2016.

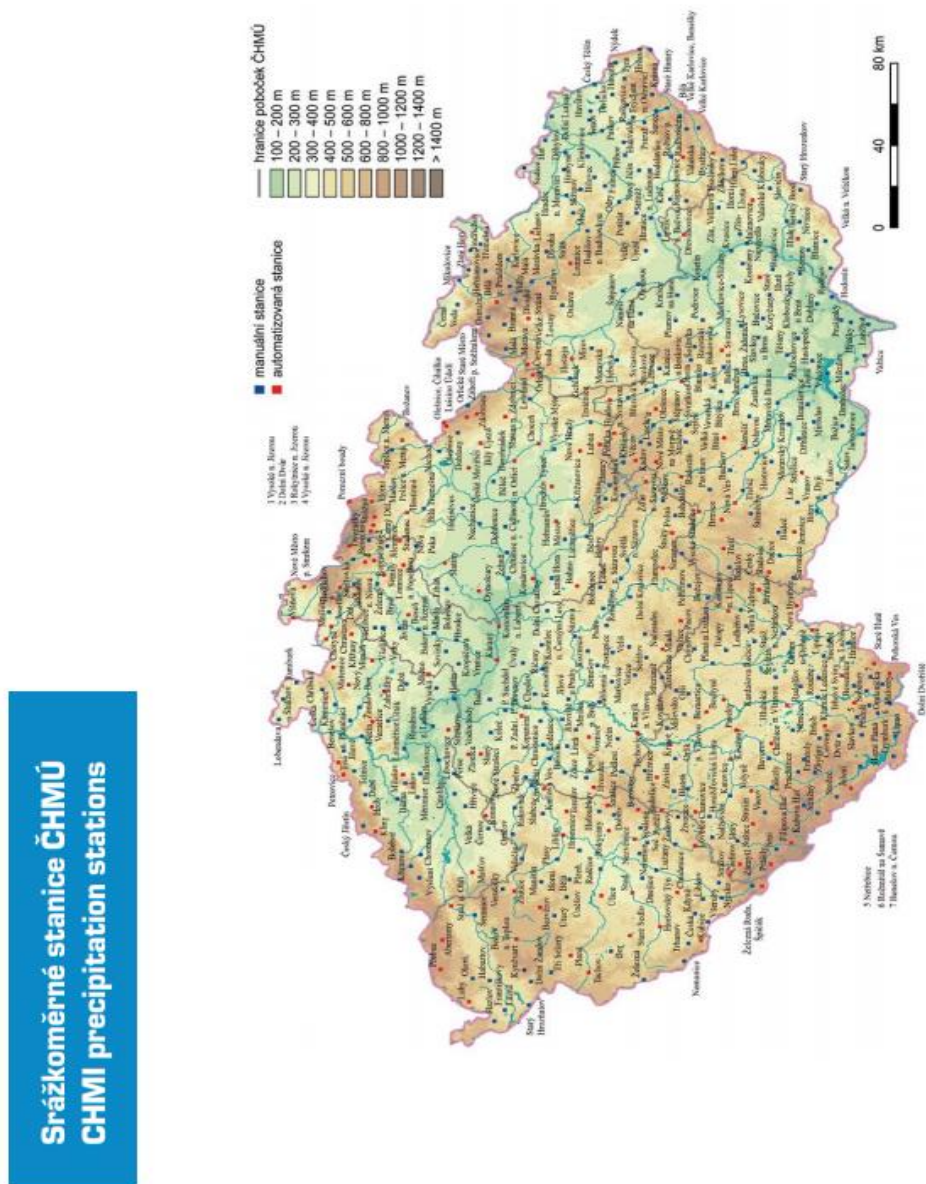
Seznam příloh

Příloha 1: Srážkoměrné stanice ČHMÚ

Příloha 2: Odtokový součinitel pro jednotlivá povodí vodoměrných stanic

Příloha 3: Land cover pro jihomoravský kraj

10 PŘÍLOHY



Srážkoměrné stanice ČHMÚ 2016, Výroční zpráva 2016 (online) [cit. 2018.02.25.], dostupné z

http://portal.chmi.cz/files/portal/docs/reditel/vyrocní_zpravy/vz2016.pdf

Příloha 2:Odtokový součinitel pro jednotlivá povodí vodoměrných stanic

TOK	Název stanice	Q (m3s-1)	Q (m3*rok)	F- plocha povodí (m2)	Ho- výška odtoku (mm)	odtokový součinitel ϕ
Malá Haná	Opatovice nad nádrží	0.216	6811776	30920000.0	0.2203	0.3884
Malá Haná	Opatovice pod nádrží	0.095	2995920	47390000.0	0.0632	0.1114
Haná	Vyškov	0.234	7379424	104680000.0	0.0705	0.1243
Morava	Strážnice	47.9	1510574400	9144880000.0	0.1652	0.2912
Velička	Velká nad Veličkou	0.698	22012128	65790000.0	0.3346	0.5898
Velička	Strážnice	0.442	13938912	172500000.0	0.0808	0.1424
Morava	Lanžhot	45.9	1447502400	9721260000.0	0.1489	0.2625
Dyje	Podhradí nad Dyjí	2.58	81362880	1755490000.0	0.0463	0.0817
Želetavka	Vysočany	0.6	18921600	368710000.0	0.0513	0.0905
Dyje	Vranov - Hamry	3.78	119206080	2229460000.0	0.0535	0.0943
Dyje	VD Znojmo	2.41	76001760	2500270000.0	0.0304	0.0536
Dyje	Trávní Dvůr	2.21	69694560	3535050000.0	0.0197	0.0348
Jevišovka	Jevišovice nad nádrží	0.126	3973536	126700000.0	0.0314	0.0553
Jevišovka	VD Jevišovice	0.082	2585952	139660000.0	0.0185	0.0326
Jevišovka	Výrovice	0.112	3532032	382050000.0	0.0092	0.0163
Jevišovka	Božice	0.158	4982688	643800000.0	0.0077	0.0136
Loučka/Bohrůvka	Skryje	1.23	38789280	222010000.0	0.1747	0.3080
Loučka/Bohrůvka	Dolní Loučky	0.972	30652992	385660000.0	0.0795	0.1401
Svratka	Veverská Bítýška	5.36	169032960	1479760000.0	0.1142	0.2014
Svratka	Brno - Poříčí	3.2	100915200	1637160000.0	0.0616	0.1087
Křetinka	VD Letovice	0.223	7032528	126590000.0	0.0556	0.0979
Svitava	Letovice	0.798	25165728	423780000.0	0.0594	0.1047
Bělá	VD Boskovice	0.154	4856544	56130000.0	0.0865	0.1525
Svitava	Bílovice nad Svitavou	2.48	78209280	1119980000.0	0.0698	0.1231
Litava	Brankovice	0.256	8073216	71980000.0	0.1122	0.1977
Litava	Rychmanov	0.411	12961296	496420000.0	0.0261	0.0460
Svratka	Židlochovice	6.91	217913760	3938120000.0	0.0553	0.0975
Oslava	Oslavany	1.8	56764800	861860000.0	0.0659	0.1161
Rokytná	Moravský Krumlov	1.16	36581760	562260000.0	0.0651	0.1147
Jihlava	Ivančice	3.72	117313920	2679980000.0	0.0438	0.0772
Trkmanka	Velké Pavlovice	0.093	2932848	304590000.0	0.0096	0.0170
Dyje	Ladná	18	567648000	12283710000.0	0.0462	0.0815
Kyjovka	Kyjov	0.263	8293968	117490000.0	0.0706	0.1244

