

**JIHOČESKÁ UNIVERZITA V ČESKÝCH
BUDĚJOVICÍCH
ZEMĚDĚLSKÁ FAKULTA**

Studijní program: N4106 Zemědělská specializace
Studijní obor: Pozemkové úpravy a převody nemovitostí
Katedra: Katedra krajinného managementu
Název tématu: Analýza faktorů ovlivňující přímý odtok z povodí
Vedoucí katedry: doc. Ing. Pavel Ondr, CSc.

DIPLOMOVÁ PRÁCE

Vedoucí diplomové práce: **Ing. Bystřický Václav, Ph. D.**

Autor: **Bc. Andrea Neubauerová**

České Budějovice, duben 2014

PROHLÁŠENÍ

Student na tomto místě prohlašuje, že se jedná pouze o jeho dílo, předepsanou formulací: Prohlašuji, že jsem svoji diplomovou vypracovala samostatně pouze s použitím pramenů a literatury uvedených v seznamu citované literatury. Prohlašuji, že v souladu s § 47b zákona č. 111/1998 Sb. v platném znění souhlasím se zveřejněním své bakalářské – diplomové práce, a to v nezkrácené podobě (v úpravě vzniklé vypuštěním vyznačených částí archivovaných Zemědělskou fakultou JU) elektronickou cestou ve veřejně přístupné části databáze STAG provozované Jihočeskou univerzitou v Českých Budějovicích na jejích internetových stránkách.

Datum

Podpis studenta

PODĚKOVÁNÍ

Nejprve bych chtěla poděkovat vedoucímu pracovníkovi mé diplomové práce Ing. Václavu Bystřickému, Ph.D. za to, že mi pomáhal při sestavování diplomové práce, za odborné vedení, cenné rady a připomínky. Díky všem těmto aspektům a úkonům mi pomohl zkvalitnit a dokončit mou diplomovou práci.

V neposlední řadě bych chtěla poděkovat své rodině, že mi umožnili nerušeně pracovat a za to, že mne v mé práci a studiu vždy podporovali.

ABSTRAKT

Diplomová práce „Analýza faktorů ovlivňujících přímý odtok z povodí“ navazuje na bakalářskou práci „Přímý odtok“ (direct runoff) – vznik, metody stanovení. Hlavním cílem bakalářské práce bylo objasnit základní pojmy problematiky a podrobně vysvětlit rozdělení jednotlivých složek přímého odtoku, který zahrnuje povrchový nasycený a hypodermický odtok.

Tato práce je zaměřena na vznik přímého odtoku v povodí. Konkrétně se jedná o subpovodí P6, P52, P53, které se nachází v povodí Kopaninského potoka. Dále se jedná o povodí Jenín I. a II., posledním analyzovaným povodím je Ostrice (SO2). Na povodích se zkoumají faktory ovlivňující přímý odtok. Nelze říci, že vznik přímého odtoku způsobuje pouze jeden faktor. Vždy se jedná o souhrn různých faktorů, mezi které se řadí hlavně atmosférické srážky, druh půdy, vegetace, klimatické či antropogenní podmínky, land use a svažitost území.

V bakalářské práci je objasněna problematika více metod separace odtoku, ale tato diplomová práce se zaměřuje hlavně na dvě metody, které slouží pro výpočet poměru přímého odtoku/celkovému odtoku. 1): Empirická metoda GROUND, která separuje hydrogramy středních denních odtoků z povodí. 2): Metoda digitálního filtru Lyne Hollick, separující celkový soustředný odtok na rychlou a pomalou složku a vychází z teorie analýzy signálu. Následně byly výsledky separace odtoku porovnány v závislosti na faktorech ovlivňující vznik přímého odtoku. Jako vstupní data pro výpočet separace odtoku byly použity denní celkové průtoky za hydrologické roky pro každé analyzované povodí.

KLÍČOVÁ SLOVA:

hydrologický cyklus, hydrologická bilance, odtok vody, povrchový odtok, podpovrchový odtok, drenážní odtok, přímý odtok, faktory ovlivňující odtok, metody separace odtoku, hydrologický rok

ABSTRACT

This diploma thesis follows my bachelor thesis. The main purpose of the bachelor thesis was to clarify fundamental terms and to explain the sorting of particular parts of a direct flow that involves both the surface saturated flow and the hypodermic flow.

This diploma thesis is focusing on the origin of direct flow in a river basin. Specifically, it deals with river sub-basin P6, P52, and P53, which are located in Kopaninský potok river basin. Furthermore, it deals with Jenín I. and II. river basins and the last analysed is Ostřice river basin (SO2). Factors influencing direct flow are researched on all river basins. It is impossible to say that the origin of direct flow is caused solely by a single factor; it is always the result of multiple factors. Among these factors belongs the atmospheric precipitation, type of soil, vegetation, climatic and anthropogenic conditions, land use, and inclination of the area.

The bachelor thesis explains the issues of multiple methods of flow separation, but this diploma thesis is primarily focused on two methods for calculation of ratio between the direct and the total flow. 1) Empirical method GROUND, which is used to separate hydrographs of medium daily river basin flow. 2) Method of digital filter by Lyne Hollick separate fast and slow components from the overall concentrated flow and are based on the theory of signal analysis.

Afterwards, the results of flow separation were compared to the factors influencing the origin of the direct flow. The daily total flow rates for every analysed river basin were used as the input data for calculating the flow separation.

Keywords: hydrological cycle, water balance, run-off, surface run-off, subsurface run-off, drainage run-off, direct run-off, separation method, catchment area, factors affecting run-off, hydrological year

OBSAH

1	ÚVOD	9
2	CÍL PRÁCE	10
3	LITERÁRNÍ REŠERŠE	11
3.1	VODA	11
3.2	ODTOK VODY	13
3.3	SLOŽKY ODTOKU A JEJICH GENEZE	18
3.3.1	PŘÍMÝ ODTOK	18
3.3.2	POVRCHOVÝ ODTOK	19
3.3.3	PODPOVRCHOVÝ ODTOK	21
3.3.4	DRENÁŽNÍ ODTOK	22
3.4	FAKTORY OVLIVŇUJÍCÍ ODTOK	23
3.4.1	FYZIKÁLNĚ – GEOGRAFIČTÍ ČINITELÉ	23
3.4.2	FYZIKÁLNĚ – GEOMETRIČTÍ ČINITELÉ	28
3.5	HYDROLOGICKÁ BILANCE	33
3.5.1	HYDROLOGICKÁ BILANCE ČESKÉ REPUBLIKY	33
3.5.2	ODVODŇOVACÍ ZAŘÍZENÍ	31
3.6	METODY SEPARUJÍCÍ PŘÍMÝ ODTOK	34
3.6.1	CN KŘIVKY	34
3.6.2	DIGITÁLNÍ FLTRY	35
3.6.3	METODA GROUND	36
3.6.4	METODA MGPM	36
3.7	POROVNÁNÍ JEDNOTLIVÝCH METOD	38
4	PRAKTICKÁ ČÁST – VLASTNÍ PRÁCE	40
4.1	MATERIÁL	40
4.2	POPIS POVODÍ	41
4.2.1	POVODÍ KOPANINSKÉHO POTOKA	42
4.2.2	POVODÍ JENÍN	47
4.2.3	POVODÍ OSTŘICE	50
4.3	POUŽITÁ DATA	54
4.4	METODY SEPARACE ODTOKU	55
4.4.1	METODA DIGITÁLNÍ FILTRY	55
4.4.2	METODA GROUND	57
4.5	VÝSLEDKY A DISKUZE	59
4.5.1	POROVNÁNÍ ZÁVISLOSTI PŘÍMÉHO ODTOKU NA ÚHRNU SRÁŽEK	61
4.5.2	POROVNÁNÍ ZÁVISLOSTI PŘÍMÉHO ODTOKU NA SVAŽITOSTI POVODÍ	63
4.5.3	POROVNÁNÍ ZÁVISLOSTI PŘÍMÉHO ODTOKU NA ZASTOUPENÍ HYDROLOGICKÝCH PŮDNÍCH SKUPIN POVODÍ	67
4.5.4	POROVNÁNÍ ZÁVISLOSTI PŘÍMÉHO ODTOKU VZHLEDEM K VYUŽÍVÁNÍ DANÉHO ÚZEMÍ – LAND USE (LAND COVER)	69
5	ZÁVĚR	72
6	PŘEHLED POUŽITÉ LITERATURY	74
7	SEZNAM PŘÍLOH	84
8	SEZNAM OBRÁZKU	87

9	SEZNAM TABULEK.....	89
10	SEZNAM ZKRATEK.....	91

1 ÚVOD

Voda v krajině je chápána jako nezastupitelná složka životního prostředí. Voda se vyskytuje v plynné, kapalně a pevné fázi a to ve všech složkách geosféry (litosféra, hydrosféra, atmosféra, biosféra, antroposféra), oceánech, pevninách, v tocích i umělých vodních nádržích. Důležitý význam má přenos energie a látek v oběhovém cyklu. Přírodní oběh vody je označován za nejmohutnější látkový koloběh vůbec (Moldan a kol., 1989).

Dále se účastní podstatných biologických procesů, fyzikálních pochodů a tvorby klimatu. Voda je chápána jako základní součást životního prostředí a je podmínkou života, kterou je nutno zachovat pro příští generace v co největším množství a nejlepší kvalitě (Červený a Bohm, 1984). Plní také funkci transportního média pro různé látky, které se pak dostávají do vodní sítě, z čehož se odvíjí jakost vody, která je odrazem procesů probíhajících v čase i prostoru u analyzovaného povodí.

Dostatečné množství vody je důležité pro rostlinnou a živočišnou výrobu, průmysl a dopravu, rekreaci a sport, přičemž velkými odběry vody je narušována celková bilance oběhu vody v přírodě. Místně se může vodohospodářská činnost člověka projevit výrazně jen v odtoku, naopak lokálně se projeví v zavlažovaných oblastech ve velikosti výparů, dále v kvalitě průmyslových a hustě zalidněných oblastech vodních zdrojů, zejména vody řek (Philip a Wayne, 1988).

Mezi dva extrémní hydrologické jevy se řadí povodně a období sucha, jejichž společný jmenovatel je proces odtoku vody z povodí. V období sucha se odtok utváří pomocí zásob podzemních vod, tedy základním odtokem (Matoušek, 2010). Naopak povodeň vzniká nadměrným srážkovým úhrnem a je vytvořena rychlým povrchovým a podpovrchovým odtokem. Tyto dvě zmíněné složky tvoří přímý odtok, vzniklý na nepropustných půdách či vodou nasycených ploškách (Smakhtin, 2001).

Odtok je hydrologický pojem vyjadřující objem vody, který odeče za určitý časový úsek z povodí. Rozložení spadlých srážek odpovídá plošnému rozložení průměrného odtoku. Odtok je ovlivňován rozmístěním TTP, orné půdy či lesů. Velký vliv má horizontální a vertikální členitost reliéfu, jako např. sklon svahu a údolí. Také geologické a půdní poměry určující velikost povrchového odtoku vody z povodí (Soukup a Hrádek, 1999). Nesmíme také opomenout antropogenní činnost člověka.

2 CÍL PRÁCE

Cílem této diplomové práce bylo zjistit na podkladě odborné literatury, poskytnutých dat (zadané průtoky a srážky za určité hydrologické roky) a metod zabývajících se separací odtoku vody na daných modelových povodí v ČR, poměr odtoku přímého/odtoku celkovému. Dalším krokem bylo porovnání faktorů, které nejvíce podporují vznik přímého odtoku v konkrétním povodí a porovnat jednotlivé výsledky separací dvou vybraných metod.

3 LITERÁRNÍ REŠERŠE

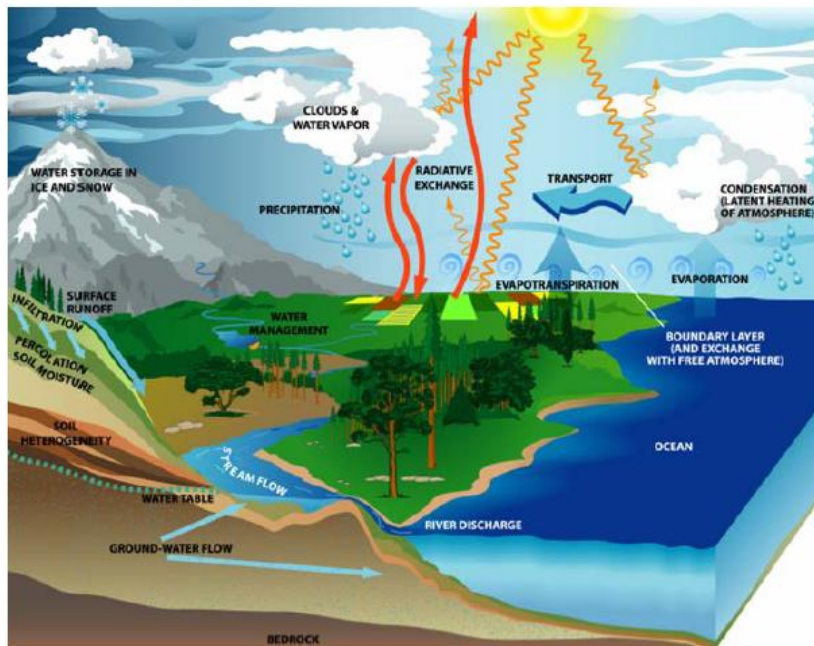
3.1 VODA

Voda (H_2O) je sloučenina dvou atomů vodíku a jednoho atomu kyslíku, jak udává Martoň a kol. (1984), které jsou navzájem spojené polární kovalentní vazbou. Vazby atomů H - O - H svírají mezi sebou úhel 104,5 stupňů. Voda se řadí mezi čirou, bezbarvou, v silné vrstvě namodralou kapalinu, bez chuti a zápachu. Teplotu tání dosáhne při 0 °C, teplotu varu při 100 °C, při 3,98 °C má největší hustotu ($1,000 \text{ g.cm}^{-3}$). Kravka (2009) uvádí, že mrznutím se objem vody zvětšuje asi o 1/11. Dále můžeme říci, že se jedná o nejrozšířenější sloučeninu vyskytující se v omezeném množství na Zemi, o nepostradatelnou složku životního prostředí člověka, rostlin a živočišných ekosystémů. Může být ve skupenství plynném, kapalném a pevném a je v neustálém pohybu.

Podle Říhy (1987) voda nemůže existovat ve stavu klidném a také nikdy neztratí svoji schopnost stále nových změn. Pohyb vody je v globálním koloběhu látek v přírodě téměř nezničitelný a uměle nevyvolatelný.

Lidé začali zvolna poznávat dynamiku složitých pochodů a zákony, kterými se řídí oběh vody v hydrosféře. Mezníkem byl rok 1674, kdy Francouz Pierre Perrault publikoval dílo „O PŮVODU PRAMENŮ“. Tím položil základ k vědě o oběhu vody - Hydrologii.

Hanusin (1966) popisuje pohyb vody v krajině, který probíhá prostřednictvím procesů nazývajících se hydrologický cyklus, který je podmínkou vyrovnaného stavu vody v přírodě. Hydrologický cyklus (koloběh vody), který můžeme vidět na obrázku číslo 1, je stálý oběh povrchové a podzemní vody na Zemi, doprovázený změnami skupenství. Sluneční záření a gravitace jsou hlavními hnacími silami v koloběhu vody (Sklenička, 2003). Vliv vody na krajinu závisí především na intenzitě, délce trvání, režimu hydrologických procesů a na skupenství vody (Hanusin, 1996).



Obr. č. 1: Hydrologický cyklus (Serrano, 1997)

Základní součástí oběhu vody v přírodě jsou srážky, výpar, dále povrchový, podpovrchový a podzemní odtok. Mezi základní složku řadíme i akumulovanou vodu v umělých a přirozených nádržích (Netopil, 1972).

Z obrázku číslo 2 je zřejmý tzv. velký oběh vody, ve kterém dochází k přesunům vody mezi oceánem a pevninou (Bratrych a kol., 2005) a malý koloběh vody, probíhající pouze nad oceány či bezodtokovými oblastmi. Petříček a Cudlík (2003) uvádí hlavní význam malého koloběhu vody v krajině, který spočívá v tom, že zadržuje vodu, a tím lépe vyrovnává mikroklima.

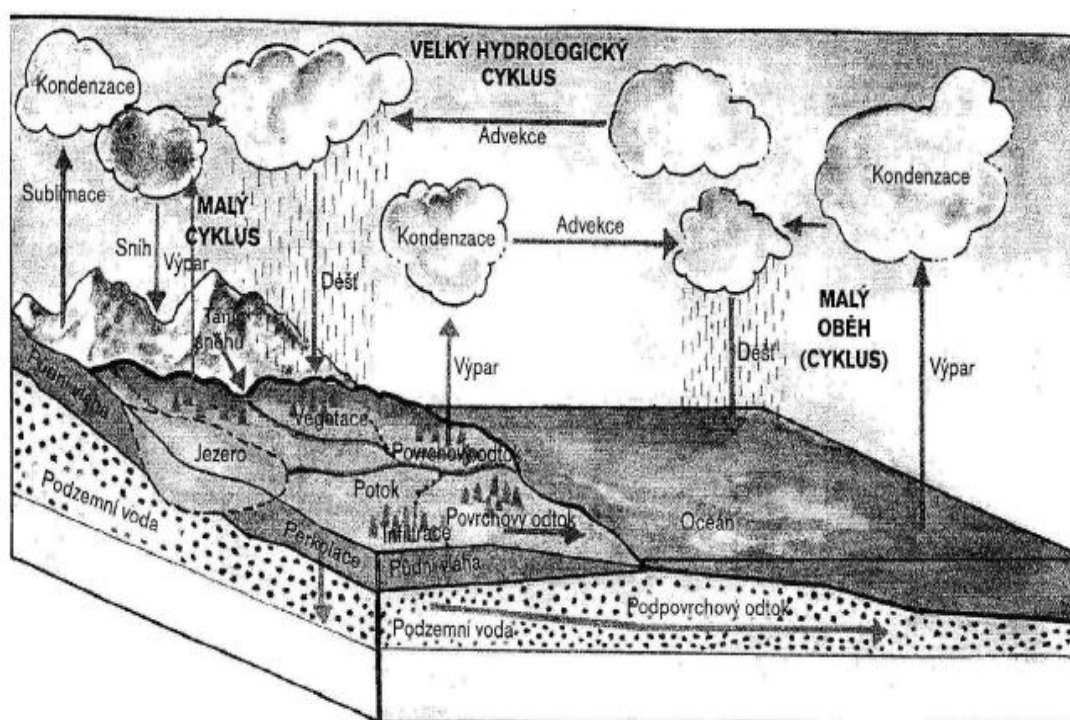
Účinkem slunečního záření se voda z hladiny moří, oceánů, půdy a vegetace nepřetržitě odpařuje. Prouděním vzduchu prochází do horních vrstev atmosféry, jak popisuje Hubačiková (2002), kde se většina páry sráží a padá jako déšť, mlha, kroupy, sníh, rosa či jinovatka (Šilar, 1996).

Po spadu srážek se jejich menší část zadrží na vegetaci (intercepce). Zadržovaná voda může být evaporována do atmosféry nebo dopadne na zemský povrch (Smith a Wheatcraft, 1993) a větší část je vypařena dříve, než srážka dopadne na zemský povrch (Kravka, 2009). Němec (1965) popisuje spadlou část vody, která odtéká do řek a moří nebo se vsakuje do země, kde je vázaná pomocí kapilárních sil a následně se vypařuje. Také může být využita rostlinami (transpirace) (Němec, 1965) nebo přechází do podzemní vody a pohybuje se

směrem k řekám (Šilar, 1996). Menší část proniká do velkých hloubek a objevuje se ve značné vzdálenosti v pramenech a vrtech (Wisler and Brater, 1959).

Vypařená voda z hladin moří a oceánů je větry zanášena nad pevniny a opět se z pevnin vrací do moří a oceánů (Kettner, 1954). Celý oběh vody tedy závisí na vypařování a pohybu atmosféry. Jak již bylo řečeno, tak i Kravka (2009) uvádí, že pro obojí je zdrojem sluneční záření, jež tvoří podstatu jevů meteorologických i hydrologických.

3.2 ODTOK VODY



Obr. č. 2: Velký a malý hydrologický cyklus (Matoušová, 2005)

Podle Matouška (2010) je odtok vody důležitý člen hydrologické bilance a bilance podzemních vod. Odtok, jakožto hydrologický pojem, vyjadřuje objem vody, které odečte z povodí za určité časové období. Poznávání odtokových vlastností povodí začíná zjištěním nárůstu průtoku v toku v závislosti na srážce. Odtok se začíná vytvářet spadnutím srážek a působením gravitace vytváří na zemském povrchu, nejdříve na malých plochách, plošný odtok (nesoustředěný), jak uvádí Hubačiková (2002), pak se vlivem členitosti terénu koncentruje ve stružkách, struhách, rýhách, potocích a tocích a vytváří povrchový soustředěný odtok. Tuto fázi odtoku vodních sítí nazýváme soustředěný povrchový odtok (Matoušek, 2010). Část

spadlých srážek se vsákne do půdy, pohybuje se puklinovým prostředím geologických vrstev až k hladině podpovrchové vody, kde se vytváří podpovrchový odtok. Velikost odtoku je charakterizována průtokem – Q. Průtok je množství vody, které protéká za jednotku času příčným profilem toku, měříme jej obvykle v m³s⁻¹ nebo v l.s⁻¹ (Kravka, 2009).

Shaw (1990) se zabýval specifickým odtokem vyjadřujícím, jaké množství vody odtéká za jednotku času z jednotky plochy povodí, udává se v l.s⁻¹km⁻². Podobný význam má i tzv. výška odtoku. Tento údaj představuje průměrnou vrstvu vody rovnoměrně rozloženou na ploše povodí, která odtekla za určité období. Protože se obvykle vyjadřuje v mm. rok⁻¹, umožňuje srovnávat odtok s množstvím srážek spadlých na povodí za stejné období (Kolektiv autorů ČHMÚ, 1965-1970).

$$q = \frac{Q}{Sp} \quad \left[\frac{l}{s \cdot km^2} \right]$$

kde:

- q** specifický odtok
- Q** průtok (l/s)
- Sp** plocha povodí (km²)

Pro celkový odtok Q_C platí:

$$Q_C = Q_p + Q_h + Q_{pd} + Q_{podz.} \quad \left[\frac{m^3}{s} \right]$$

Kde:

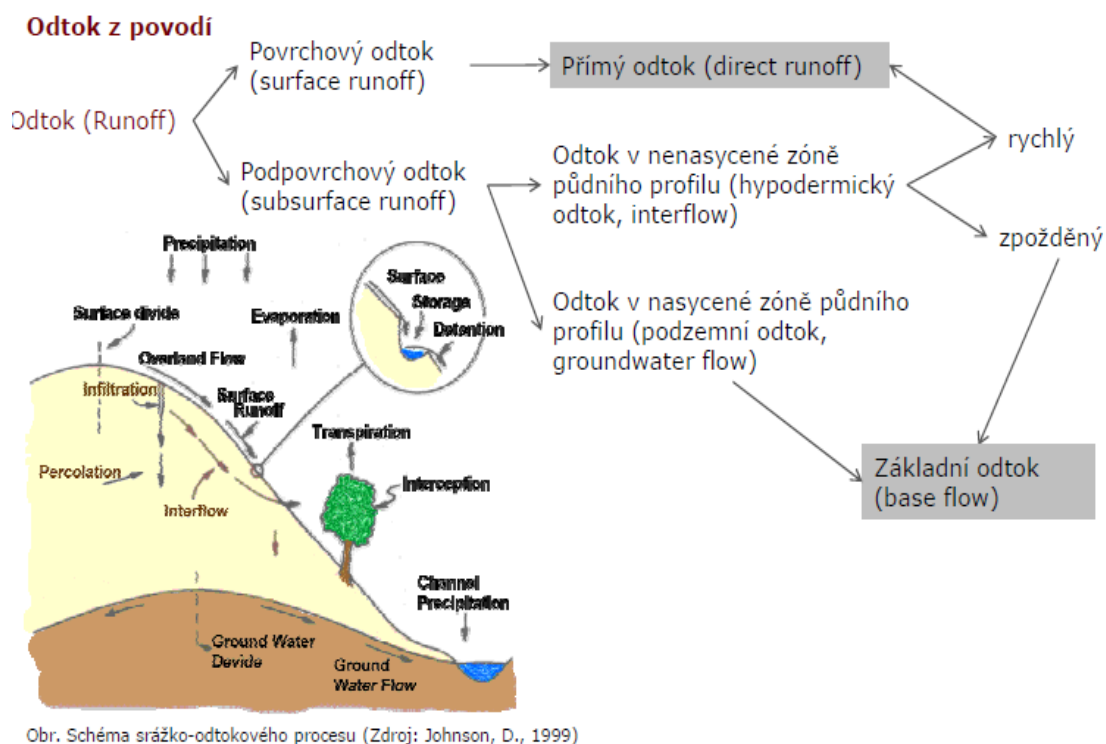
- Q_p** povrchový odtok
- Q_h** hypodermický odtok
- Q_{pd}** podzemní odtok do řeky a pramene
- Q_{podz}** podzemní odtok bez výstupu na povrch v povodí

(Schwarz a Zhang, 2003)

ČSN 73 6530, Názvosloví hydrologie z roku 1983, nám udává tyto definice:

- **Odtok**
 - 1) Odtékání vody po povrchu i pod povrchem terénu v procesu oběhu vody v přírodě
 - 2) Objem vody odteklé z povodí nebo vodního útvaru za daný časový interval.
- **Přirozený odtok** – odtok neovlivněný umělým zásahem
- **Ovlivněný odtok** – odtok ovlivněný umělým zásahem.
- **Plošný odtok (ron)** – nesoustředné stékání vody po povrchu terénu.
- **Soustředění odtok** – soustředěné stékání vody sítí vodních toků.
- **Celkový odtok** – souhrn všech složek odtoku procházející závěrovým profilem za daný časový interval.
 - **Základní odtok** – složka celkového odtoku tvořená výronem podzemních vod do sítě vodních toků po povrchu terénu.
 - **Povrchový odtok** – složka celkového odtoku, která dotéká z povodí do sítě vodních toků po povrchu terénu
 - **Hypodermický odtok** – složka celkového odtoku, která stéká do koryta toku v bezprostřední vrstvě pod povrchem povodí, aniž by dosáhla hladiny podzemní vody.
 - **Přímý odtok** – složka celkového odtoku tvořena povrchovým a hypodermickým odtokem.
 - **Výška odtoku** – objem vody odteklé z povodí nebo z daného území za daný časový interval, vyjádřený vrstvy rovnoměrně rozložené po ploše tohoto povodí nebo území.
 - **Výška odtokové ztráty** – rozdíl mezi výškou srážek a výškou odtoku, tzv. ta část výšky srážek, která se nezúčastní odtoku v korytě vodního toku.
 - **Objem odtoku** – objem vody odteklé z povodí nebo vodního útvaru za uvažované období.
 - **Součinitel odtoku** – podíl objemu (nebo výšky) odtoku a objemu (nebo výšky) příslušných srážek způsobující tento odtok.
 - **Součinitel povrchového odtoku** – součinitel odtoku stanovený ze vztahu udává, jaká část dešťových srážek se přeměňuje na povrchový odtok.
 - **Doba odtoku, doba doběhu** – doba, kterou potřebuje částička vody spadlá na určitém místě povodí, aby povrchově dotekla do uvažovaného profilu.

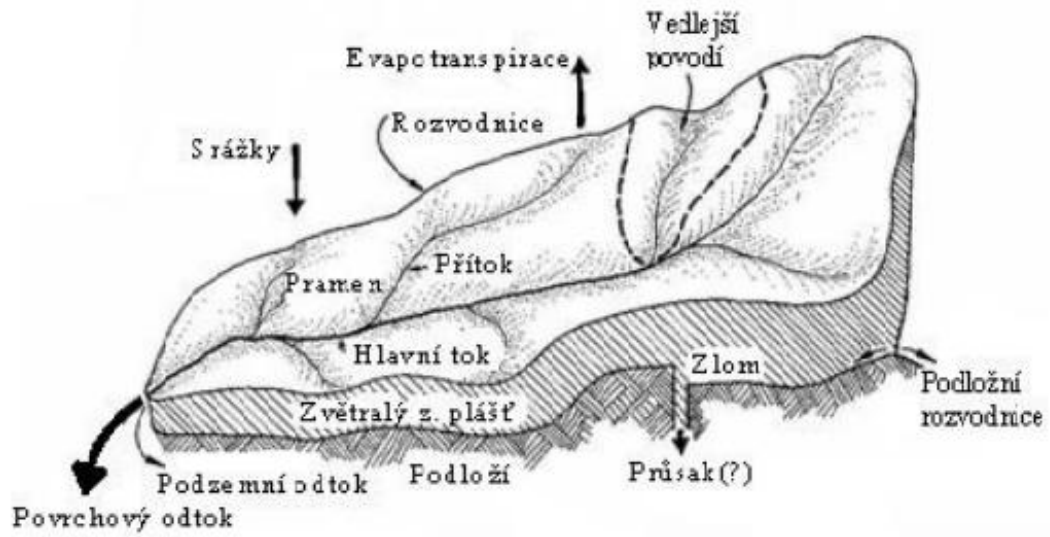
Na obrázku číslo 4 je srozumitelně znázorněno dělení jednotlivých složek odtoku. Celkový odtok je dělen na přímý odtok (direct runoff), který zahrnuje povrchový (surface runoff) i hypodermický odtok (interflow), a na základní odtok (base flow), který má pro řešení hydrologických úloh rozhodující význam, jelikož pochází ze zásob podzemní vody (Melioris a kol., 1986).



Obr. č. 3: Odtok vody (Jeniček, 1985)

Povodí je považováno za základní hydrologickou oblast, jak uvedl např. Kuřík a kol., (2002) pro zkoumání odtokových procesů a zjišťuje vzájemný vztah bilančních prvků. Povodí je možné popsat jako území uzavřené z hydrologické stránky. Do povodí nepřitéká žádná voda po povrchu ani pod povrchem půdy. Srážky, které dopadnou na jeho povrch, odtékají jedním hlavním tokem. Dijkstra a kol. (2002) uvádí, že se liší plocha „hydrologického“ povodí a to zejména u povodí, jejichž hladina podzemní vody se nachází hluboko pod terénem. Maidment (1993) popisuje povodí povrchových vod jako jednoznačně určené profilem na hlavním toku vymezené rozvodnicí. Povodí je znázorněno na obrázku číslo 4.

Rozvodnice je smyšlená čára tvořící geografickou hranici mezi sousedními povodími (Němec, 1965). Rozvodnice podpovrchových vod, která je určena geologickým složením a průběhem nepropustných vrstev, nebývá ve většině případů totožná s rozvodnicí povrchových vod.

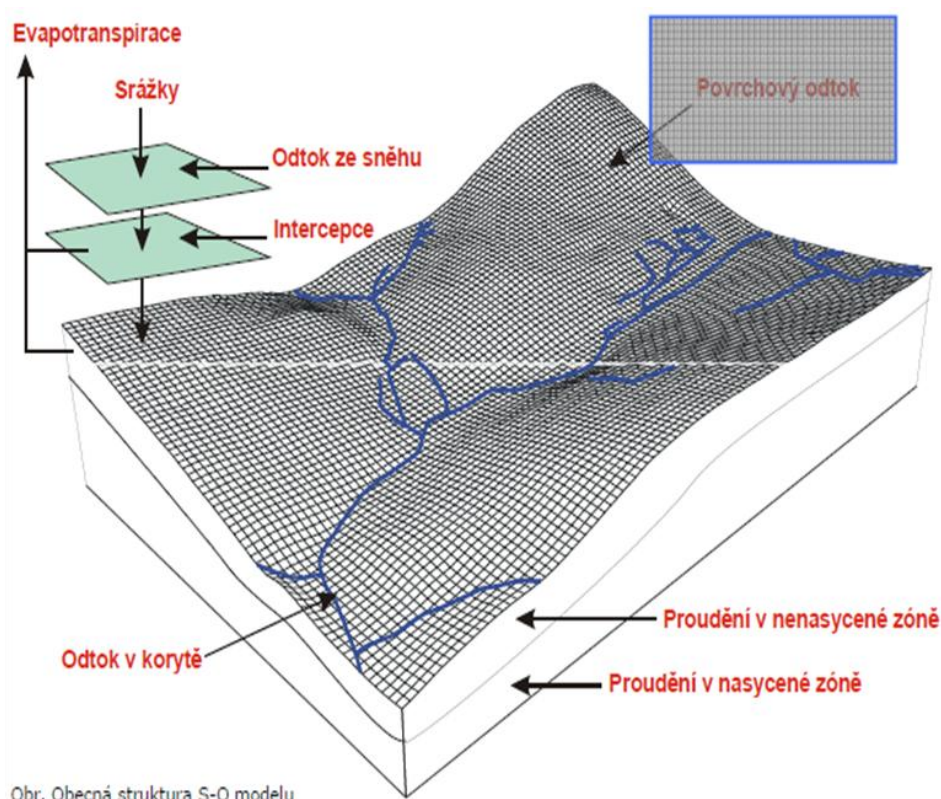


Obr. č. 4: Modelové povodí (Juračková, 2007)

3.3 SLOŽKY ODTOKU A JEJICH GENEZE

3.3.1 PŘÍMÝ ODTOK

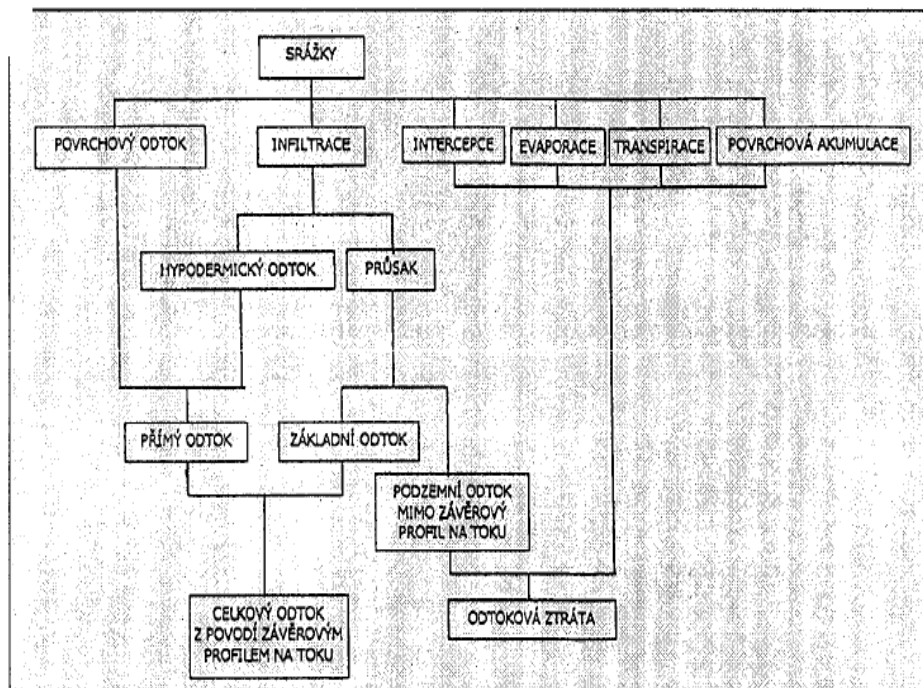
Přímý odtok (direct runoff) zahrnuje povrchový nasycený odtok (surface runoff) a hypodermický odtok (interflow), jak je znázorněno na obrázku číslo 5. Přímý odtok (direct runoff) je označen za rychlý odtok v průběhu srážek a v krátké době po ukončení srážek, tuto definici uvádí Kulhavý a Kovář (2000); Naef a kol. (2002); Brutsaert (2005). Podrobnější členění a separace přímého odtoku je popsáno v následujících odstavcích.



Obr. č. 5: Obecná struktura S-O modelu (Juračková, 2007)

3.3.2 POVRCHOVÝ ODTOK

rozdělení srážky na povodí



Obr. č. 6: Rozdělení srážek na povodí (ČSN 73 6530, 1983)

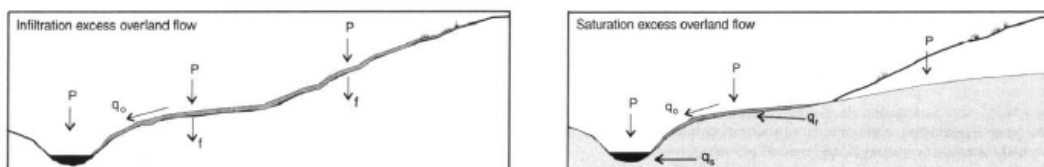
Za povrchové vody jsou označovány ty, které se přirozeně vyskytují na zemském povrchu; tento charakter neztrácejí ani tehdy, protékají-li zakrytými úseky, přirozenými dutinami pod zemským povrchem nebo v nadzemních vedeních, jak je uvedeno ve Vodním zákoně 273/2010 Sb.

Povrchový odtok vzniká na tenkých plošných vrstvách, obvykle jen na malých a málo propustných ploškách s určitým topografickým reliéfem. Tyto plošky se řadí, jak k infiltračním plochám, tak i k aluviálním částem, tzn. plochám nasycených vodou. Podle této koncepce plošného povrchového odtoku (ronu) je jev zván, dle jejího autora, hortonovským povrchovým odtokem, který je graficky znázorněn na obrázku č. 9.

O další koncepci se zmiňuje Dunne (1978), kde uvádí, že obě složky přímého (tzv. nasyceného) odtoku (povrchová a hypodermická) vznikají na nepropustných nebo vodou nasycených ploškách, jejichž velikost se v průběhu srážko – odtokového procesu stále zvětšuje. Tyto plochy nazýváme jako zdrojové plochy, neboli variable source areas.

Povrchový odtok je situace, kdy voda, která plošně odtéká po povrchu, se označuje za nejrychlejší část odtoku. Pro vznik tohoto odtoku jsou možné tři situace níže popsané a zároveň graficky zobrazené na obrázku číslo 7.

1. Překročením infiltrace kapacity, tzv. portonovský odtok (infiltration excess)
2. Překročením retenční kapacity, tzv. dunneho odtok (saturation excess)
3. Opětovná exfiltrace vody v nižších částech svahu (return flow)



Obr. č. 7: Vznik povrchového odtoku (Beven, 2001)

Srážky se postupně vsakují do půdy a po určité době nastane stav půdního úplného nasycení. Srážka při této situaci nemá možnost se dále vsakovat a zůstává na povrchu, odtéká po spádnicí terénu do toku, a tím vzniká povrchový odtok. Příchod povrchového odtoku do toku se projeví výrazným zvýšením průtoku v daném toku a právě tehdy dochází k počátečnímu (skokovému) zvýšení průtoku. Zde identifikuje počátek povrchového odtoku z povodí a začíná nová fáze odtoku. K podpovrchovému odtoku se připojuje povrchový odtok, který se postupně neustále vyvíjí a zvětšuje se. Povrchový odtok je dominantní a způsobuje náhlé zvýšení průtoku v toku, čímž ovlivňuje průběh a velikost povodně (Matoušek, 2010). Při zjišťování odtokových vlastností povodí, je nutné se zaměřit na vyhodnocení této fáze odtoku. Povrchový odtok ze srážky Q_t (m^3/s) se určuje ze vztahu:

$$Q_T = C_T * A_T * \frac{H_T}{T} * \frac{1}{3,6} \quad \left[\frac{m^3}{s} \right]$$

Kde:

T doba dotoku v hod.

C_T součinitel povrchového odtoku za dobu dotoku

A_T plocha odtoku odpovídající době dotoku T v km^2

H_T úhrn srážky za dobu dotoku T v mm

Q_T průtok v toku v m^3/s vyvolaný povrchovým odtokem z plochy A_T

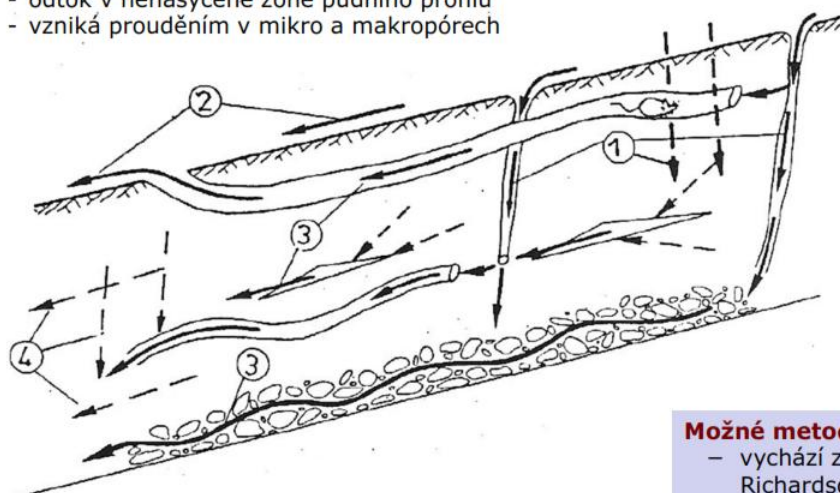
Výše uvedený vztah vyjadřuje prověřený poznatek, že velikost odtoku z plochy zasažené deštěm závisí na velikosti odtokové plochy vymezené dobou dotoku a na velikosti odtokové srážky, kterou udává součinn C_T. Ve vztahu je

zakomponovaná celá složitost srážko - odtokového procesu a je vložena do jedné veličiny, a to do součinitele povrchového odtoku za dobu dotoku - C. Kemel (2000) uvádí, že pokud jsou známé hodnoty této veličiny - C, bez obtíží se dají předpovídat povodňové průtoky ze srážky a při znalosti možných srážek určovat, jak velké povodně mohou být.

3.3.3 PODPOVRCHOVÝ ODTOK

Hypodermický odtok (interflow)

- odtok v nenasycené zóně půdního profilu
- vzniká prouděním v mikro a makropórech



Obr.: Schematické znázornění proudění ve svahu. 1) Infiltrace v mikro a makropórech, 2) Povrchový odtok (včetně „return flow“), 3) Rychlý laterální podpovrchový odtok v preferenčních cestách, 4) Odtok v mikropórech (podle Baumgartner a Liebscher, 1996)

Možné metody stanovení

- vychází z aplikace Richardsových a Darcyho rovnic proudění vody v porézním prostředí

Obr. č. 8: Hypodermický odtok (interflow) (Baumgartner a Liebscher, 1996)

K hypodermickému odtoku dochází v horní vrstvě půdy v nenasycené zóně, aniž by bylo dosaženo hladiny podzemní vody (obr. č. 10). U hypodermického odtoku je možnost dotace povrchového odtoku. Nejčastější příčinou vzniku hypodermického odtoku jsou vrstvy méně propustné, nakloněné vrstvy půdy nebo propojené povrchové systémy kořenů a chodbiček, tzv. privilegované cesty hypodermického odtoku. Nesmíme zapomenout podotknout, že gradient půdní vlhkosti je považován také za možnou příčinu hypodermického odtoku.

Podle Bevena (1994), v porovnání s povrchovým odtokem, bývá hypodermický odtok pomalejší, obě odtokové formy se často mezi sebou prolínají a během odtokové fáze na povodí dochází ke změně odtokové formy. I když jsou obě tyto formy hydrologicky špatně oddělitelné, v jejich součtu se nazývají přímý odtok.

Druhá část infiltrované vody, tj. hlubší filtrace (perkolace), přispívá ke zvýšení zásob podzemní vody a ve formě podzemního odtoku z této nasycené zóny s větším či menším časovým zpožděním zásobují hydrografickou síť.

Fleming (1975) uvádí, že je evidentní podle klasifikace všech tří odtokových složek, je schematická a nemůže zobrazovat složitost odtokového procesu, nicméně všechny odtokové modely fyzikálně založené, toto schéma ve své stavbě respektují.

3.3.4 DRENÁŽNÍ ODTOK

Je to voda vytékající ze systémů podpovrchového odvodnění zemědělských půd, je specifickou hydrologickou charakteristikou povodí mnoha drobných vodních toků. Nabízí se celá řada metod popisu a analýzy drenážního odtoku (Doležal a kol., 2001), k nimž patří i separace různých odtokových složek uvnitř drenážního odtoku samotného. Drenážní odtok je často považován za složku, v češtině podle ČSN 73 6530 (1983) označována jako hypodermický odtok (interflow). 1a kol. (2000) uvádí, že ve skutečnosti se drenážní odtok skládá z více složek, jejichž geneze je různá. Tuto skutečnost rozpoznali jako jedni z prvních Fídlar (1970) a Švihla (1992).

Režim drenážního odtoku je analyzován z hlediska svých složek, přímého a základního odtoku, lišící se svou genezí. Přímá složka drenážního odtoku je odezvou na srážku či tání, zatímco základní složka je výslednicí dlouhodobé redistribuce podzemních vod (Mosley a Kerchar, 1993).

3.4 FAKTORY OVLIVŇUJÍCÍ ODTOK

Řekami a vodními toky protéká během roku určité množství vody a toto kolísání udává režim toku, který je výsledkem působení velkého množství činitelů úzce spjatých s povodím toku. Nejedná se tu pouze o vlastnosti povrchu povodí, ale i prostředí s ním spojené (atmosféry, půdních a geologických vrstev pod povrchem povodí).

3.4.1 FYZIKÁLNĚ – GEOGRAFIČTÍ ČINITELE

- Půdní a geologický faktor
- Klimatický faktor
- Srážka
- Vegetační faktory
- Vliv lidské činnosti
- Vodní nádrže – přírodní i umělé

3.4.1.1 Vliv geologických charakteristik

Mocnost půdy, typ, tvar a sklon povodí jsou ovlivněny geologickými charakteristikami. Daňhelka (2007) uvádí, že geologické podmínky uplatňují svůj význam u zkoumání propustných a nepropustných území. Geologické podloží a jeho propustnost (pískovec, krasové vápence aj.) má význam pro vznik odtoku v období bezdeští.

Němec (1965) zmiňuje propustné vrstvy jako předmět, který snižuje povrchový odtok ve prospěch odtoku podzemního. Ovšem nepropustné vrstvy (krystalické horniny, ruly aj.) s málo mocným půdním přeryvem snižují celkovou retenční kapacitu povodí a spolupůsobí při prudkém stoupání průtoků za vydatných dešťů. Nepropustné vrstvy zapříčiňují utváření povrchového odtoku. Z toho vyplývá, že geologické poměry povodí umožňující vznik velkých zásob podzemní vody (štěrk, pískovec) mají čáry překročení průtoků ploché. Také nutno poznamenat, že mají vliv na zvýšení povrchového odtoku. Opakem jsou pak povodí mající čáry překročení strmé (Krešl, 2001).

Velmi podobné vlastnosti, jako u výše zmíněných nepropustných vrstev, mají rašeliny. Zde je potřeba upozornit na zkoumání jejich hydrologických vlastností a jejich vlivů na odtok; zkoumali je Maraň a Lhota. Podle jejich výzkumů je značně nepodložené, že rašeliny slouží jako nádrže pro podzemní vody. Jak je známo,

rašeliny sice vodu přijímají, avšak dost těžko vydávají. Což je podle Němečka (1965) příčina, při které vzniká velmi rychlý povrchový odtok.

3.4.1.2 Vliv pedologických charakteristik

Půdní a geologické poměry mají zásadní vliv na rozdělení celkového odtoku mezi odtok povrchový a podzemní. Daňhelka (2007) se zabývá infiltrační a retenční schopnosti území, což je ovlivněno půdními charakteristikami.

Nastane – li situace, že půda zmrzne, probíhá po ní odtok prakticky bez vsaku, tj. beze ztrát povrchového odtoku, a to nezávisle na tom, o jaký druh půdy jde (Němec, 1965). Mezi půdní druhy se řadí půdy písčité, které mají větší infiltrační schopnost ale menší retenční. Písčité půdy mají velký vliv na zmenšení rychlého a často nepříznivého povrchového odtoku a zvyšují pomalý odtok podzemní (Němec, 1965). Zcela opačné podmínky poskytují půdy ulehlé a nepropustné, zejména jsou-li deště na polohách s větším sklonem (Jůva, 1957). V předchozích řádcích je nastíněno, že strukturní půda nejen vyrovnává kolísání odtoků, ale považuje se za důležitou z hlediska utváření zásob vody pro rostliny a napájení toků.

Soukup a Hrádek (1999) se přiklání k názoru, že nejužitečnější plošnou vypovídací schopnost mají mapy bonitovaných půdně ekologických jednotek, které jsou zpracovány pro celou ČR, zemědělské půdy a mapy lesních typů zpracované pro lesní půdy.

3.4.1.3 Územní faktor

Soukup a Hrádek (1999) ve svém díle Optimální regulace povrchového odtoku uvádí, že výrazným vlivem je vyčlenění konfigurace území a sklonitosti, délky i tvary svahů. Větší sklonitost území podporují vznik povrchového odtoku, zásadně ho urychlují a soustřeďují. Naopak na malých sklonech odtéká voda pomaleji, tím pádem má časově větší možnost vsakovat se do půdy, což má za následek zmenšení množství odtoku.

3.4.1.4 Vliv klimatu a srážek

Klimatický systém země je velice složitý. Skládá se z atmosféry, hydrosféry, kryosféry, litosféry a biosféry. Mezi těmito jednotlivými částmi systému existují toky energie i hmoty. Chování celého systému ovlivňují jak geologické faktory, astronomické faktory i změny složení atmosféry.

Nejdůležitějším klimatickým faktorem odtoku podle Philipa a kol. (1988) jsou zpravidla dešťové srážky, které ovlivňují tvar a sílu odtoku. Atmosférické srážky jsou ve formě vodních kapek a ledových částic, vzniklé následkem kondenzace nebo desublimace vodních par v ovzduší. Všechna atmosférická voda v kapalném či tuhém skupenství vypadává z různých druhů oblaků. Srážky, které nedosáhnou zemského povrchu, označujeme jako virga (srážkové pruhy) (Oliver, 2005).

Na odtok však působí i další faktory, kterými jsou teplota vzduchu a půdy, výpar ve všech svých formách. Zahrnuje i vlhkost vzduchu a s ní spojený sytostní doplněk, směr a síla větru a tlak vzduchu.

Srážky se odlišují svým množstvím, druhem a časovým rozdělením. To vše má vliv na velikosti odtoku. Srážky ve formě sněhu dávají zásadně větší odtokový součinitel než dešťové srážky v teplejších ročních obdobích z jednoho prostého důvodu, v zimě není tak silný výpar a voda se nevsakuje do půdy tak vydatně jako v teplých ročních obdobích (Němec, 1965). Výše je zmíněno, že jednotlivé srážky dle jejich doby trvání a intenzity podstatně ovlivňují velikost celkové odtoku. Prudké a krátké lijáky okamžitě a krátkodobě prudce zvyšují odtok z povodí, kdežto dlouhé a mírné deště ho zvyšují postupně a utváří odtoky na delší dobu.

Dalším důležitým klimatickým činitelem odtoku je teplota vzduchu a intenzita slunečního záření. Na jaře se zvyšuje teplota vzduchu a sluneční záření vyvolává tání sněhu, tím se pravidelně zvyšují odtoky z povodí a průtoky v řekách. V létě pak vysoká teplota vzduchu zvyšuje značně výpar, jak ze spadlých srážek, tak i z půdy a volné hladiny. I přes značné srážky v letním období jsou odtoky z povodí poměrně malé.

Změny v teplotě a v množství srážek na území ČR v průběhu 21. století mají své důsledky. Tyto důsledky by pravděpodobně vedly k poklesům průměrné půdní vlhkosti (v ročním průměru pokles o cca 20 %, jaro s minimálními změnami, léto pokles o 20-50%, podzim pokles až o 50 %, zima nárůst o 20 %), a to vlivem změn teplot – vyšší teplota = vyšší výpar z půdy. Roční srážkové úhrny by se měnit neměly. Lze očekávat změny v jejich rozložení během roku (pokles v létě, nárůst v zimě) (Metelka, 2010). Podrobněji uvádí Kalvalová a kol. (2002), že k úbytku srážek by mělo dojít v dubnu, srpnu a září a nárůst v říjnu a zimních měsících. Dále také

dojde k poklesu celoročního odtoku. V zimních měsících se spíše předpokládá nárůst odtoku, i vzhledem k tomu, že se srážky nebudou ukládat ve sněhové pokrývce, naopak budou rovnou odtékat. V dalších měsících bude úbytek odtoku znatelný (Kliment, Matoušová, 2008). Příloha číslo 6 obsahuje přehledovou srážkovou mapu ČR.

Dochází i k poklesům průtoků v řekách a 10 – 25 %. Nastávají delší a intenzivnější období zemědělského sucha, a to především v létě a počátkem podzimu. Vyskytují se čtenější povodně (více srážek ve formě přívalových dešťů, vzniká větší povrchový odtok) (Kliment, Matoušová, Ledvonak a kol., 2010).

3.4.1.5 Vliv vegetace

Vegetační kryt má vliv na povrchový odtok jak kladný tak záporný. V zásadě lze říci, že kladnou funkci má půda krytá jakýmkoli vegetačním krytem, v tomto případě je odolná vůči erozi. Jak už uvádí Němec (1965) je vegetační kryt z vodohospodářského hlediska výhodný. Land use (land cover) determinuje míru intercepce určitého území a jeho infiltrační vlastnosti. Pro vznik rychlého odtoku jsou nepříznivé zemědělské plochy bez dostatečného zapojení pěstovaných plodin chránících půdní povrch (chmelnice, vinice, porosty kukuřice a ostatní porosty na začátku vegetační sezóny) (Soukup a Hrádek, 1999).

Za velice perspektivní věc se dle Jůvy (1957) považuje povrch země, který je pokrytý travním porostem, což mu dodává značnou drsnost a zmenšuje rychlost odtoku a napomáhá vsakování do půdy. Tím se snižuje okamžitý povrchový odtok ve prospěch pozdějšího podzemního odtoku (Němec, 1965). Nyní se od travních porostů přešlo k lesním půdám s dobře vyvinutou vrstvou hrabanky a humusu. Tyto půdy se pyšní velkou vsakovací schopností.

Vliv lesa na odtoky zkoumal v ČSSR doc. Ing. Dr. Zdeněk. Válek již od roku 1962 na bystřinných tocích Kýchové a Zděchovky. Povodí Kýchové má rozlohu 409 ha, je zalesněno z 92,2%, kde odtoky byly vyrovnané, bez katastrofálního extrému. Kdežto povodí Zděchovky o rozloze 402 ha je prakticky bezlesé (zalesněnost 4,2%) Válek, (1958). Odtok zde způsoboval značnou erozi půdy a ničil vegetaci (Němec, 1965).

Jako protierozní opatření se navrhuje travní pásy (ochranné), které jsou často používány v Evropě i v mimoevropských zemích, např. USA. Řada studií dokazuje např. podle Blanco a kol. (2004), že se jedná o účinná opatření snižující povrchový odtok a transport sedimentů.

3.4.1.6 Vliv zásahů člověka do povodí

Při tvorbě srážkového odtoku se hojně účastní poměry charakterizované užíváním, obděláváním i hnojením zemědělské půdy a volbou osevních postupů. Např. Jůva (1957) uvádí, že orba plodin po svahu zvyšuje jak erozi na pozemku tak povrchový odtok, neboť setba se stává odpadovým příkopkem. Opakem je správné umístění kultur a pozemků - orba po vrstevnici, což vede ke zmenšení odtoku.

Člověk hraje důležitou roli při zvýšení odtoku a snížení vsaku vody do půdy - rozrůstáním ploch s propustným povrchem (silnice, parkoviště).

Člověkem vystavené přehrady regulují odtok, to vede ke zmenšení variability průtoků tím, že zadržují vodu. Příkladem je výstavba přehrad na řece Peace, o které se zmiňuje Peters a Prowse (2001) z důvodu zmírnění ročního průtoků z 1500 – 9000 m³.s⁻¹ na pouhých 500 – 2000 m³.s⁻¹.

Dalším hlavním negativním zásahem ovlivňující odtok se týká vykácení lesa. Proto je dobré se zaměřit a porovnat na zdokumentované území před a po vykácení lesa z hlediska odtoku (např. Hornbeck a kol., 1999). V lese dochází k významné ztrátě srážkové vody zachycením na listech a větvích stromů, odkud se voda postupně vypaří. Do povrchového odtoku se tedy zapojí větší podíl srážkového úhrnu, a to z několika důvodů. Prvním důvodem je snížení intercepční kapacity, za druhé dochází ke snížení výparů. V podmínkách ČR se této problematice velice podrobně věnoval Tachecí (2002).

Kaňok (1997) uvádí, že mezi posledním zmíněným antropogenním vlivem jsou tzv. rozdělovací objekty, které slouží k převodu vody a mají za úkol ovlivnit odtok, který se nazývá antropogenní specifický odtok (l.s⁻¹.km⁻²). Tyto rozdělovací převody jsou například vybudovány na povodí Ostravice mezi jednotlivými povodími.

3.4.2 FYZIKÁLNĚ – GEOMETRIČTÍ ČINITELÉ

- Velikost a tvar povodí
- Délka toku
- Sklon povodí

3.4.2.1 Velikost plochy povodí

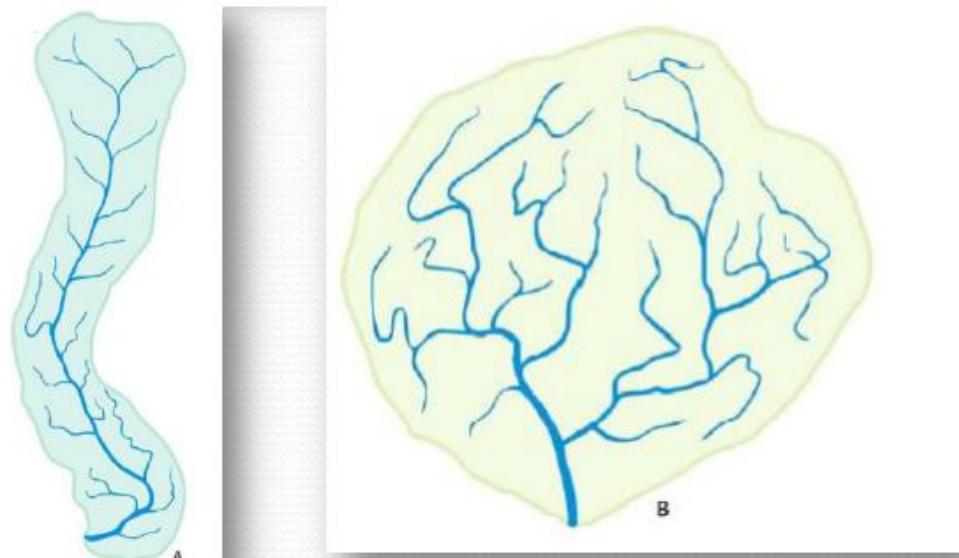
Obecně lze říci, že i tato charakteristika rozhoduje o čase, který voda potřebuje při spádu na různá místa v povodí na dotok do uzávěrového profilu.

Kvítek a kol. (2011) definují povodí jako území vztažené k určitému profilu na toku omezené rozvodnicí. Dříve se plocha povodí stanovovala planimetrováním z map vhodného měřítka, avšak v období GISu se už tato metoda nepoužívá. Plocha povodí se udává zpravidla v jednotkách km² a velikost povodí ovlivňuje maximální specifický odtok (Hubačiková, 2002).

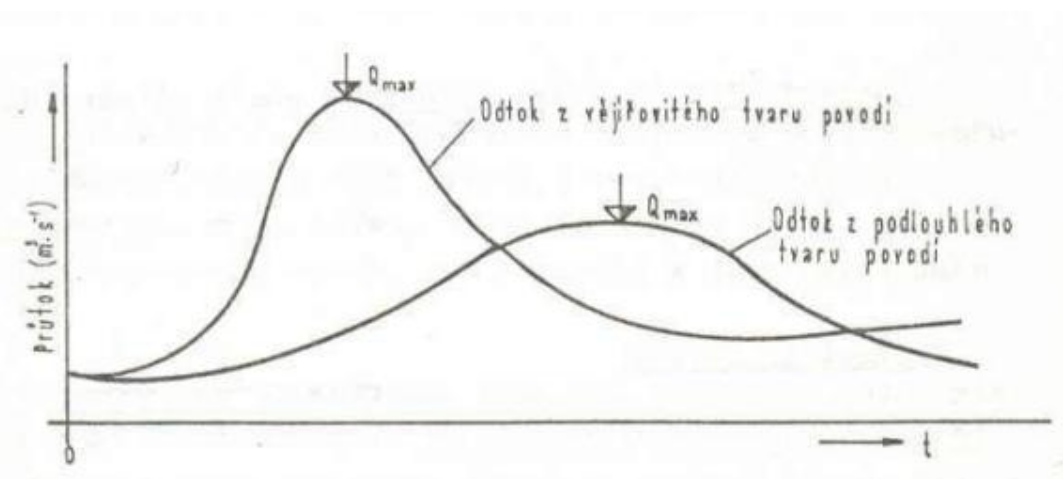
Krešl (2001) tvrdí, že z malých povodí je přirozeně větší maximální specifický odtok než z povodí velkých. Rovněž Krešl konstatoval, že čím menší povodí toku, tím nerovnoměrněji je rozdělen odtok v roce. Daňhelka (2007) uvádí, že naopak s větší rostoucí plochou se zvyšuje hodnota kulminačních průtoků a zároveň klesá maximální specifický průtok. Krešl i Daňhelka se shodli, že na průměrné roční charakteristiky odtoku nemá v podstatě rozměr povodí vliv, ale tvrdí, že čím menší je povodí toku, tím méně rovnoměrnější je rozdělení odtoku v roce.

3.4.2.2 Tvar povodí

Němec (1965) uvádí, že tvar povodí určuje uspořádání říční sítě, ovlivňuje dobu, za kterou přichází voda z jednotlivých částí povodí do daného profilu toku a má vliv na extrémní charakteristiky odtoku (znázorněno na obrázku číslo 10). Hubačiková (2002) se zabývá tím, že přirozené povodí má zpravidla tvar symetrického nebo asymetrického listu, více či méně protáhlého viditelného na obrázku číslo 9.



Obr. č. 9: Tvar povodí (Herber, Suda, 1994)



Obr. č. 10: Vliv tvaru povodí na odtok z povodí (Štekl, Brázdil, 2001)

3.4.2.3 Délka toku

Pod délkou toku je označována vzdálenost ústí od pramene měřenou k nejzazšímu bodu povodí (L). Toky na mapě se zakreslují zkráceně bez podrobných zákrutů. Dle Hubačkové (2009) při měření správné délky toku z mapy, je třeba při značné vlnitosti toku násobit z mapy měřenou délku koeficientem 1,01 – 1,1 výjimečně 1,25.

3.4.2.4 Sklon toku

Sklonové poměry povodí (charakterizované průměrným sklonem svahů a údolnice) ovlivňují rychlost proudění vody v povodí a tím i dobu soustředování odtoku ze svahů, rychlost proudění v údolnici. Jak popisuje Dostál (2006) sklony terénu hrají podstatnou roli a nutné tomu věnovat náležitou pozornost. Čím větší sklon, tím menší zdržení vody v krajině, neboli nižší míra infiltrace.

Spád říčního toku se mění s časem a místem. Vyvíjí se během geomorfologického vývoje toku a v určitém časovém období se liší od místa k místu. Geomorfologicky mladé toky mají dle Šilara (1996) spád nevyrovnaný a průběhem času se spád na dolním toku snižuje a největší spád zůstává na horním toku.

3.4.3 ANTROPOGENNÍ FAKTORY

- Nádrže – historické rybníky, poldry
- Využívání pozemků,
- Stav odvodňovacích zařízení

3.4.3.1 Nádrže, historické rybníky, poldry

Nezanedbatelnou složkou akumulčních prostor v povodí jsou nádrže a historické rybníky. Odhaduje se, že koncem 16. století jich existovalo na našem území cca 75 tisíc s úhrnnou plochou kolem 180 tis. ha. Celkově se odhaduje počet malých vodních nádrží a rybníků (ve smyslu ČSN 75 2410) na 22 – 25 tisíc, s celkovou plochou 50 tis. ha. Představují objem zadržené vody cca 420 mil. m³.

Soukup a Hrádek (1999) uvádí jako speciální typ malých vodních nádrží tzv. suché poldry. Poldr definují jako přirozený nebo uměle omezený prostor přilehlý k toku (ČSN 73 65 15), který po naplnění vodou při povodni má retenční schopnost a snižuje povodňový průtok v toku. Jeho úkolem je zachycovat a krátkodobě akumulovat vodu z přívalových srážek.

3.4.3.2 ZPŮSOB VYUŽÍVÁNÍ POZEMKŮ

Má přímý vliv na proces povrchového odtoku a na hydrologickou bilanci povodí, a to z hlediska celkového objemu přímého odtoku, dále na akumulaci vody v půdním profilu a v povrchových mikrodepresích. Způsob hospodaření a provoz zemědělské, průmyslové a komunální sféry v území má mimořádný vliv na intenzitu erozních, transportních a akumulčních procesů v povodí.

3.4.4 ODVODŇOVACÍ ZAŘÍZENÍ

Plochy v ČR odvodněné drenážními systémy, uváděné Zemědělskou vodohospodářskou správou k 1. 1. 1995, jsou 1 064 999 ha (Kulhavý a kol., 2007). Kvítek a Doležal uvádí (2003) vybudování drenážního systému. Ať už je v rovině či ve svahu způsobuje snížení hladiny podzemní vody a zkracuje období převlhčení půdy v zimě.

Nejpoužívanějším způsobem podzemního odvodnění byla horizontální trubková drenáž, v současné době se provádí jen výlučně. Je sestavena z drénů položených do drenážních rýh rovnoběžně s povrchem odvodňovaného území

(Sanetrník a Filip, 1991). Má jednu velkou výhodu, a to, že celá síť odvodňovacích prvků je v podzemní, tím pádem nenarušuje celistvost pozemků. Také na údržbu není náročná, jako např. odvodnění příkopové. Dá se říci, že pracuje automaticky (Fídlér, 1975).

Sporadická (ojedinělá) drenáž se navrhuje k odvodnění nadbytečné vody v zamokřeném území, např. odvodnění místních depresí, průlehů, lokálních mokřin (Kvítek, 2006). Hloubka drenáže je většinou zvolena pod zámraznou hloubkou, minimálně 1 m (Fídlér, 1975). Mezi hlavní konstrukční prvek patří drén, který vodu sbírá a odvádí.

Plošná (systematická) drenáž se navrhuje tam, kde nepostačí jednodušší odvodnění. Kvítek (2006) uvádí, že systematickou drenáž zle kombinovat se záchytnými drény a příkopy.

Meliorace se provádí, když se na povodí vyskytuje velký povrchový odtok, který poškozuje úrodnou půdu a rostliny na ní. Kvítek a kol. (2006) uvádí, že při odvodnění půdy se jedná o soubor opatření ke sbírání a následnému odvádění vody na zamokřených půdách. Jestliže je odvodnění provedeno v rozumné míře, slouží ke zlepšení provzdušněnosti půd a napomáhá lepším fyzikálním, chemickým a biologickým vlastnostem. Z analyzovaných povodí v této diplomové práci je právě v drenážním systému umístěno subpovodí P53 a P6. V povodí Jenín I. byla provedena sporadická drenáž v rozsahu 0,396 km² a v povodí Jenín II. klasická systematická drenáž realizována v rozsahu 0,354 km².

Drenážní systémy i po více letech (dle ZVHS) plní odvodňovací funkci. Projevem je transformace odtoku srážek z pozemku ve formě soustředěného drenážního odtoku.

Odvodnění ovlivňuje režim povrchového, mělkého podpovrchového i podzemního odtoku (Kulhavý, 2010). Ve vodných obdobích dochází ke zvýšení HPV a zvyšuje se intenzita odtoku. Při běžných odtokových situacích a v období sucha vyrovnává odvodnění odtokový režim vodoteče. Odtok vody z povodí však může být z hlediska vodního hospodářství i zemědělství hodnoceno jako nadbytečné.

Podíl drenážních vod na celkovém odtoku se zvyšuje a v období sucha by mohlo být při vysoké plošné intenzitě odvodnění vody ve vodoteči převážně jen vodami drenážními (Kulhavý a kol., 2010). Proto je v zájmu zachování vody v povodí drenážní odtok eliminovat.

Fučík a kol., (2010) uvádí, že odvodnění přispívá k prohlubování dopadů sucha. Odvodnění má také nemalý význam na tepelný režim půd, retenci srážek

v půdním profilu či odvádění živin (Kulhavý a Soukup, 2007). Negativním vlivem odvodnění je tedy urychlení odtoku specifickými podmínkami, kdy podpovrchový odtok bývá nahrazován drenážním odtokem. Odtok se urychluje a dochází k mírnému zvýšení kulminačních průtoků, a to zejména na menších povodích, kterými se tato práce zabývá. Dále dochází ke zvýšení celkového odtoku, a to v době sucha. Nastává změna hydrologické bilance a snižuje se výpar na odvodněném povodí. Dále se zvyšuje teplota půdy a snižuje se objem podzemní vody (Doležal, 2004).

Naopak drenáž napomáhá ke zvýšení a stabilizaci zemědělských plodin, snížení kyslíkového stresu pro rostliny při zamokření a také slouží pro lepší obdělávání a zpřístupnění pozemků.

3.5 HYDROLOGICKÁ BILANCE

Nejobecnějším řešením vzájemných vztahů složek, které se podílí na koloběhu vody, je zpracování hydrologické bilance. Tato bilance představuje porovnání atmosférických srážek, odtoku a zásoby povrchových a podpovrchových vod. Podle stupně zjištění jednotlivých činitelů můžeme rozepsat řadu bilančních rovnic od nejjednodušších (porovnávajících srážky s odtokem a ztrátovou složkou) př. Ponce a Shetty (1989), dále rovnice odtokových složek, skrytou komunikaci vody, změny zásob vody, rozčlenění ztrátové složky na jednotlivé druhy výparu, případně i transpirace rostlin. Dle Kněžky (1988) jsou výše zmíněné metody založeny na jednoduchém principu a při jejich použití se může stát, že vznikají problémy v nepřesnosti extrapolace bodově získaných hodnot a metodické obtížnosti při stanovení zvláště bilančních rovnic. Podle Kněžky (1988) je tedy nutné kombinovat prvky přímo měřené s hodnotami stanovenými empiricky nebo odhadem.

3.5.1 HYDROLOGICKÁ BILANCE ČESKÉ REPUBLIKY

Pro ČR je základním bilančním obdobím v hydrologii hydrologický rok. Začíná 1. listopadu předešlého a končí 31. října běžného kalendářního roku proto, aby všechny spadlé srážky odtekly v témže roce a tím byla splněna časová jednotka všech členů bilanční rovnice (Krešl, 2001). V podstatě jde o to, aby všechny srážky spadlé v hydrologickém roce (tedy i sníh a led) v něm také odtekly a byla tak splněna časová jednotka všech členů bilanční rovnice. Němec (1965) uvádí, že čím je období, za které se hydrologická bilance stanovuje, kratší, tím obtížnější je

stanovit jednotlivé členy bilanční rovnice tak, aby mezi nimi byla zachována jednotka času, zvláště v případech, jde-li o větší povodí.

3.6 METODY SEPARUJÍCÍ PŘÍMÝ ODTOK

3.6.1 CN KŘIVKY

Jeto metoda CN křivek – přijatelná dle ČSN 75 1300 - „Hydrologické údaje povrchových vod“

Výstupem této metody je objem odtoku, ke kterému jsou potřeba následující vstupy – srážkový úhrn (rovnoměrný na řešené ploše), hydrologické vlastnosti půd, obsah vody v půdě (předchozí nasycení), vegetační kryt, velikost nepropustných ploch, retence, intercepce. Druhým výstupem je kulminační průtok, kam vstupují všechny výše zmíněné vstupy plus charakteristiky povodí (tvar, sklonitost).

Jednou z metod, kterou vyvinula americká služba pro ochranu půdy (U. S. Soil Conservation Service) řešících problematiku přímého odtoku z významných dešťů na povodí bez limnigrafického měření, je metoda čísla odtokových křivek (Curve Number Method, dále CN). V současné době je používána v mnoha zemích světa, včetně České republiky. Kovář (1994) řeší výhody a nevýhody metody CN křivek. Odborná literatura (U. S. SCS, 1972, 1986, 1992), (Janeček a kol., 1982) uvádí podmínky a metodiku pro její použití.

Metoda je oblíbená už jen pro svou jednoduchost a dostupnost vstupních údajů. Tato jednoduchost spočívá v reakci odtoku z přívalového deště na čtyři snadno pochopitelné vlastnosti povodí. Ponce a Hawkins (1996) tyto vlastnosti uvádí. Jsou to půdní hydrologické charakteristiky, využití a obhospodařování půdy, vlastnosti povrchu a předchozí nasycenost. Jejeho využití je doporučováno zejména na malé povodí do plochy cca 10km² (U. S. SCS, 1986).

Metoda CN je modelem infiltrační ztráty a byla původně vytvořena jako celkový model (tedy prostorový i časový) pro převod výšky přívalové srážky na objem přímého odtoku. To, co se vytýká tomuto modelu, je, že nepopisuje prostorové a časové variability a její použitelnost je omezena na modelování ztrát při přívalových deštích.

Princip metody je založen na hypotéze lineárního vztahu poměru skutečného a maximálně možného (potenciálního) rozdílu výšky srážky H_S a výšky přímého odtoku z ní H_o a poměru hodnot ke srážce:

$$\frac{H_S - H_o}{A} = \frac{H_o}{H_S}$$

Kde:

H_s výška srážky (mm)

H_o výška přímého odtoku (mm)

A potenciální retence aktivní zóny povodí (mm) po úpravě:

$$A = 25,4 * \frac{1000}{CN - 10}$$

Pro stanovení CN dle metodik U. S. SCS (nebo Janeček, 1983, 1999) je nutno vyhodnotit hydrologické skupiny půd, který se stanovuje dle map BEPJ. Dělí se na propustné půdy, především písčité s velkou zrnitostí, $K_S > 1,1 \text{ m. den}^{-1}$. Půdy hlinité, hlinito-jílovité se střední zrnitostí $0,45 < K_S < 1,1 \text{ m. den}^{-1}$, jsou půdy se střední schopností vsaku i při plném sycení. Půdy s malou schopností vsaku, jsou jílovito-hlinité a jílovité s jemnou zrnitostí $0,24 < K_S < 0,45 \text{ m.den}^{-1}$, půdy s trvale vysokou hladinou podzemní vody, s nízkou schopností vsaku (půdy jílovité a mělké), půdy na téměř nepropustném podloží s velmi jemnou zrnitostí $K_S < 0,24 \text{ m.den}^{-1}$.

Dále se vyhodnocuje vliv povrchu povodí. Tím se rozumí zastoupení vegetace a jeho způsobu hospodaření na povodí (land use: orná půda, lesy, intravilán, atd.).

Následně se vyhodnotí předchozí vláhové poměry (PVP), určené součtem srážek za předchozích 5 dnů před přívalovým deštěm.

Výsledná CN je dána váženým průměrem jednotlivých lokalit a dle předchozích vláhových poměrů ze dne na den.

3.6.2 DIGITÁLNÍ FLTRY

Dle Lynea a Hollicka (1979) digitální filtry původně sloužily k zjištění signálu a vykazovaly téměř stejné výsledky jako konvenční metody. Jako digitální filtry se uvádí metody dle Chapmana a Maxwella, Hollicka (stručný popis bychom našli v Grayson a kol., 1996).

Tato metoda nepatří mezi fyzikálně založené techniky separace odtoku. Není ani primárně omezená velikostí povodí a typem odtoku. Při používání filtru je nezbytné odhadnout velikost koeficientu (parametru) pomocí jiné metody (analýza

poklesové větve, nebo použít již osvědčenou hodnotu koeficientu pro dané podmínky - velikost povodí, formát vstupních dat).

Do výhod se řadí nenáročnost vstupních dat. Metoda je uživatelsky jednoduchá a podává obdobné výsledky jako manuální techniky separace (Arnold, Allen, 1995).

3.6.3 METODA GROUND

Metodu GROUND, jakožto metoda empirická („separation of GROUND water run-off“) vypracoval Doležal a Jain (Jain, 1997). Separované hydrogramy středních denních odtoků z povodí o ploše řádu 1 km² by měly vypadat věrohodně, jsou-li posuzovány takzvaně „od oka“.

Metoda je vhodná spíše pro separaci přímého a základního odtoku na malém povodí z datové řady středních denních průtoků v závěrovém profilu. Důvodem je princip této metody. Princip je založen na reakci obou separovaných složek odtoku na příčinnou srážku.

3.6.4 METODA MGPM

Za autora metody MGPM („modifikována graficko-početní metoda“), je považován Zbyněk Kulhavý. Vznikla z potřeby rozdělit a rozčlenit dlouhodobé datové řady středních denních průtoků. Rozčlenění na složky přímého a základního odtoku probíhá při nedostatku doplňujících měření (údaje o hladině podzemních vod, o vlhkosti půdy, srážkových poměrech apod.) s plánovanou aplikací na data drenážních odtoků

Jedná se o rozčlenění hydrogramu podle zásady, že každá odtoková vlna, která je zřetelná, má jistou příčinu v určité srážkové epizodě. Za hlavní úkol je považováno, že algoritmus separuje část odtoku, která je hlavní odezvou na srážku (efektivní déšť). Kulhavý a kol. (2001) uvádí, vychází-li se z předpokladu, že základní odtok má plynulý průběh, kolísá pozvolna v závislosti na vývoji dlouhodobé hydrologické bilance povodí (drenážní skupiny), jehož maximum se rovná celkovému odtoku v závěrovém profilu

Algoritmus MGPM se formuje v programu Visual Basic jako extenze tabulky aplikace Excel, kde se jako první pro celý datový soubor středních denních průtoků $Q_d(i) = (i=1, n)$ vypočtou směrnice grafů.

Kde:

$$Vd(i) = (Qd(i) - Qd(i-1)) / DT$$

Kde:

Qd(i), Qd(i - 1) - střední průtoky v i-tém nebo v (i - 1)-tém výpočtovém intervalu, v pořadí (L³. T-1).

DT - délka výpočtového intervalu (T), v našem případě jeden den.

Vd(i) - směrnice (derivace průtoku dle času) pro rozhraní mezi (i - 1)-tým a itým intervalem, která je přiřazena i-tému intervalu (L³. T-1).

n - celkový počet datových bodů (intervalů).

Je možné vyhodnotit celé posloupnosti směrnic podle jejich algebraického znaménka a algebraického znaménka směrnice následující po ní. Jednotlivé výpočtové intervaly jsou rozděleny do pěti kategorií.

Kategorie 0: Bod na vzestupné větvi hydrogramu a nebo tupě konvexní lomový bod na začátku vrcholu vlny. Tyto body nemají při separaci specifické použití.

Kategorie 1: Tupě konkávní lomový bod hydrogramu označující růst průtoku, který přichází po období, kdy je ustálený průtok.

Kategorie 2: Bod ležící na poklesové větvi hydrogramu, na jejím konci anebo uvnitř období ustáleného průtoku. Na základě těchto bodů se identifikují výtokové čáry.

Kategorie 3: Vrchol vlny hydrogramu a nebo tupě konvexní lomový bod na konci vrcholu vlny, což je považováno za začátek poklesu průtoku po období ustáleného průtoku.

Kategorie 4: Ostře konkávní lomový bod. Společně s body z kategorie 1 vedou k odvození uzlových bodů přechodové křivky, která ukazuje základní odtok.

V prvním intervalu (i = 1) je průtok komplexně považován za základní odtok a přímý odtok se rovná 0. Než nastane taková situace, základní odtok se rovná celkovému odtoku. Po zaznamenání intervalu kategorie 1 nebo 4, je základní odtok považován za rovnocenný celkový odtok. Tento interval je začátek nové průtokové vlny. Když se v nejbližším čase objeví další interval z kategorie 1 nebo 4, nastává konec průtokové vlny.

POROVNÁNÍ JEDNOTLIVÝCH METOD

Metodou základní a hojně používanou pro stanovení přímého odtoku je metoda CN křivek. Jak již bylo výše řečeno, jedná se o metodu jednoduchou, předvídatelnou, stabilní a používanou pro odhad výšky přímého odtoku. Je založena na přívalové srážce podporovanou empiricky zjišťovanými údaji. Šercl (2006) uvádí jako další velké pozitivum metody, závislost pouze na jednom parametru, číslu odtokové křivky – CN, který se měří jako funkce 4 hlavních vlastností ovlivňujících odtok:

- hydrologické skupiny půd: A, B, C, D.
- třídy využívání a obhospodařování pozemků: zemědělské, pastevní, lesní a zastavěné.
- hydrologické podmínky povrchu: špatné, uspokojivé, dobré.
- předchozí vlhkosti, včetně dalších zdrojů variability: I, II, III.

Šercl (2006) popisuje i negativa metody. Uvádí, že metody byly založeny s použitím regionálních údajů ze středozápadu celé USA a z jiných zemí. Beven (2001) určil, že při použití v jiných geografických nebo klimatických oblastech je dobré dbát jisté opatrnosti při použití. Přihlíží také k tomu, že byla určena pro zkoumání zemědělských lokalit. Metoda CN se nejlépe aplikuje na malých a středně velkých povodích. Podíl počáteční retence = 0,2 musíme interpretovat jako regionální parametr. Janeček (1982) upravil metodu CN pro využití v našich podmínkách a dále byla doplňována Janečkem (1984) až (2002). Je zařazena v metodice ÚVTIZ z r. 1992 a do knižní publikace v r. 2002. Umožňuje praktické využívání v našich podmínkách. Pro využití inženýrské praxe je metoda publikována formou Doporučeného standardu technického č. 4/06 vydaného Českou komorou autorizovaných inženýrů a techniků činných ve výstavbě v r. 2001.

Při porovnání metod „GROUND“ a „MGPM“ bylo zjištěno, že plní svůj účel dobře, a to bez ohledu na nedostatky. Výsledky dostatečně konsistentní. Nevzniká problém vyvodit závěry kvalitativní povahy. To však neznamená, že se metody považují jako bezchybné, jisté nevýhody jsou zmíněny níže. Metoda MGPM, opticky lépe odřezává vrcholy vln, ale její nevýhodou jsou nadměrné reakce u menších podružných odtokových vln. Metoda GROUND je vytvořena primárně pro malá povodí v ČR a její negativum se nachází v ignoraci podružné odtokové vlny. Jak již bylo řečeno, metoda GROUND vznikla z potřeby rychle separovat přímý a základní

odtok. Tato práce je zaměřena na separaci přímého odtoku, avšak je nutné zmínit velké negativum a to, že základní odtok podle metody GROUND nabíhá pomaleji a se zpožděním.

Poslední porovnávanou metodou separace odtoku jsou digitální filtry, u kterých proběhla úprava tak, aby je bylo možné aplikovat v hydrologii. Jelikož původně sloužily pro vyhodnocování signálu vysokofrekvenčního a nízkofrekvenčního. Metoda se řadí mezi jednoduché, přesné a dostačující metody. V porovnání s výsledky jiných metod jsou kvantitativně podobné.

4 PRAKTICKÁ ČÁST – VLASTNÍ PRÁCE

4.1 MATERIÁL

Aktivity související s vypracováním diplomové práce byly zaměřeny na následující povodí –, na povodí Jenín I., II., povodí Ostřice a na subpovodí P6, P53, P52. Lokalizace řešených povodí v ČR je znázorněna na obrázku číslo 11.

Výběr sledovaných povodí byl zaměřen na menší subpovodí do 1 km². Subpovodí P6, P52, P53, která spadají do povodí T7U – Kopaninský potok, patří mezi zkoumané povodí již od roku 1985 Výzkumným ústavem meliorací a ochrany půdy, v.v.i.

K získání potřebných informací byly využity WMS portály:

- LPIS – evidence využití půdy <http://eagri.cz/public/app/wms/plpis.fcgi>
- Výzkumný ústav vodohospodářský T.G.M. (HEIS VÚV): Corine Land Cover 2000, AOPK atd. <http://heis.vuv.cz/data/webmap/isapi.dll>
- Základní mapa 1:1 000 000 http://geoportal.cuzk.cz/WMS_ZM10_PUB/WMSservice.aspx
- Geologická mapa České republiky 1 : 500 000 (anglická verze) http://wms.geology.cz/wmsconnector/com.esri.wms.Esrimap/CGS_Solid_Geology
- Půdní mapa 1:1 000 000 http://wms.geology.cz/wmsconnector/com.esri.wms.Esrimap/CGS_Soil_Map

Výčet fyzicko-geografických charakteristik a jejich hodnoty jsou vzaty z programu ArcGIS.

Program ArcGIS sloužil na zpracování všech mapových podkladů – Landuse, odtokové linie, půdní a svažitostní mapy. Jedná se o integrovaný geografický informační systém, který obsahuje nástroje pro editaci, vizualizaci, vytváření, správu a analýzu prostorových dat.

Pro zjištění čísla hydrologického pořadí byla použita stránka heis.vuv.cz – mapy a data v kategorii povrchových vod. <http://gaia.comuv.com/bpej/>.

Pro zjištění geologických podmínek byly použity i stránky České Geologické podmínky: <http://www.geology.cz/extrakt>, kde se informačních službách přechází na „mapový server“, poté na „geoINFO“.

4.2 POPIS POVODÍ



Obr. č. 11: Lokalizace řešených území na mapě ČR

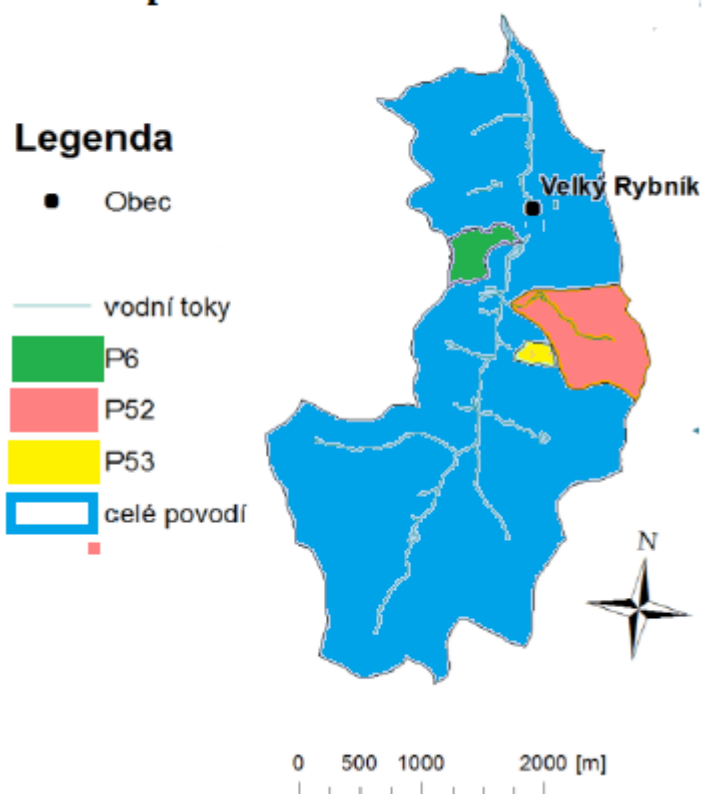
4.2.1 POVODÍ KOPANINSKÉHO POTOKA

Povodí Kopaninského potoka se nachází v Kraji Vysočina, v okrese Pelhřimov (přehledová mapa Kopaninského potoka je v příloze číslo 5). Povodí leží severovýchodně od Pelhřimova ve výseči silnice I. třídy č. 34 a č. 19. Povodí nalezneme na mapových kladech ZM 10 ČR 23-14-10, 23-14-15. Pro bližší upřesnění slouží příloha číslo 1: Přehledová mapa Kopaninského potoka. Obrázek číslo 12 též zobrazuje bližší lokalizaci subpovodí P6, P52 a P53 v povodí Kopaninského toku. V kapitole 4.4.2. jsou zobrazeny svažitosti jednotlivých subpovodí.

Tabulka 1: Fyzicko – geografické charakteristiky povodí Kopaninského potoka

Výčet základních charakteristik Kopaninského potoka	
Plocha povodí [km ²]	6,9
Nadmořská výška [m. n. m.]	480 – 624
Délka toku [km]	4,5
Průměrné roční srážky [mm]	665
Hydrologické pořadí	1 – 09 – 02 – 0310
Nadřazené vodní toky	Jankovský potok, Želivka, Sázava, Vltava, Labe
Sklon [%]	2,6
Hydrologický rajón	652 – Krystalinikum

Povodí Kopaninského potoka čhp:1-09-02-0310

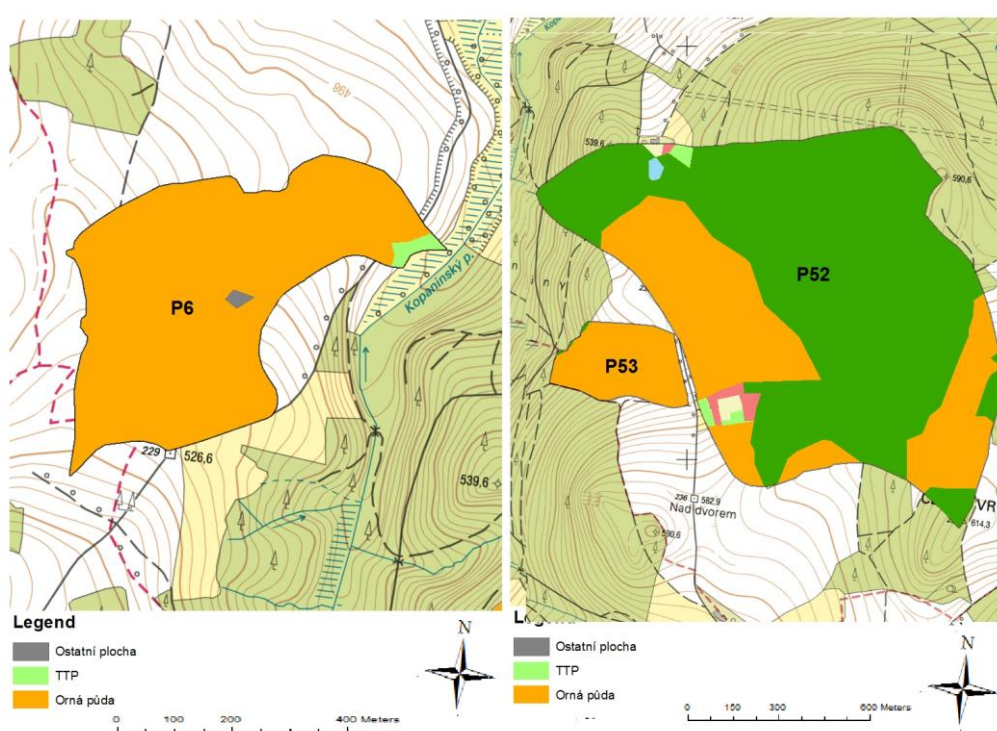


Obr. č. 12 - Povodí Kopaninského potoka - subpovodí P6, P52, P53

Pro přehlednější zjištění zastoupení jednotlivých ploch na povodí Kopaninského potoka slouží tabulka 1: Zastoupení jednotlivých ploch využití území, z níž je zřejmé, že subpovodí P6, které zaujímá rozlohu 15,73 ha a jedná se zde o drenážní profil, a že P53 s rozlohou 4,86 ha je velice intenzivně využíváno pro zemědělství jako orná půda. Též se jedná o drenážní profil. Naopak subpovodí P52 umístěné na pravostranném přítoku toku s největším plošným zastoupením 64,93 ha, je ornou půdou využíván z 30 %. Velkou převahu zaujímá plocha lesu, a to z 64 %. Zastoupení jednotlivých ploch je graficky znázorněno na obrázcích 3 a 4 - mapy Land use.

Tabulka 2: Zastoupení jednotlivých ploch využití území – Kopaninský potok

	Zastavěné území [ha, %]	Sady, zahrady [ha, %]	Vodní plochy [ha, %]	Les [ha, %]	Ostatní plocha [ha, %]	TTP [ha]	Orná půda [ha, %]	Celková plocha [ha]
P6	-	-	-	-	0,27; 2	0,38; 2	15,08; 96	15,73
P53	-	-	-	0,04; 10	-	-	4,82; 90	4,86
P52	0,34; 1	0,46; 2	0,15; 0	41,16; 64	1,06; 2	0,87; 1	20,89; 30	64,93



Obr. č. 13, 14: Landuse subvodí P6, P52, P53

KLIMATICKÉ ČLENĚNÍ

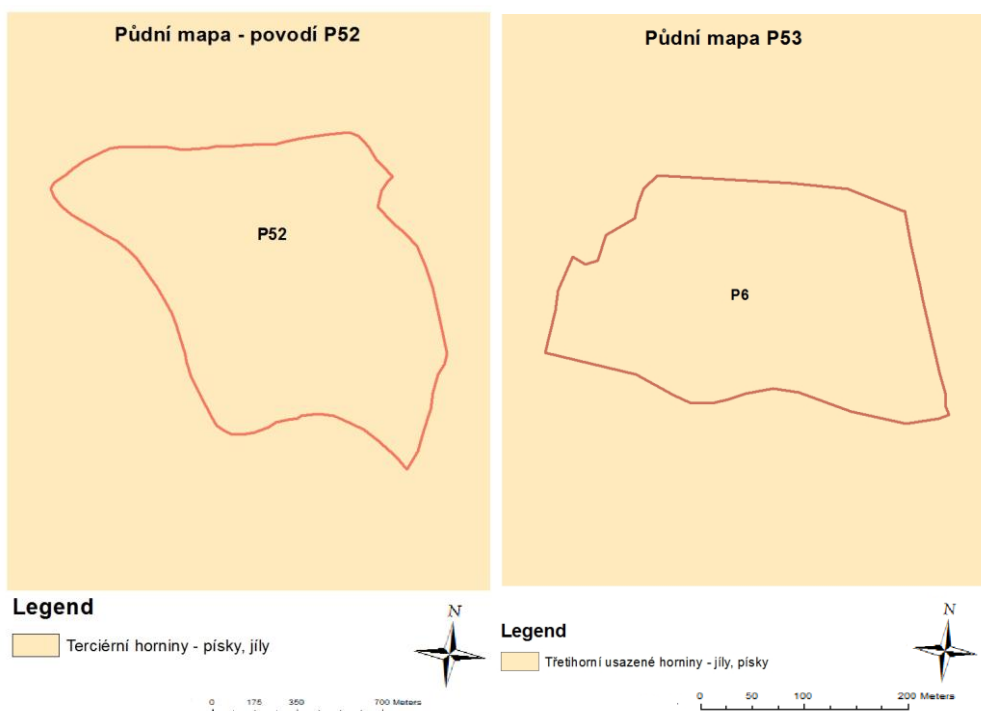
Srážkový úhrn ve vegetačním období se pohybuje v rozmezí 350 – 450 mm a v zimních měsících je to okolo 250 – 300 mm. Povodí se podle Quitta (1971) nachází v mírné teplé a vlhké oblasti – MT5.

GEOMORFOLOGICKÉ HLEDISKO

Povodí Kopaninského potoka spadá dle Demka (1987) do Českomoravské vrchoviny, celku Křemešnické vrchoviny, podcelků Želivské pahorkatiny a Humpolecké vrchoviny. Olmer a Kesse (1990) uvádí, že povodí je součástí hydrogeologického rajónu 652 – Krystalinikum.

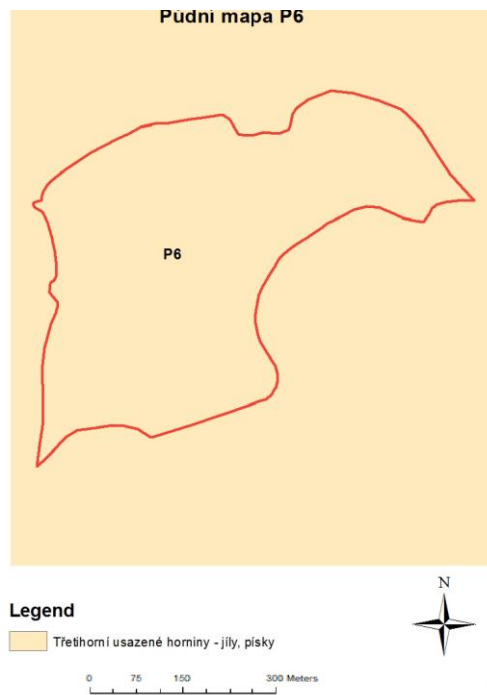
PEDOLOGICKÉ POMĚRY

Nejrozšířenějším půdním typem je HPJ 29 – kambizemě, hnědé půdy a jejich slabě oglejené formy, převážně na žulách, HPJ 50 – kambizemě oglejené a pseudogleje glejové, kambizemě modální eubazické až mezobazické na rule. Mapové znázornění je na obrázku číslo 15. Příloha 1 obsahuje podrobné členění dle nejvíce zastoupených BPEJ v zájmovém území.



Obr. č. 15: Půdní mapa subpovodí P52, P53

Z obrázku 15, 16 je patrné, že terciální usazené horniny – písky a jíly jsou u všech povodí zastoupené po celé jejich ploše.



Obr. č. 16: Půdní mapa subpovodí P6

4.2.2 POVODÍ JENÍN

Povodí Jenín se nachází v okrese Český Krumlov a je tvořeno dvěma mikropovodími – Jenín I a Jenín II. a je pravostranným přítokem Rybnického potoka (přehledová mapa Rybnického potoka se nachází v příloze číslo 4). Od roku 1980 do roku 1990 bylo povodí zkoumáno VÚMOP v.i.i. za účelem zjišťování jakosti vod. Jihočeská univerzita obnovila provoz monitoringu až v roce 2005.

Na povodí Jenín I, které se nachází v katastrálním území Jenín, byla vybudována sporadická drenáž v rozsahu 0,396 km² z důvodu stagnace povrchové vody. V Povodí Jenín II., které se též nachází u obce Jenín, byla vybudována klasická systematická drenáž v rozsahu 0,354 km² z důvodu stagnace povrchové vody.

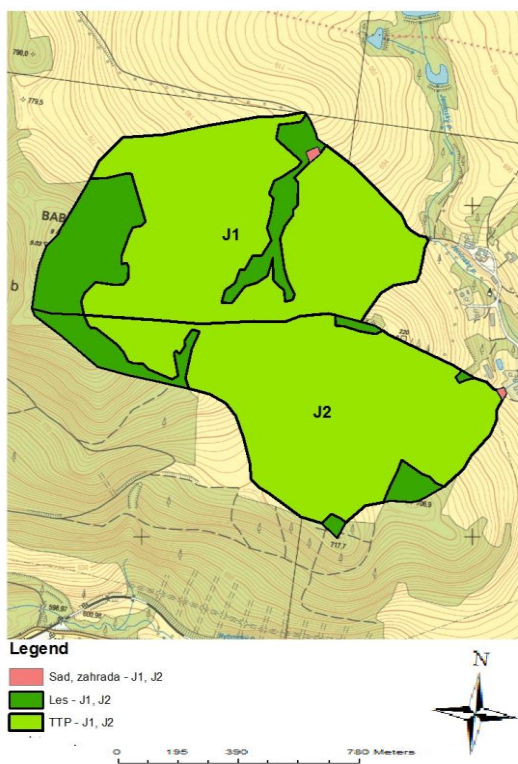
Tabulka 3: Fyzicko – geografické charakteristiky povodí Jenín I., II.

Výčet základních charakteristik - Jenín I.	Jenín II.	
Plocha povodí [ha]	46,81	55,21
Nadmořská výška [m. n. m.]	656 – 802	670 – 814
Průměrné roční srážky [mm]	715	712
Hydrologické pořadí	1 – 06 – 01 – 1380	1 – 06 – 01 – 1380
Nadřazené vodní toky	Rybnický potok,	Rybnický potok,
Sklon [%]	10,3	12

Tato dvě povodí spolu navzájem sousedí a i jejich využití se téměř shoduje. Původním záměrem bylo obě lokality provozovat jako ornou půdu, ale dnešní využití slouží k pastvám a lokality jsou zatravněny. U obou je nejvíce plošně zastoupena plocha trvalého travního porostu (dále jen TTP) a následně les. Další rozpis jednotlivých ploch je v tabulce číslo 4. Zemědělská činnost je zaměřena na chov skotu na pastvinách kolem povodí. Mapa Land use povodí Jenín I., II. je znázorněna na obrázku číslo 17. V kapitole 4.4.2. je popsána svažitost těchto dvou povodí.

Tabulka 4: Zastoupení jednotlivých ploch využití území

Profil	Zastavěné území [ha, %]	Sady, zahrady [ha, %]	Vodní plochy [ha, %]	Les [ha, %]	Ostatní plocha [ha, %]	TTP [ha, %]	Orná půda [ha, %]	Celková plocha [ha]
J1	-	0,09; 0,19	-	9,30; 19,80	-	37,42; 81	-	46,81
J2	-	0,05; 0,09	-	17,31; 31,35	-	37,85; 68,56	-	55,21



Obr. č. 17: Mapa Landuse povodí J I., J II.

KLIMATICKÉ POMĚRY

Povodí Jenínského potoka se nachází v mírně teplé a velmi vlhké oblasti – B10. Průměrná nadmořská výška je 650 m. n. m. a průměrný roční úhrn srážek je 713 mm s průměrnou teplotou 6,7 stupňů. Dle Quitta (1971) leží řešené území v klimatické oblasti MT3 – mírně teplé.

GEOMORFOLOGICKÉ ČLENĚNÍ

Zájmové území dle Demka (1987) spadá do provincie České Vysočiny, subprovincie Šumavská soustava – Šumavská hornatina, celku Šumavské podhůří, dále podcelku Českokrumlovská vrchovina a okrsku Rožmberská vrchovina.

PEDOLOGICKÉ VLASTNOSTI

Plošné zastoupení ultrabazitu v moldanubiku a proterozoiku je povodí J I. 33,81 ha. Naopak přeměněné horniny - ruly, pararuly zaujímají plochu pouze 13 ha v povodí J I. Obrázek číslo 18 znázorňuje, že na povodí J II. celou plochu zaujímají horniny přeměněné. Podrobné členění nejvíce zastoupených BPEJ na zájmovém území je v příloze 2.



Obr. č. 18: Půdní mapa povodí J I., J II.

4.2.3 POVODÍ OSTŘICE

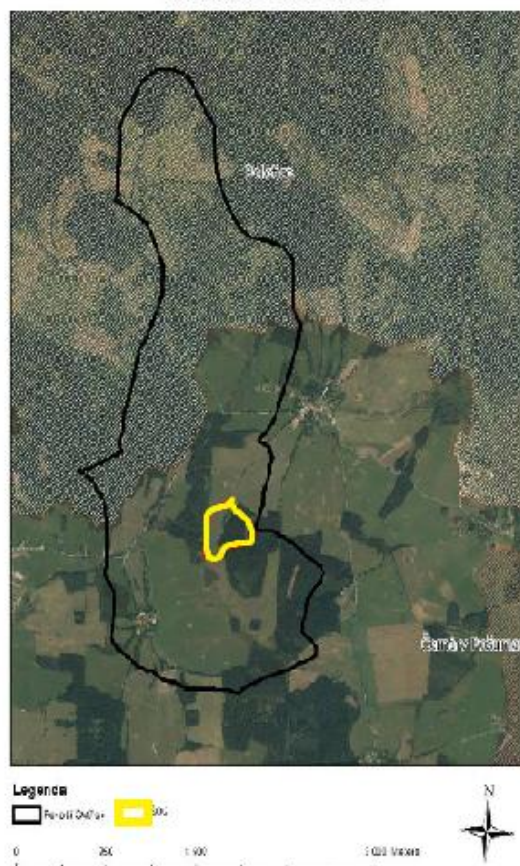
Povodí Ostřice leží v CHKO Šumava v okrese Český Krumlov v katastrálním území. Horní Planá. Tok Ostřice je tok IV. řádu (přehledová mapa potoka Ostřice je v příloze číslo 6). Dle Demka (1965) se povodí nachází v českokrumlovské vrchovině a je jihovýchodní části Šumavského podhůří.

Povodí Ostřice prošlo rozsáhlou revitalizací. Mapu celého toku najdeme v příloze číslo 3. Opevněné a napřímené koryta bylo zrušeno a nahrazeno korytem přírodním. To napomohlo vzniku dvou rybníků. Revitalizace přispěla ke zlepšení průtokových poměrů – možnost rozlivů v nivě, zpomalení odtoku vody prodloužením trasy koryta, zvýšení hladiny podzemní vody a zvýšení retence vody v krajině díky dvěma retenčním nádržím. V kapitole 4.4.2. je zobrazena svažitosť povodí Ostřice.

Tabulka 5: – Základní fyzicko - geografické charakteristiky povodí Ostřice

Výčet základních charakteristik toku Ostřice – SO2	
Plocha povodí [ha]	10,83
Nadmořská výška [m. n. m.]	830 – 725
Délka toku [km]	5,3
Průměrné roční srážky [mm]	697
Hydrologické pořadí	01 – 06 – 01 – 0800
Nadřazené vodní toky	Labe, Vltava,
Sklon toku [%]	19,8

Rozvovnice toku Ostřice

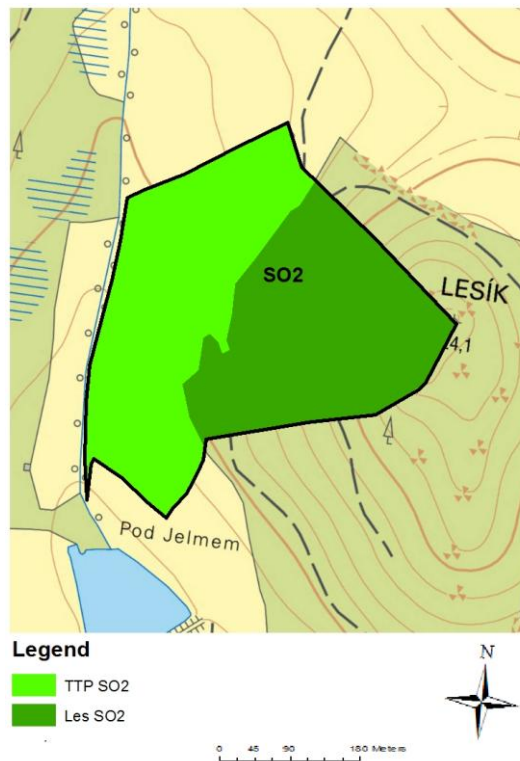


Obr. č. 19: Lokalizace povodí Ostřice SO2

Již z obrázku číslo 20 je patrné, že podíl plochy lesa a TTP na povodí Ostřického potoka je téměř podobný. V tabulce číslo 6: Zastoupení jednotlivých ploch využití území, se nachází přesné plošné i procentuální členění.

Tabulka 6:- Zastoupení jednotlivých ploch využití území

Profil	Zastavěné území [ha, %]	Sady, zahrady [ha, %]	Vodní plochy [ha, %]	Les [ha, %]	Ostatní plocha [ha, %]	TTP [ha, %]	Orná půda [ha, %]	Celková plocha [ha]
SO2	-		-	5,26; 48,57	-	5,57; 51,43	-	10,83



Obr. č. 20: Mapa Landuse povodí SO₂

KLIMATICKÉ PODMÍNKY

Jihozápadní část povodí Ostřice spadá do klimatického pásu MT3 – mírně teplá oblast a zbylá část území přechází do chladné oblasti – CH7, jak určil Culek (1996).

GEOMORFOLOGICKÉ HEDISKO

Povodí Ostřice se nachází dle členění Demka (1965) v provincii České Vysočiny, oblast Šumavská hornatina, celek Šumavské podhůří a podcelek Českokrumlovská vrchovina. Českokrumlovská vrchovina je jihovýchodní částí Šumavského podhůří, kde její západní část spadá do moldanubika a východní část jihočeskému pásmu.

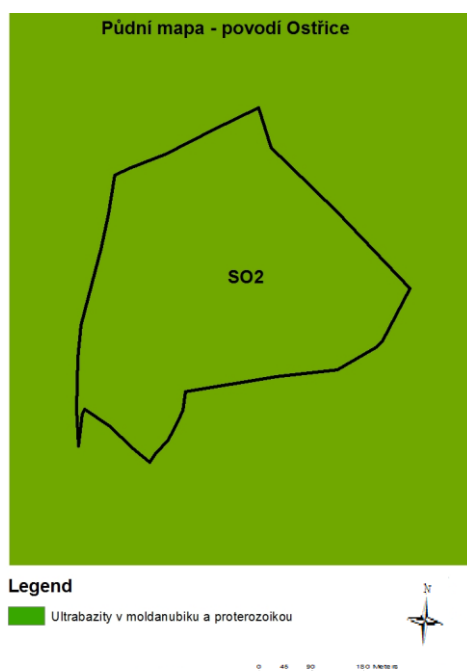
PŮDNÍ PODMÍNKY

V oblasti se nachází spíše půdy zamokřené až mokré i kyselé. Hojně jsou zde rozšířeny kyselé kambizemě¹, na svazích se místy vyskytují kambizemě pseudoglejové a podél vodního toku jsou typické gleje² s menším výskytem

¹ Nejrozšířenější půdní typ v ČR (vyskytuje se na 45 % zemědělského půdního fondu).

² Půdní typ vznikající pod trvalým vlivem zvýšené hladiny podzemní vody.

kyselých glejů organozemních. Na obrázku číslo 21 je viditelné, že ultrabazity v moldanubiku a proterozoiku jsou zastoupena na celé ploše povodí.



Obr. č. 21: Půdní mapa povodí Ostřice

V tabulce číslo 7 je stručný přehled zájmových území, kterými se tato diplomová práce zabývá v praktické části. Je zde zařazení do klimatického faktoru, pedologického a geomorfologického faktoru.

Tab. č. 7: Stručný přehled povodí

	Klimatický faktor	Pedologický faktor		Geomorfologický faktor
		HPJ	BPEJ	
J I	MT3 – mírně teplá oblast	34	8.34.21.	Českokrumlovská vrchovina
J II		73	8.73.11.	
SO3	MT3 – mírně teplá oblast	36	9.36.01.	Českokrumlovská vrchovina
		37	9.36.21.	
		50	9.36.24.	
			9.36.44.	
			9.37.16.	
		9.50.01.		
P6	MT5 – mírně teplá oblast	29	7.29.11.	Českomoravská Vrchovina
P52		73	7.29.01	
P53			7.29.14.	
			7.73.11.	

4.3 POUŽITÁ DATA

Tabulka číslo 8 uvádí všechna řešená povodí v diplomové práci s časovými řadami všech měřených středních denních průtoků za různě dlouhé hydrologické roky. Povodí Jenín I. a J II. vstupují do separace se sedmi hydrologickými roky. U subpovodí P6, P52 jsou střední denní průtoky měřeny ve třech hydrologických letech. V subpovodí P53 byl vynechán poslední analyzovaný půl rok hydrologického roku z roku 2011 z důvodu častých nulových průtoků a z důvodu předejití nesouvislé řady. Při započtení tohoto téměř nulového půl roku na denní průtoky by došlo k chybné separaci odtoku za použití digitálního filtru.

Tabulka 8: Přehled povodí a časových řad středních denních průtoku a srážek

Povodí	délka časové řady
J I	XI.04 – X.11
J II	XI.04 – X.11
P6	XI.08 – X.11
P52	XI.08 – X.11
P53	XI.08 – VI.11
SO2	XI.06 – X.08

4.4 METODY SEPARACE ODTOKU

Tato kapitola diplomové práce se zabývá separací přímého odtoku, který je součástí odtoku celkového, v každém zkoumaném povodí za pomoci kombinace dvou metod - metoda GROUND a digitální filtry.

Výsledky poměru přímého odtoku (Q_p)/celkovému odtoku (Q_c) byly porovnány a následně pro zjištění závislosti přímého odtoku na různých faktorech byly vybrány výsledky, které vyšly pomocí metody GROUND.

Toto rozhodnutí bylo provedeno z několika důvodů:

1. Digitální filtry separují celkový soustředný odtok na rychlou a pomalou složku a vychází z teorie analýzy signálu. Vysoké frekvence zaznamenávají přítomnost přímého odtoku, naopak dlouhé vlny frekvenčního spektra hydrogramu označují základní odtok. Metoda digitálních filtrů byla původně vynalezena pro zjišťování signálů, nebyla prvotně určena k hydrologickým účelům
2. Metoda GROUND je navržena pro separaci hydrogramů středních denních odtoků z českých povodí.
3. Metoda GROUND je vhodná pro separaci přímého a základního odtoku na malém povodí.
4. Metoda GROUND byla od počátku navržena pro hydrologické účely.

4.4.1 METODA DIGITÁLNÍ FILTRY

Dále bylo použito digitálního filtru s algoritmem – RDF (Recursive digital filter) dle Lyne a Hollicka založený na níže uvedené rovnici.

$$Q_d(i) = \alpha Q_d(i-1) + (Q(i) - Q(i-1)) \frac{(1+\alpha)}{2}$$
$$Q_d(i) \geq 0$$

Kde:

Q(i)	průměrný denní průtok základního odtoku (baseflow) v i-tém dni
Qtotal	průměrný denní celkový průtok v i-tém dni
Alfa	bezrozměrný parametr filtru

Při aplikaci digitálního filtru mohou být časové řady denních průtoků filtrovány ve třech krocích: dopředu, zpět a znovu dopředu. Při dopředných filtrech je

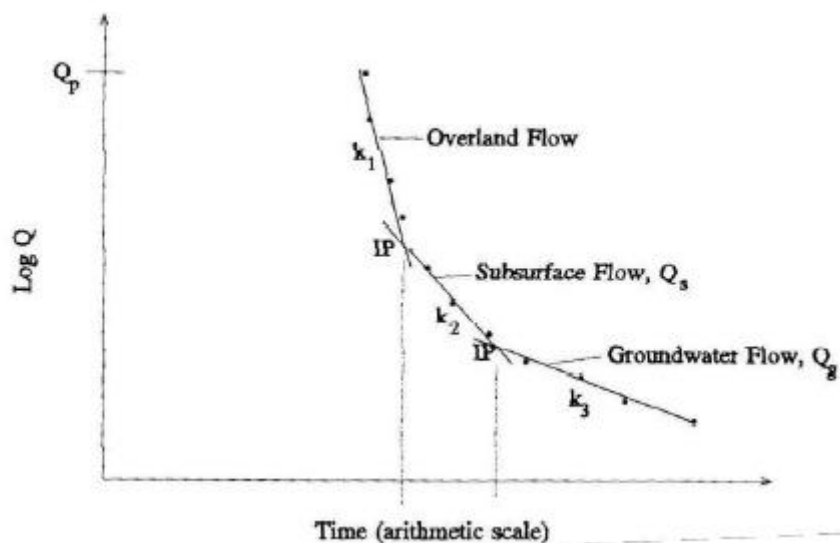
používán vzorec uvedený výše. Při zpětném filtru se místo $(i-1)$ dosadí $(i+1)$. V počátečním kroku je za $Q(i)$ dosazen průměrný denní celkový průtok v i -tém dni.

V druhém kroku je dosazen vypočtený základní odtok z prvního kroku a ve třetím kroku vypočtený základní odtok z druhého kroku. Díky tomuto postupu dojdeme k vyhlazení výsledných časových řad průtoků přímého odtoku.

Bezrozměrný parametr alfa byl nastaven na 0,925. Tato hodnota byla převzata od Nathana a McMahona (1990). Touto problematikou se také zabýval Arnold a kol. (1995). Všichni výše zmínění získali velice reálné výsledky, které se nejvíce podobaly výsledkům získaných manuálními technikami separace, a to při rozmezí bezrozměrného parametru 0,90 – 0,95 a optimem při 0,925.

Další podmínkou použití tohoto filtru je nutnost omezení výstupů takovým způsobem, aby filtrovaná složka odtoku (přímý odtok) nemohla nabývat záporných hodnot a aby pomalá složka odtoku nebyla větší než celkový odtok ($Q_b(i) = Q(i)$ při $Q_d(i) = 0$).

Bezrozměrná konstanta – k je pro všechna zájmová povodí nastavena $k = 0,99483$. Konstanta je zvolena dle metodiky zabývající se přímo na těchto povodí (Kvítek, 2004; Žlábek, 2009; Doležal a kol., 2003). Pro kalibraci využili metod dle Killeho (1970) a dále Klinera a Kněžky (1974).



Obr. č. 22: Inflexní body v poklesové větvi (Serrano, 1997)

V tabulce číslo 7 je přehled zkoumaných povodí s odlišně dlouhými naměřenými časovými řadami denních průtoků.

4.4.2 METODA GROUND

Výsledky byly ověřeny metodou GROUND – separace přímého odtoku, kterou se práce zabývá i na následujících stránkách. I o této metodě je psáno již v literární části. Jain (1997), Doležal a kol. (2003) uvádí, že metoda vznikla za účelem separovat přímý i základní odtok z malých povodí.

Jak uvádí Kvítek (2004), metoda GROUND byla založena za účelem, že při srážce – odtokové situaci pomalá složka odtoku reaguje se zpožděním jednoho dne od počátku růstu celkového odtoku. Výsledkem z této rovnice je hydrograf, neboli časová řada průtoků nebo odtoků.

Metoda funguje na principu reakce dvou separovaných složek odtoku – rychlé i pomalé, na danou srážku, kde samotný základní odtok nemusí mít okamžitou reakci na ní, z čehož vyplývá, že pomalá složka je zřejmě zapříčiněna hypodermickým odtokem, a tím pádem je odseparovaná složka složena ze základního odtoku i pomalejšího odtoku hypodermického.

Koeficient přírůstku základního odtoku COEF je jediným proměnlivým vstupním parametrem. Parametr C představuje počáteční poměr mezi zvýšením celkového odtoku a velikostí zvýšení pomalé složky odtoku. Jde o empiricky oddělenou hodnotu, pro povodí řádu 1 km² je 0,075. Tato hodnota byla převzata do této práce pro všechna zkoumaná povodí. Parametr C se mění v závislosti na tvaru hydrogramu celkového odtoku (konvexní nebo konkávní) a času. Algoritmus funguje následovně. Objem pomalé složky odtoku přestává růst v momentě, kdy dosáhne velikosti celkového odtoku o časový krok dříve.

Vnitřním parametrem, nepočítají - li se pomocné proměnné, je logická proměnná FLOOD a přírůstek základního odtoku DIFF. Podle Jaina (1997) je při součtu přímého a základního odtoku v každém časovém intervalu součet roven celkovému odtoku. Výstupem jsou dvě řady středních denních průtoků. Následuje nejprve přímý a poté základní odtok z povodí.

Kulhavý a kol. (2001) po jednotlivých krocích popisuje algoritmus metody GROUND.

Algoritmus metody GROUND:

Prvním členem algoritmu je základní odtok, tj. přímý odtok, jehož velikost je v prvním dnu nulový. Předpoklad že nenastane povodňová situace (FLOOD = FALSE). Den poté je porovnán průtok v předchozím dnu s průtokem v daném dnu. Na následujícím postupu záleží, zda v předchozím dnu povodňová situace přetrvává či nikoli. Vznikají čtyři situace:

- Povodňová situace nepřetrvává ani průtok se nezvyšuje. Předpokladem je v prvním dnu a dnech jemu předcházejících, že nenastane povodňová situace. Celý průtok se označuje jako základní odtok a přímý odtok v daném dnu má nulovou hodnotu.
- Povodňová situace nepřetrvává a průtok se zvyšuje. Nastává začátek povodňové situace. Celý základní odtok se rovná průtoku z předchozího dne a celý přírůstek průtoku považujeme za přímý odtok.
- Povodňová situace přetrvává - průtok se zvyšuje.
- Povodňová situace přetrvává - průtok se nezvyšuje.

Z principu této metody je zřejmé, že metoda je vhodnější pro separaci rychlé složky odtoku, z celkového odtoku než pro separaci pomalé složky odtoku z celkového odtoku. Složení pomalé a rychlé složky odtoku u metody RDF filtru dle Lyne a Hollicka je podobné jako u metody GROUND. Výsledky obou metod jsou porovnány v této diplomové práci.

4.5 VÝSLEDKY A DISKUSE

V tabulce číslo 9 jsou uvedena všechna analyzovaná povodí, kde se zkoumá separace přímého odtoku (dále jen Q_p) metodou GROUND a RDF Lynea Hollick, u které byl použit algoritmus dle Lynea a Hollicka. Konečné výsledky v tabulce číslo 8 jsou vypočteny pro celé délky časových řad uvedených v tabulce číslo 7. Výsledky jednotlivých metod jsou zároveň porovnány. V kapitole Metody je uvedeno, že metoda RDF filtry funguje ve více krocích, tudíž v tabulce 8 jsou uvedeny dva výstupy. V prvním kroku pro poměr Q_p a celkovému odtoku (dále jen Q_c), byl první výsledek získán prvním dopředným filtrem. Druhý výsledek je poměr Q_p a Q_c získaný dopředným filtrem v kroku třetím. Druhý krok vykazoval odlišné výsledky od výsledků v prvním a třetím kroku. Poměry Q_p/Q_c získané ve druhém kroku pomocí zpětného filtru nebyly tudíž zařazeny do analýzy povodí.

Subpovodí P6 vykazuje v prvním kroku metody RDF dle Lynea Hollicka stejný výsledek a to 21 % zastoupení Q_p jako u metody GROUND. Stejná situace nastala i u subpovodí P52. Separací Q_p u subpovodí P6, P52, P53 se prokázalo, že povodí P53 vykazuje vyšší zastoupení přímého odtoku (42%). Naopak subpovodí P6 vykazuje nejnižší zastoupení Q_p (21%) z trojce subpovodí v Kopaninském povodí. Za možnou příčinu většího podílu Q_p na subpovodí P53 přisuzuje Bystřický (2012), který řeší stejná zájmová území tomu, že povodí je umístěno v drenážním systému tak, že méně intenzivně odvodňuje zvodněné vrstvy. Povodí Jenín I. a II. vykazují dokonce shodné výstupy v prvním kroku RDF filtrů s výstupy GROUND. U povodí Ostřice pomocí metody GROUND vyšlo o 1 % nižší zastoupení Q_p než vykazuje metoda RDF filtru v prvním kroku. Z tabulky je zřejmé, že separace poměrů Q_p a Q_c se liší jen minimálně.

Digitální filtr Lynea a Hollicka dosahuje téměř podobných výsledků separace odtoku jako při použití grafických metod. Toto tvrzení vzniklo z dlouhodobých pozorování Nathana a McMahona (1990), Arnolda a kol. (1995), kteří se touto problematikou zabývali.

Tabulka 9: Poměr přímého odtoku (Qp) k celkovému odtoku (Qt) získaného metodou GROUND a RDF Lyne Hollick

	Metoda RDF Lyne Hollick					Metoda GROUND			
	Qt [m ³ /s]	1.krok Qp/Qt [m ³ /s]	1.krok Qp/Qt [%]	3.krok Qp/Qt [m ³ /s]	3.krok Qp/Qt [%]	Qt [m ³ /s]	Qz [m ³ /s]	Qp [m ³ /s]	Qp [%]
P6	1009	216	21	193	19	1009	795	214	21
P52	2449	736	30	666	27	2449	1708	747	30
P53	199	88	44	77	39	199	114	85	42
J I	8888	2407	27	2150	27	8888	6480	2406	27
J II	8932	2874	32	2571	32	8932	6035	2897	32
SO2	1397	299	21	264	18	1397	4769	280	20

4.5.1 POROVNÁNÍ ZÁVISLOSTI PŘÍMÉHO ODTOKU NA ÚHRNU SRÁŽEK

Subpovodí P6, P52, P53 byla z této statistické analýzy vynechána z důvodu nedostatečného množství dat. U povodí P6, P52 jsou data měřena pouze za tři hydrologické roky a u povodí P53 dokonce jen za dva a půl hydrologického roku. Z tohoto důvodu byla do analýzy faktorů (závislost přímého odtoku na srážce) zahrnuta povodí Jenín I. a II.

K tomuto porovnávání v povodí Jenín I. a II. bylo nutné vypočítat výsledky (tabulka číslo 10) poměru přímého odtoku k celkovému odtoku v procentuálním zastoupení jednou vybranou metodou ke každému hydrologickému roku zvlášť. V tabulce číslo 9 se pracuje s výsledky separace přímého odtoku pomocí metody GROUND (kapitola 4.3.). K povodí Jenín I. a II. byla k dispozici data průměrných denních středních průtoků a srážek za sedm hydrologických let (2004 - 2011), jak je uvedeno v tabulce číslo 7.

Tabulka 10: Procentuální zastoupení přímého odtoku (Qp) k celkovému množství spadlých srážek [mm] na povodí Jenín I. a II.

	Hydrologické roky od 1.11 do 31. 10. následujícího roku						
	2005	2006	2007	2008	2009	2010	2011
Povodí J I. [Qp %]	32	22	38	25	37	20	19
Povodí J II. [Qp %]	36	32	40	35	37	21	19
Srážky [mm]	776	733	884	749	829	656	638

Z tabulky číslo 10 lze konstatovat, že na povodí Jenín I. a II. byl největší srážkový úhrn v hydrologickém roce 2007, který činil 884 mm/hydrologický rok. V tomto roce je i největší procentuální zastoupení poměru Qp/Qc (Jenín I. - 38%; Jenín II. - 40%). Naopak v hydrologickém roce 2011 byl nejnižší srážkový úhrn (638 mm/hydrologický rok) i procentuální zastoupení Qp/Qc (Jenín I. 19%; Jenín II 19%) za všechny sledované hydrologické roky. Tyto informace jsou dobře znázorněny na obrázku číslo 23 a 24.

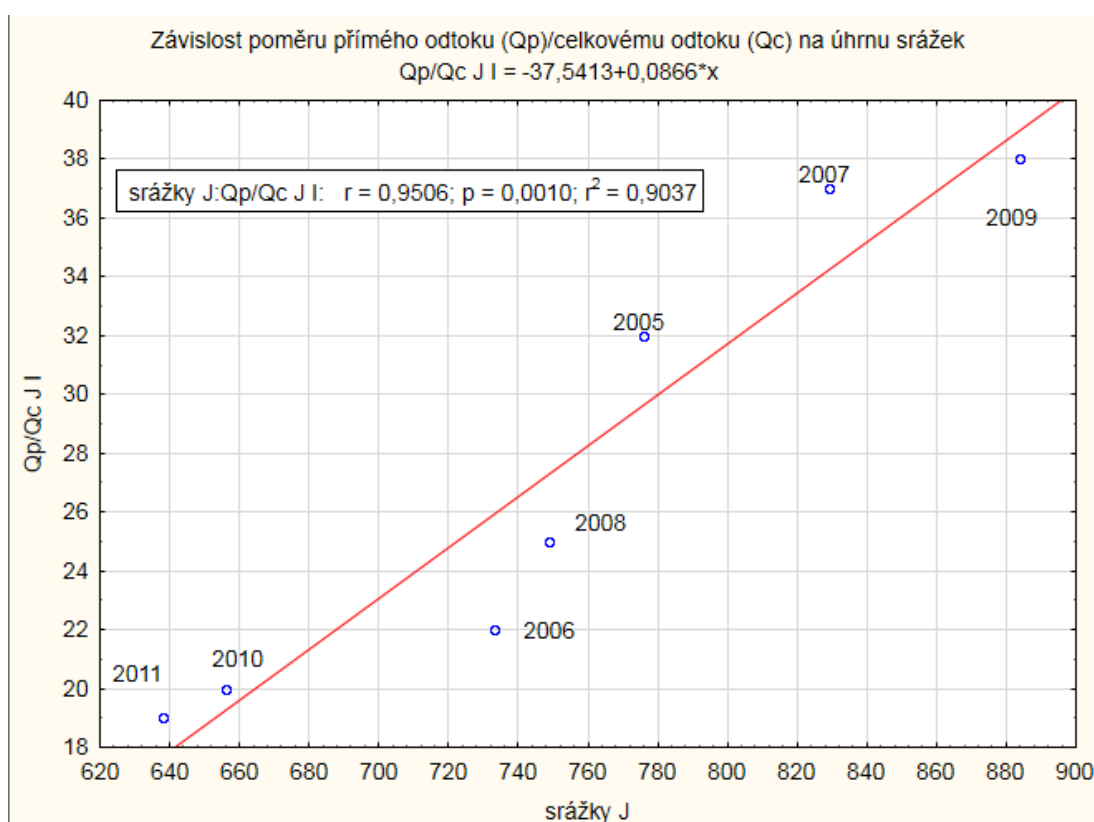
Na základě výsledných dat obsažených v tabulce číslo 10 byly v programu Statistika vytvořeny grafy (obr. č. 23, obr. č. 24), kde modré body na grafu znázorňují jednotlivé hydrologické roky uvedené v tabulce číslo 9. Z grafů je patrná závislost odtoku (osa y) na spadlých srážkách (osa x). Poměr přímého odtoku k celkovému odtoku na povodí Jenín I. a II. je statisticky průkazně ($p = 0,0010$;

0,0016), přímo úměrný úhrnu srážek. Na základě regresního koeficientu (0,0866) můžeme říci, že poměr Q_p/Q_c se zvětší o 8,7 % při nárůstu úhrnu srážek o každých 100 mm.

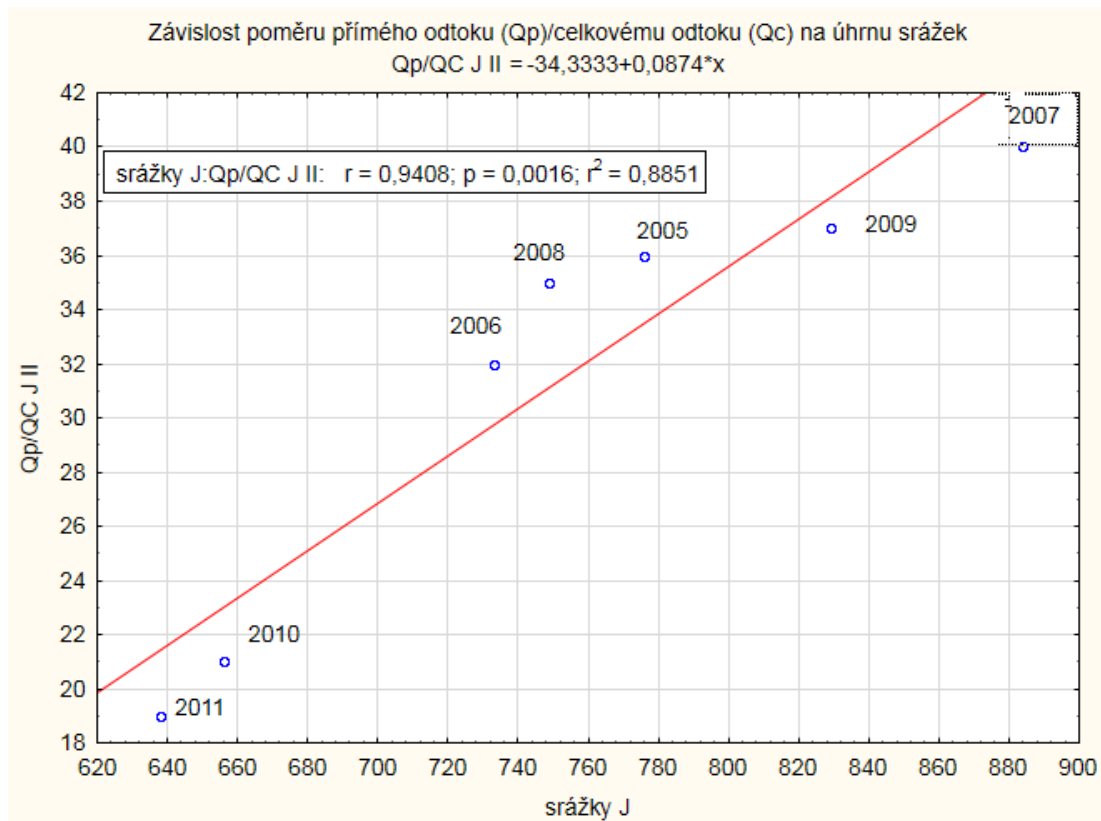
Koeficient determinace (dále jen r^2) udává procentuální vysvětlení variability. To znamená, že na povodí Jenín I. z 90,37 % a na povodí Jenín II. z 88,51 % lze předpovídat zastoupení Q_p na základě úhrnu srážek.

Ze statistického hlediska průkazná regrese neznamena vždy prokázanou kauzalitu (příčinnou souvislost), ovšem v našem případě je zřejmé, že odtok závisí na úhrnu srážek.

Poměr přímého odtoku je závislý na množství spadlých srážek. Lze říci, že čím vyšší je roční úhrn srážek, tím je vyšší podíl přímého odtoku. Což potvrzuje i Žlábek (2009), který tvrdí, že čím vyšší roční úhrn srážek, tím nižší podíl základního odtoku. Příloha 3 obsahuje přehledovou mapu srážek ČR se znázorněním průměrných ročních srážkových dní s úhrnem nad 10mm dle ČHMÚ vztaheny k roku 2005.



Obr. č. 23: Graf závislosti poměru přímého odtoku/odtoku celkovému na srážkovém úhrnu Jenín I.



Obr. č. 24: Graf závislosti poměru přímého odtoku/odtoku celkovému na srážkovém úhrnu v povodí Jenín II.

4.5.2 POROVNÁNÍ ZÁVISLOSTI PŘÍMÉHO ODTOKU NA SVAŽITOSTI POVODÍ

Z tabulky číslo 11 je svažitost povodí reprezentována především průměrnou svažitostí. Nejmenší průměrnou svažitost má povodí P6 ($3,2^\circ$) a SO2 ($3,9^\circ$), naopak největší svažitost má povodí J I. ($7,7^\circ$) a J II. ($7,4^\circ$). Svažitosti analyzovaných povodí jsou znázorněny pomocí odstínu na obrázku číslo 26 – 29, z kterých lze výše zmíněné tvrzení vyčíst.

Byly přidány ještě ukazatele variability (směrodatná odchylka, variační koeficient).

Tabulka 11: Statistické ukazatele svazitosti řešených povodí

Povodí	Průměrná svazitost (mean) [°]	Směrodatná odchylka (std dev.) [°]	Variační koeficient [%]
J I	7,7	2,6	34
J II	7,4	2,4	32
P6	3,2	1,2	37
P52	5,4	2,3	43
P53	6,4	2,1	33
SO2	3,9	1,9	49

V tabulce číslo 12 a na obrázku číslo 24 se opět pracuje s výsledky poměru přímého odtoku vypočteného pomocí metody GROUND. Data poměru zastoupení Q_p v tabulce byla vypočítána nikoli pro hydrologický rok³, ale pro zastoupení v malých (hlavních) vegetačních obdobích⁴ (konec vegetačního období je rozdělen nadmořskými výškami dle Českého Hydrometeorologického ústavu (2013): od 600 do 800 m n. m. připadá průměrné datum konce průměrné denní teploty 10°C a více na období do 30. září, ve středních polohách od 400 do 600 m n. m. připadá průměrné datum na období do 10. října a v nížinách do 400 m n. m. na období po 10. říjnu. Z grafu na obrázku číslo 23 je viditelné, že dosažená hladina průkaznosti $p = 0,074$ není průkazná na hladině významnosti $\alpha = 0,05$, ale lze předpokládat, že při větším výběrovém souboru (více stupňů volnosti – větší počet informací) by tato závislost průkazná byla. Dostál a kol. (2006) uvádí, že sklon terénu hraje podstatnou roli a je nutné tomuto faktoru věnovat náležitou pozornost. Čím větší sklon, tím menší zdržení vody v krajině, neboli nižší míra infiltrace. Sklonové poměry povodí ovlivňují rychlost proudění vody v povodí a tím i dobu soustředování odtoku ze svahů a rychlost proudění v údolnici. I Buzek (1983) tvrdí, že sklon svahu přímo ovlivňuje rychlost odtékající vody, a tím její energii.

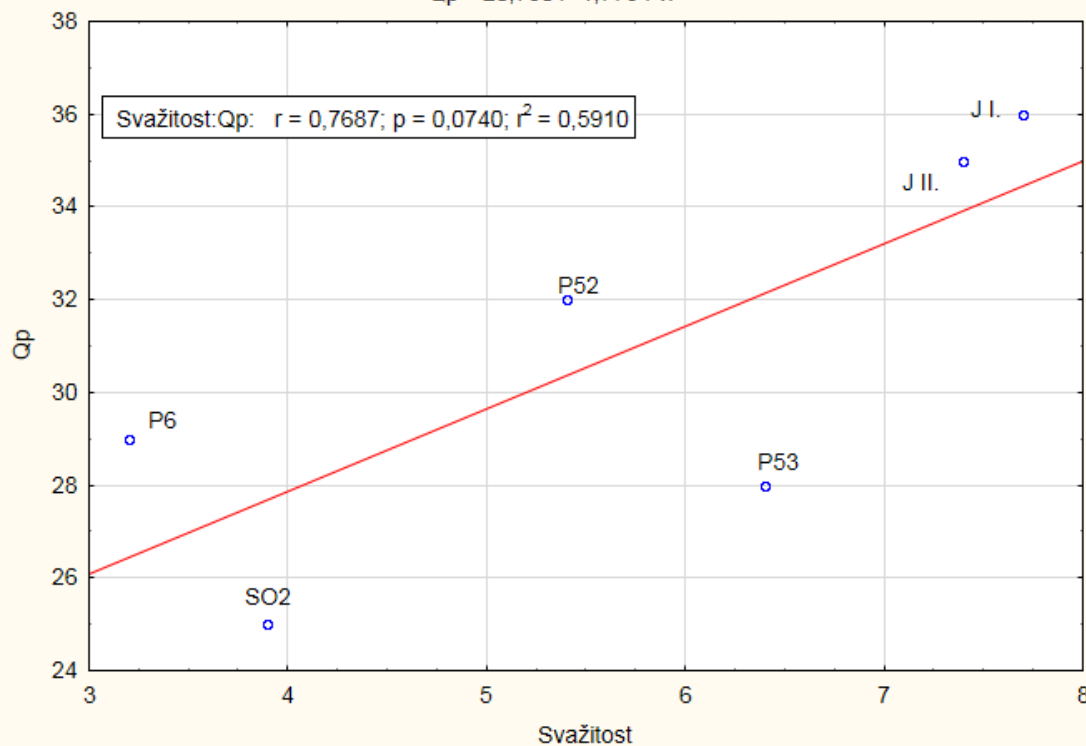
³ Začíná 1. 11. a končí 30. 10 (minimální srážky na přelomu měsíců X a XI).

⁴ Časový úsek, v němž příznivé klimatické podmínky (teplo, dostatek srážek) umožňují souvislý průběh hlavních životních funkcí rostlin (duben až září) a počet dní, kdy průměrná denní teplota neklesá pod 10°C. Opakem je vegetační klid.

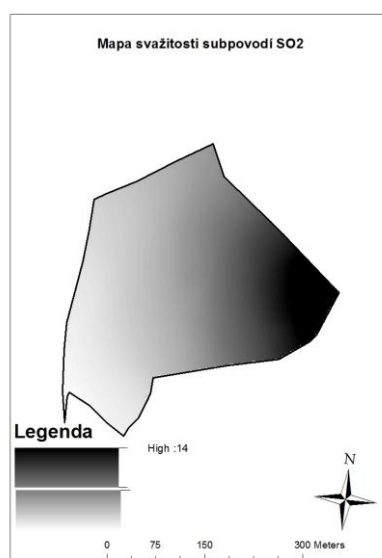
Tabulka 12: Procentuální zastoupení přímého odtoku (Qp) v závislosti na svažitosti jednotlivých povodí

	J I.	J II.	P 6	P52	P53	SO2
Svažitost [°]	7,7	7,4	3,2	5,4	6,4	3,9
Qp [%]	36	35	29	32	28	25

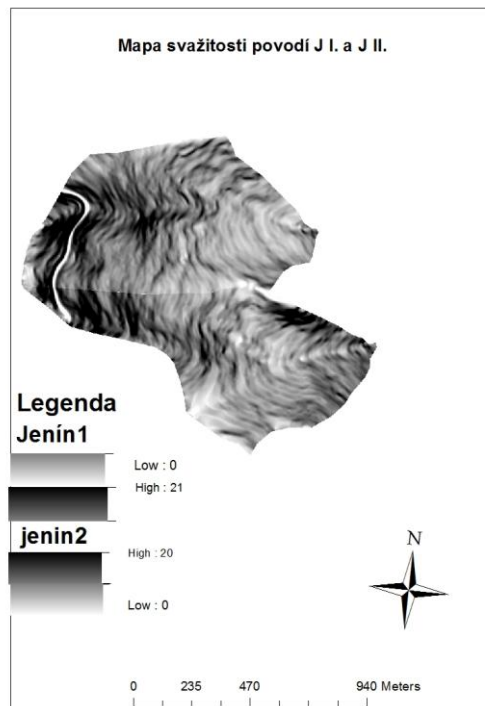
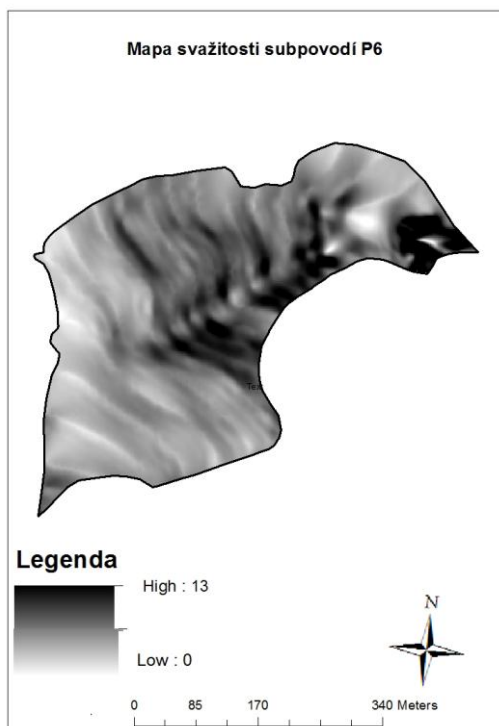
Graf závislosti poměru přímého odtoku (Qp)/celkovému odtoku (Qc) na svažitosti zájmových povodí
 $Qp = 20,7501 + 1,7794 * x$



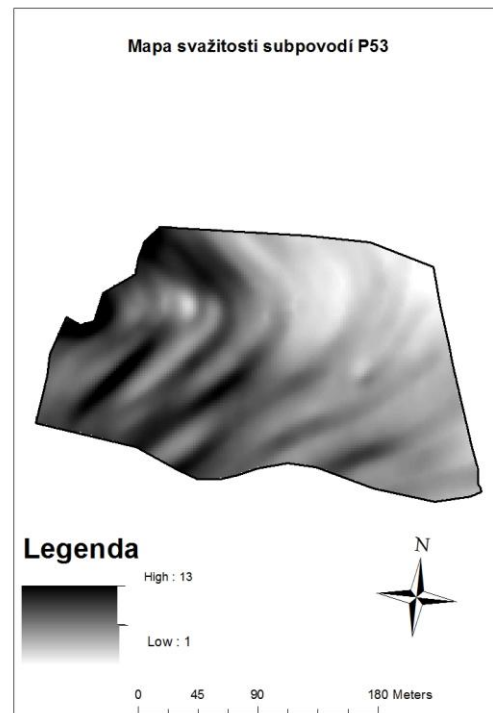
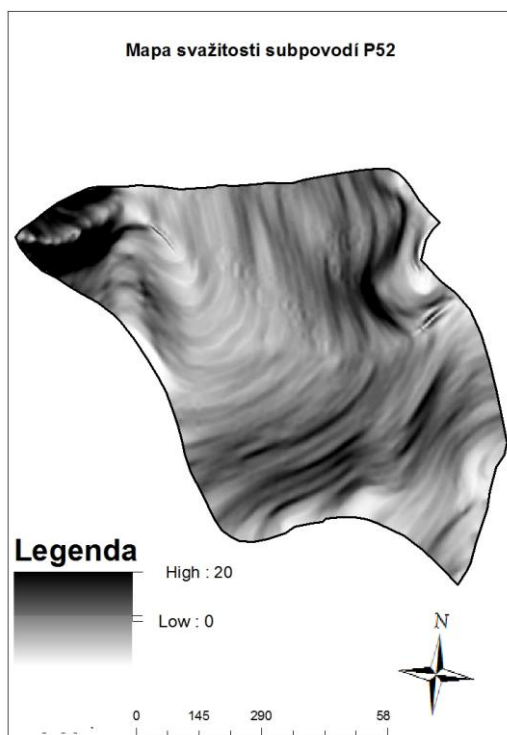
Obr. č. 25: Graf závislosti poměru přímého odtoku/celkovému odtoku (Qp/Qc) na svažitosti jednotlivých povodí



Obr. č. 26 – Mapa svažitosti povodí Ostrice SO2



Obr. č. 27: Mapa Svažitosti subpovodí P6; Obr. č. 28: Mapa Svažitosti J I., J II.



Obr. č. 29 – Mapa svažitosti subpovodí P52, P53

4.5.3 POROVNÁNÍ ZÁVISLOSTI PŘÍMÉHO ODTOKU NA ZASTOUPENÍ HYDROLOGICKÝCH PŮDNÍCH SKUPIN POVODÍ

V úvodu této kapitoly jsou nejprve popsány charakteristiky hydrologických vlastností půd, členění do hydrologických skupin půd (dále jen HSP) dle Janečka (2002).

Skupina půd A - Vyznačuje se vysokou rychlostní infiltrací ($>0,12$ mm. min⁻¹) a to i při úplném nasycení. Zahrnuje převážně hluboké, dobře až nadměrně odvodněné písky nebo štěrky.

Skupina půd B - Vyznačuje se střední rychlostí infiltrací (0,06-0,12 mm. min⁻¹) a to i při úplném nasycení. Zahrnuje převážně půdy středně hluboké až hluboké, středně až dobře odvodněné, hlinitopísčité až jílovitohlinité.

Skupina půd C – Vyznačuje se nízkou rychlostní infiltrací (0,02-0,06 mm. min⁻¹) a to i při úplném nasycení. Zahrnuje převážně půdy s málo propustnou vrstvou v původním profilu a půdy jílovitohlinité až jílovité.

Skupina půd D – Vyznačuje se velmi nízkou rychlostí infiltrace ($<0,02$ mm. min⁻¹) a to i při úplném nasycení. Zahrnujíce převážně jíly s vysokou bobtnavostí, půdy s trvale vysokou hladinou podzemní vody, půdy s vrstvou jílu na povrchu nebo těsně pod ním a mělké půdy nad téměř nepropustným podložím.

Do porovnání závislosti odtoku na HSP byla zahrnuta všechna řešená povodí, kromě povodí Ostřice, a to z důvodu nedostatku potřebných dat na tomto povodí. Na všech povodích se vyskytují pouze dvě hydrologické skupiny půd – B, C. Plošně je nejvíce zastoupena HSP skupina B je na povodí P53 - 97,94 % a na povodí P6 - 68,76 %. Naopak nejmenší zastoupení 19,57 % na povodí P52. Hydrologická půdní skupina C – se vyskytuje u všech povodí, kromě subpovodí P53. Největší procentuální výskyt je na povodí P6 – 31,24 % (tab. č. 13, obr. č. 30).

Po provedení regresní a korelační analýzy v programu Statistika vyšly výsledky, které neprokazovaly žádný průkazný vztah vlivu HSP na přímý odtok. Z hlediska propustnosti půd není na povodích zastoupení HSP typu A ani D, pouze B, C. Neznamená to však, že by HSP nebyly jedním z faktorů, které ovlivňují přímý odtok. Janeček a kol. (2002) obecně uvádí, že infiltrační schopnost půdy by měla

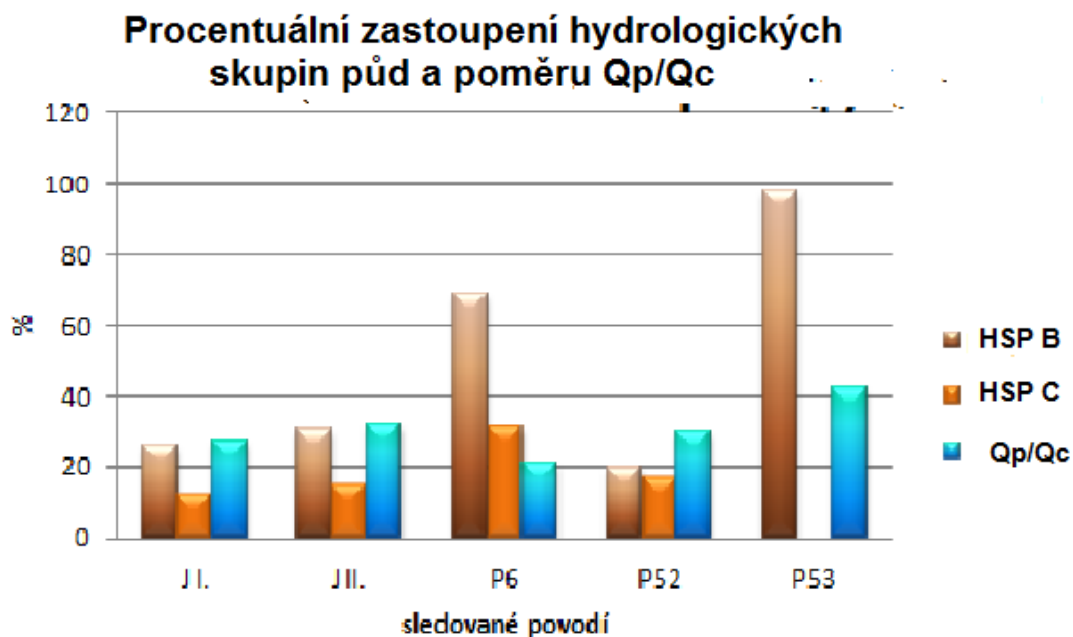
být střední až vysoká z důvodu minimalizování povrchového odtoku vody a vodní eroze, ne však extrémně vysoká, neboť na příliš propustných půdách s promyvným vodním režimem hrozí rychlé vyplavování živin a polutantů do podloží a do podzemních vod. Podle Janečka (2007) je odtok určen objemem srážek, infiltrací, vlhkostí půdy a retencí povrchu. Omezení infiltrace vody do půdy zvyšuje povrchový odtok, což tvrdí i Podhrázská a Dufková (2005) a naopak vysoká infiltrace napomáhá snižování povrchovému odtoku.

Existuje řada přímých i nepřímých vlivů ovlivňující infiltrační schopnost půdy (Klimatické poměry – intenzita, množství a časové rozložení srážek, teplotní poměry a roční doba. Pedologické poměry – zejména fyzikální vlastnosti půd, tj. zrnitost, struktura, pórovitost a humóznost; stav svrchní vrstvy půdy; vlhkostní poměry půd, tj. půdní vlhkost, sací tlak, hydraulická vodivost a výška hladiny podzemní vody.

Nesmíme opomenout zmínit kořenový systém a podpovrchové systémy chodbiček půdních živočichů, které slouží jako preferenční cesty pro zvyšování přímého odtoku (Janeček, 2002).

Tabulka 13: Procentuální závislost poměru přímého odtoku/ odtoku celkovému na hydrologických skupinách půd (dále jen HSP)

Povodí	HSP [%]		Plocha povodí [ha]	Qp / Qc [%]
	B	C		
Jenín I	26,32	12,60	46,80	27
Jenín II	30,32	15,05	55,20	32
P 6	68,76	31,24	15,73	21
P 52	19,57	16,65	64,91	30
P53	97,94	-	4,86	42



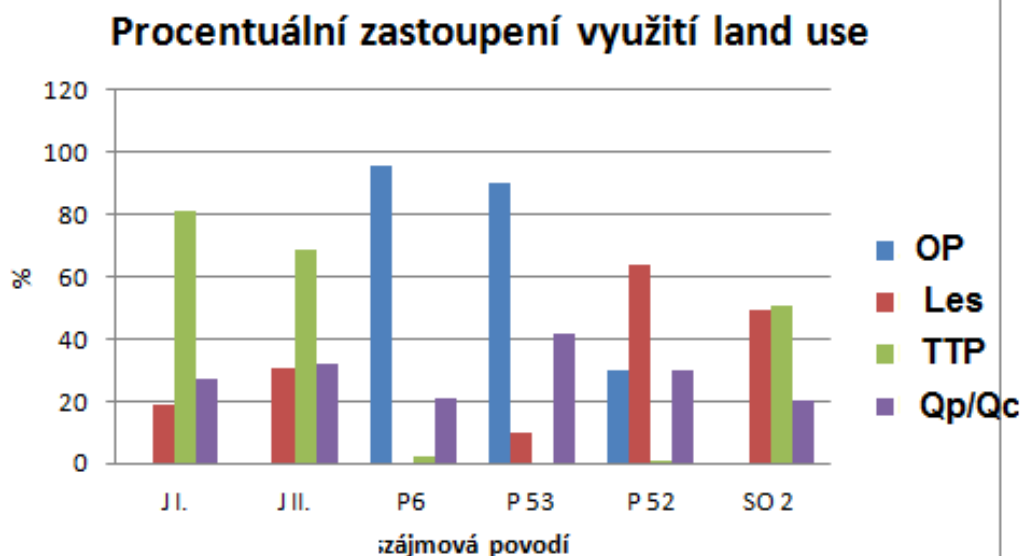
Obr. č. 30: Graf procentuálního zastoupení poměru přímého odtoku (Qp)/celkovému odtoku(Qc) a hydrologických skupin půd (HSP) na sledovaných povodích

4.5.4 POROVNÁNÍ ZÁVISLOSTI PŘÍMÉHO ODTOKU VZHLEDEM K VYUŽÍVÁNÍ DANÉHO ÚZEMÍ – LAND USE (LAND COVER)

Land use determinuje míru intercepce a infiltrační vlastnosti na daném území. Vegetační pokryv má výrazný vliv na infiltraci spadlých srážek. Zároveň tím ovlivňuje velikost a množství podzemního odtoku. Dále se tím výrazně ovlivní intenzita rychlé složky odtoku - přímý odtok, jak zmiňuje i Žlábek (2009) ve své disertační práci.

Tabulka 14: Procentuální zastoupení landuse, přímého odtoku (Qp) k rozloze analyzovaných povodí

povodí	rozloha [km ²]	orná půda [%]	Les [%]	TTP [%]	Qp/Qc(%)
J I	46,81	-	19	81	27
J II	55,21	-	31	69	32
P 6	15,73	96	-	2	21
P 53	4,86	90	10	-	42
P 52	64,93	30	64	1	30
SO2	10,83	-	49	51	20



Ob. č. 31: Graf procentuálního zastoupení

V tabulce číslo 14 a obrázku číslo 31 jsou zobrazena všechna zájmová povodí a k nim přiřazené výsledky celkových výměr, procentuální zastoupení lesa, orné půdy, TTP a poměr přímého odtoku pomocí metody GROUND (proč byla vybrána metoda GROUND je zdůvodněno v kapitole 4.4.1.

Orná půda, les a trvalým travním porostem (dále jen TTP) je jen výčet malého množství faktorů, které se podílí na vzniku, síle a délce trvání přímého odtoku. Avšak při provedení regresní a korelační analýzy nebyl zaznamenán průkazný vztah mezi využitím území (jednotlivé typy land use) a poměrem přímého odtoku (dále jen Qp). Avšak tyto faktory mají vliv na vznik přímého odtoku. Jak už zmínil Bystřický (2012) ve své práci, neprůkaznost se může přisuzovat například tomu, že dané povodí faktor land use natolik neovlivňuje, jako např. svažitost.

U povodí Jenín I., II. je území zastoupeno lesním porostem z 19% a TTP z 81% a i poměr Qp (27%, 32%) je nižší než je tomu u subpovodí P53 (42 %). Může to být přisuzováno vyšší retenční schopností travního porostu a lesa. Druh vegetačního krytu reguluje množství zachycených srážek na těle rostlin, velikost ztrát výparem, množství vsáklé vody. Proto se může říci, že významně ovlivňuje jednotlivé fáze odtoku vod.

Les je zastoupen u subpovodí P52 z 64 % a povodí SO2 z 49 %. Důležitou roli hrají, podle Míchala a kol. (1992) parametry, které ovlivňují schopnost zadržovat vodu a po jakou dobu. Mezi tyto faktory patří postavení lesa, nadmořská výška, složení lesa i situovanost v krajině. Zdravý a poměrně vospělý les se správným zastoupením dřevin pro danou lokalitu, s dostatečnou vrstvou humusu a hrabanky, označuje Kvítek a kol., (2006) za les, který je schopný pojmout a zadržet velké

množství vody ze spadlých srážek a následně s určitým časovým zpožděním zásobovat tok v povodí.

Jak již bylo zmíněno výše, na subpovodí P53 lze vidět, že poměr přímého odtoku k celkovému odtoku je zde největší (42%). Této situaci se může přisuzovat i velká rozloha orné půdy, které je zastoupená téměř ze 100 %. Jak uvádí Daňhelka (2007), pro vznik přímého odtoku jsou příznivé zemědělské plochy bez dostatečného zapojení pěstovaných plodin chránících půdní povrch (např. pěstování kukuřice). Toto období, kdy zemědělská půda není dostatečně chráněná vegetací, nastává od měsíce srpna až do března.

5 ZÁVĚR

Diplomová práce je zaměřena na analýzu faktorů na sledovaných povodích, které se podílí na vzniku rychlé složky odtoku (přímý odtok). Mezi zájmová povodí byla zahrnuta subpovodí P6, P52, P53 v povodí Kopaninského toku, dále povodí Jenín I. a II. a subpovodí SO2 v povodí Ostřice.

K separaci zastoupení přímého odtoku z celkového odtoku byla využita metoda GROUND a RDF Lyne Hollick. Ke statistickému porovnání závislosti přímého odtoku na faktorech, zejména na množství srážek, svažitosti, land use a hydrologických skupin půd které ho ovlivňují (Bedient a Wayne, 1948), byly vybrány výsledky metody GROUND. Metoda GROUND byla od počátku navržena pro hydrologické účely a je navržena pro separaci hydrogramů středních denních odtoků z českých povodí. Je vhodná pro separaci přímého odtoku na malém povodí.

V praktické části diplomové práce se statisticky průkazně ($p = 0,0010$; $0,0016$) vyšla závislost odtoku na úhrnu srážek u povodí Jenín I. a II. Lze říci, že čím vyšší je roční úhrn srážek, tím je vyšší podíl přímého odtoku.

Naopak se neprokázala závislost přímého odtoku na svažitosti zájmových povodích. Závislost vyšla statisticky neprůkazně ($p = 0,074$) na hladině významnosti $\alpha = 0,05$. Často se v odborné literatuře uvádí např. Janeček a kol. (2002), Kulhavý (2000) i Výzkumný ústav meliorací a ochrany půd, v.v.i., že na velmi svažitém, exponovaném a dlouhém pozemku je přímý odtok silnější než na mírnějším, kratším a méně exponovaném svahu. Tudíž je ke svažitosti přihlíženo jako k faktoru, který ovlivňuje vznik přímého odtoku.

Naopak se neprokázala závislost přímého odtoku na jednotlivém využití území (land use) v zájmových územích. Obecně lze ale říci, že pokud převládá orná půda nad vegetací, povrchový odtok bude větší. Na obdělávané orné půdě se zachytí málo vody, narozdíl od TTP a lesního porostu. Důvodem je, že vegetace vytváří podmínky pro lepší zasakování vody (vodu na povrchu zdržuje, takže má čas se zasáknout a neodteče tak rychle). Lesní porost je schopný zadržet nemalé množství srážkové vody a následně díky evaporaci vracet vodu zpět do ovzduší, jak popisuje i Kvítek a kol., (2006).

Při statistickém určení závislosti přímého odtoku na hydrologických skupinách půd, vyšly výsledky, které neprokázaly žádný průkazný vztah na zájmových povodích. Z hlediska propustnosti půd není na povodích zastoupení hydrologickými skupinami typu A ani D, pouze B, C. Nejčteněji zastoupena hydrologická skupina půd na subpovodí P53 z 97,94% je B a na subpovodí P6 z 68,76 %. Naopak nejmenší zastoupení hydrologickou skupinou B z 19,57% je na

povodí P52. Hydrologická půdní skupina C se vyskytuje na všech povodích, kromě subpovodí P53. Největší procentuální výskyt je na povodí P6 - 31,24 % z celkové výměry 15,73 ha. I když tato závislost vyšla neprůkazná, je hydrologická skupina půd označována za faktor, který má určitý vliv na vznik přímého odtoku. Podle Janečka (2007) je odtok určen objemem srážek, infiltrací, vlhkostí půdy a retencí povrchu. Janeček a kol. (2002) obecně uvádí, že infiltrační schopnost půdy by měla být střední až vysoká z důvodu minimalizování povrchového odtoku vody a vodní eroze.

6 PŘEHLED POUŽITÉ LITERATURY

Arnold, J. G., Allen, P. M., Muttiah, R., Bernhardt G. Automated Baseflow Separation and Recession Analysis Techniques. *Ground Water* 33, 1995, s. 1010-1018.

Baumgartner, A., Liebscher, J. *Allgemeine Hydrologie Quantitative Hydrologie*. Gebrüder Borntraeger. Berlín, 1996.

Bedient, P. C., Hubert, W. C. *Hydrology and floodplain Anylysis: Third Edition*, Pretice Hall. London, 2002, 763 s.

Beven, K. J. *The Primer*. Chichester: John Wiley and Sons. *Rainfall – Run-off Modelling*, 2001, s. 360 – 372.

Bratrych, V. *Živel Voda*. Agentura Koniklec, Praha, 2005, 300 s. ISBN 80-902606-6-7.

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

Buzek, L. *Eroze půdy*. Pedagogická fakulta v Ostravě. Ostrava, 1983, 257 s.

Bystřický, V. *Analýza časových řad nutrientů v celkovém i základním odtoku ve vybraném povodí*. Disertační práce. Jihočeská univerzita v Českých Budějovicích, Zemědělská fakulta, 2012, 138 s.

Český hydrometeorologický ústav Praha. *Hydrologická ročenka České republiky 2001*. Český hydrometeorologický ústav, Praha, 2002, 179 s. ISBN 80-85813-63-7.

Culek, M. *Biogeografické členění České republiky*. Enigma, Praha, 1996, 244 s. ISBN 8085368803.

Daňhelka, J. *Hydrologické modely a nejistota předpovědí*, Sborník prací Českého hydrometeorologického ústavu. In: *Sborn. Operativní hydrologie*, Praha: ČHMÚ, 2007, 104 s. ISBN 978-80-86690-48-3.

Demek, J. Zeměpisný lexikón ČSR, Hory a nížiny. Academia, Praha, 1987, 584 s.

Dijkma, R., Lanen, H. A. J. Variable groundwater catchment size in an area with deep water tables. 1. vyd. Contribution in proceedings, 2002. In: Interdisciplinary Approaches in Small Catchment Hydrology: Monitoring and Research: ERB and Northern European FRIEND Project 5 Conference, Demänovská dolina, Slovakia, 25-28 September.

Doležal, F., Kulhavý, Z., Kvítek, T., Soukup, M., Tippl, M. Methods of runoff separation applied to small stream and tile drainage runoff. In: Holko, L., Miklánek, P. Interdisciplinary approaches in small catchment hydrology: Monitoring and research. IHP-VI Technical Documents in Hydrology no. 67, UNESCO, Paris, 2003, s. 131-136.

Doležal, F., Kulhavý, Z., Soukup, M., Kodešová, R. Hydrology of tile drainage runoff: European Geophysical Society, XXV General Assembly. France: Physics and Chemistry of the Earth, vol. 26, 2001, s. 623 – 627.

Doležal, F., Soukup, M., Kulhavý, Z. Separace složek drenážního odtoku a její využití při klasifikaci existujících drenážních systémů. Vědecké práce, Praha: VÚMOP, 2000, roč. 2001, č. 12: s. 29 – 52. ISSN 1210-1672.

Dostál T., David V., Vrána K., Nováková H. Studie odtokových poměrů v povodí Weisseritz. ČVUT v Praze, projekt EMTAL, Praha, 2006.

Fídlér, J. Hydrologie drenážních odtoků. ZZ R-VI-11/3, VŠZ, Praha, 1970.

Fídlér, J. Meliorace, 1st ed.; Státní pedagogické nakladatelství. Praha, 1975.

Fučík, P. Posuzování vlivu odvodňovacích systémů a ochranných opatření na jakost vody v zemědělsky obhospodařovaných povodích drobných vodních toků, 1st ed.; Praha, 2010.

Grayson, B. R., Argent M. R., Nathan, J. R., McMahon, T. A., Mein G. R. Hydrological recipes: estimation techniques in Australian hydrology. Cooperative Research Centre for Catchment Hydrology. China, 1996, 125 s.

Hanusin, J. Prirodná krajina – voda – spoločnosť. Životné prostredie. Ústav krajinném ekologie SAV Bratislava, 1996, roč. 1996, č. 6, s. 98 – 99.

Hawkins, R. H., Ponce, W. M. Run-off Curve Number: Has It Reached Maturity. Journal of Hydrologic Engineering. 1996, roč. 1996, č. 1, s. 11-19.

Herber, V., Suda, J. Cvičení z fyzické geografie I. -Hydrologie - 1. vyd. PF ZČU, Plzeň, 1994.

Tachecí, P. Hydrologický režim malého horského povodí a odhad účinků změny prostoru: Doktorská disertační práce. ČVUT, Praha, 2002, 133 s.

Hornbeck, J. W., Adams, B. M., Corbett, E. S., Verry, E. S., Lynnch, P. J. Long-term impal of forest treatment on water Šeld: a summary for northern USA. Journal of hydrology, 1999, s. 323-344.

Hrádek, F., Kuřík, P. Hydrologie. Praha: Zemědělská univerzita, Praha, 2002, 290 s.

Hubačíková, V. Hydrologie. Vyd. 1. Brno: Mendelova zemědělská a lesnická univerzita. Brno, 2002, 43 s. ISBN 978-80-7157-638-9.

Chapman, T. A comparison of algorithms for stream flow recession and baseflow separation. Hydrol. Process. 1999, roč. 1999, č. 13, s. 701 – 714.

Chapman, T.G., Maxwell, A.I. Baseflow separation - comparison of numerical methods with tracer experiments. I.E. Aust. Natl Conf. Publ, roč. 1996, č. 05, s. 539-545 In: Doležal, F., Kvítek, T. The role of recharge zones, discharge zones, springs and tile drainage systems in penepains of Central European highlands with regard to water quality generation processes. Physics and Chemistry of the Earth, Parts A/B/C. 2004, roč. 2004, č. 29, s. 775-785.

Chester, O. Wisler, E., Brater, F. Hydrology: J. Wiley and Sons. J. Wiley and Sons, New York, 1959. ISBN 9780471956341.

Jain, S.K. Evaluation of catchment strategies by modeling soil erosion/water quality in EPIC supported by GIS. M.Sc. thesis, Galway: National University of Ireland, Department of Engineering Hydrology. 1997.

Jain, S. K. Evaluation of catchment management strategies by modelling soil erosion/water quality in EPIC supported by GIS. M.Sc. thesis, Galway, National University of Ireland. Department of Engineering Hydrology, 1999, roč. 1999, č. 15, s. 41-54.

Janeček, M. Produkty eroze zemědělských půd v povrchových vodách. Disertační práce, VÚMOP Praha – Zbraslav, 1992, 372 s.

Janeček, M. Vzorkovací zařízení k zjišťování povrchového odtoku a smyvu půdy ze svažitého pozemku. In: Meliorace. Washington, 1975.

Janeček, M. Využití metody "čísel odtokových křivek" k určování přímého odtoku z malých zemědělských povodí. Vědecké práce VÚZZP, 1982, roč. 1982, č 1, s. 42-53.

Janeček, M. Odhad objemu přímého odtoku z malého zalesněného povodí "metodou čísel odtokových křivek". Sborník ze symposi "Lesotechnické meliorácie v ČSSR. ČCCR, 1984, s. 156-166.

Janeček, M. Ochrana zemědělské půdy před erozí. ISV Praha, 2002, 201 s. ISBN 85866-85-8.

Janeček, M.

Janeček, M. Komplexní řešení pro vodárenství. Vodní Hospodářství, 2010, roč. 2010, č. 7, s. 187-189.

Jeníček, M. Modelování srážko-odtokových procesů na malých a středně velkých povodích, 1985. In: Langhammer, J. Povodně a změny v krajině. PřF UK. Praha, 2007, s. 101-109.

Juračková, P. Hydraulické parametry hornin v oblasti dolní Rožínky. Bakalářská práce Brno, 2007, 37 s.

- Jůva, K. Odvodňování půdy. Státní zemědělské nakladatelství, Praha, 1957, 264 s.
- Jůva, K. Geografie moří a oceánů. Karolinum, Praha, 1992.
- Jůva, K. Odvodňování půdy. Státní zemědělské nakladatelství, Praha, 1992, 526 s.
- Kaňok, J. Antropogenní ovlivnění velikosti průtoků řek povodí Odry po profil. Kožle. Ostravská univerzita, Ostrava, 1997, 188 s. ISBN 80-7042-749-3.
- Kalvová, J. Globální klimatické modely a scénáře změny klimatu pro Českou republiku. Meteorologické zprávy. In: Národní klimatický program České republiky, Praha, 2002, roč. 2002, č. 32, s. 1-58.
- Kemel M. Klimatologie, meteorologie, hydrologie. ČVUT, Praha, 2000, s. 65-67.
- Kettner, R. Všeobecná geologie: vnější geologické síly, zemský povrch, geologická činnost vody. 2 vyd. ČSAV, Praha, 1954, 462 s.
- Kille, K. Das Verfahren MoMNQ, ein Beitrag zur Berechnung der mittleren langjährigen Grundwasserneubildung mit Hilfe der monatlichen Niedrigwasserabflüsse. Zeitschrift der deutschen geologischen Gesellschaft, Sonderheft Hydrogeologie und Hydrogeochemie, 89-95 s. In: Kněžek, M. (1988): Podzemní složka odtoku. VÚV, Státní zemědělské nakladatelství, Praha, 1970, 62 s.
- Kliment Z., Matoušová M., (ed.) Analýza trendů srážko-odtokového režimu ve vybraných pramenných oblastech České Republiky. Hydrologické dny 2010 Hradec Králové, 2010, roč. 2010, č. 8, 63-69 s.
- Kliner, K., Kněžek, M. Metoda separace podzemního odtoku při využití pozorování hladiny podzemní vody. Vodohospodářský časopis, 1974, roč. 1974, č. 22, s. 457-466.
- Kněžka, M. Podzemní složka odtoku. Výzkumný ústav vodohospodářský. Praha. Státním zemědělské nakladatelství, Praha, 1988, 64 s.

Kolektiv autorů. Hydrologické poměry ČSSR. Díl I, II, III. Hydrometeorologický ústav, Praha, 1970, 305 s.

Kos, Z., Říha, J. Vodní hospodářství 10. Skript. ČVUT, Praha, 2000.

Kovář, P. Využití hydrologických modelů pro určování maximálních průtoků na malých povodích. Doktorská disertační práce, SIC ČZU Praha, 1994.

Kravka, M. Základy lesnické a krajinářské hydrologie a hydrauliky. Vyd. 1. Mendelova zemědělská a lesnická univerzita, Brno, 2009, 113 s. ISBN 978-80-7375-338-2.

Krešl, J. Hydrologie. Mendelova zemědělská a lesnická univerzita v Brně, Brno, 2001, ISBN 80-7157-490-2.

Kříž, H. Hydrologie podzemních vod. Academia, Praha, 1983, 289 s.

Kulhavý, Z., Doležal, F., Soukup, M. Separace složek drenážního odtoku a její využití při klasifikaci existujících drenážních systémů. Vědecké práce VÚMOP, Praha, 2011, s. 29-52.

Kulhavý, Z., Kovář, P. Využití modelů hydrologické bilance pro malá povodí. VÚMOP, Praha, 2000, 123 s.

Kulhavý, Z.; Soukup, M.; Doležal, F.; Čmelík, M. Zemědělské odvodnění drenáží, 1st ed.; uživatelský výstup projektu QF3095 Národního programu výzkumu TP3-DP6 priority 6: Praha, 2007.

Kulhavý, Z., Tlapáková, L., Čmelík, F., Doležal, F. Podíl drenážního odtoku na celkovém odtoku z povodí. Předáno do tisku – VH, 2010.

Kvítek, T. Využití a ochrana vodních zdrojů. ZF JCU ČB, 2006, 150 s.

Kvítek, T. (ed.). Vliv rozmístění druhů pozemků v povodí na odtok a odnos vybraných látek. Redakčně upravená roční zpráva za rok 2011, projekt NAZV QH82095, VÚMOP, v.v.i., Praha, 2011, 69 s.

Lyne, V., Hollick, M. Stochastic time-variable rainfall-run-off modeling. I.E. Aust. Natl. Conf. Publ. Canberra. 79/10: 89-91 s. In: Žlábek, P. (2009): Vliv uspořádání krajinné matrice na složky odtoku. České Budějovice. Dizertační práce. Jihočeská univerzita v Českých Budějovicích, 1979, 70 s.

Matoušek, V. Poznávání odtokových vlastností malých povodí za regionálních dešťů. Výzkumný ústav vodohospodářský T. G. Masaryka, Praha, 2001, 296 s.

Maidment, D. R. (ed.). Handbook and Hydrology. McGraw-Hill, New York, 1993, 1424 s.

Matoušek, V. Poznávání odtokových vlastností malých povodí za regionálních dešťů. Výzkumný ústav vodohospodářský T. G. Masaryka, Praha, 2010, 296 s.

Martoň, J., Tolgyessy, J., Piatrik, M. Získávanie, úprava, astenie a ochrana vod, ALFA vydavateľstvo technickej a ekonomickej literatury, Bratislava, 1984, 456 s.

Matoušková, M., Kliment, Z. Runoff changes in the Šumava Mountains (Black Forest) and the foothill regions. Extent of influence by human impact and climate change. Water Research Management, 2008, roč. 2008, č. 9, s. 1813-1834 s.

Matoušková, M., (ed.). Živel voda. Agentura Koniklec, Praha, 2005, 293 s. ISBN 80-902606-6-7

Melioris, L., Mucha, I., Pospíšil, P. Poznávání odtokových vlastností malých povodí za regionálních dešťů. ALFA – nakladatelství technickej a akonomickej literatury, Bratislava, 1986, 429 s.

Metelka L. Předpokládaná změna klimatu v ČR v průběhu 21. století. Hydrologické dny 2010 Hradec Králové, 2010, roč. 2010, č. 1, s. 13-16.

Nathan, R.J., McMahon, T.A. Evaluation of Automated Techniques for Baseflow and Recession Analysis. Water Resources Research, 1990, roč. 1990, č. 26, s. 1465-1473.

Netopil, R. Hydrologie pevnin. 1. vyd. Československá akademie věd, Praha, 1972, 294 s.

Němec, J. Hydrologie. Státní zemědělské nakladatelství, Praha, 1965, 237 s.

Naef, F., Scherrer, S., Weiler, M. A process based assessment of the potential to reduce flood runoff by land use change. Journal of Hydrology, 2002, roč. 2002, č. 267, s. 74-79.

Oliver, J. Encyclopedia of world climatology, Encyclopedia of earth sciences series, Springer, 2005, 854 s.

Quitt, E. Klimatické oblasti Československa. Studia geographica 16, Geografický ústav ČSAV, Brno, 1971, 73 s.

Petts, G. E., Amoros, C. Fluvial Hydrosystems. Chapman and Hall. Springer, London, 1996, 322 s. ISBN 0412371006.

Petříček V., Cudlín P. Máme bojovat proti povodním? Životné prostredie, 2003, roč. 2003, č. 4, s. 25-35.

Philip, B. B., Wayne C. H. Hydrology and floodplain analysis. Addison – Wesley Publishing Company, New York, 1988.

Podhrázská, J., Dufková, I. Protierozní ochrana půd. Mendelova zemědělská a lesnická univerzita v Brně, 2005, 1. vyd., s. 99, ISBN 80-7157-856-8.

Ponce, V. M. Principles and Practices, Englewood Cliffs, N.Y. Engineering Hydrology. Prentice-Hall, s. 640. In: Matoušek, V. (2010): Poznávání odtokových vlastností malých povodí za regionálních dešťů. Výzkumný ústav vodohospodářský T. G. Masaryka, Praha, 1989, 296 s.

Peters, D. L., Prowse, T. D. Regulation effects on the lower Peace River. Hydrological processes, Canada, 2001, roč. 2001, č. 15 (16), s. 3181-3194.

Quitt, E. Klimatické oblasti Československa. Studia geographica 16, Geografický ústav ČSAV, Brno, 1971, 73 s.

Říha, J. Voda a společnost, SNTL – Nakladatelství technické literatury, Praha, 1987, 340 s.

Sanetrník, J., Filip, J. Meliorace, 1st ed.; Vysoká škola zemědělská v Brně: Brno, 1991.

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

Shaw, E. M., Beven, K. J. Hydrology in Practice. Spon Press, London, 1994.

Šilar, J. Hydrologie v životním prostředí. Vysoká škola báňská - Technická univerzita Ostrava, Ostrava, 1996, 136 s. ISBN 80-707-8361-3.

Sklenička, P. Základy krajinného plánování. 2. vyd. Naděžda Skleničková, Praha, 2003, 321 s.

Smith, L., Wheatcraft S. W. Groudwater flow. Chapter 6. In: Maidment, D.R. (ed.): Handbook of hydrology. McGraw-Hill, New York, 1993, 1424 s.

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

Šercl, P. Metoda CN křivek – průběžná zpráva na ČHMÚ. Praha. In: Rozvoj a testování modelovacího systému pro predikci povodňových odtoků v malých povodích. Zpráva za rok 2005 projektu VaV 1D/1/5/05, DHI Hydroinform a ČHMÚ Praha, 2006, 50 s.

Šilar J. Hydrologie v životním prostředí. Vysoká škola báňská – Technická univerzita Ostrava. Ostrava, 1996.

Štekl, J., Brázdil, R. Extrémní denní srážkové úhrny na území ČR v období 1879-2000 a jejich synoptické příčiny. Národní klimatický program České republiky, Praha, 2001, 140 s.

Švihla, V., Damašková, H., Kynclová, J., Šimůnek, O. Výzkumný objekt Ovesná Lhota. Monografie. VÚMOP, Praha, 1992, 156 s.

Žlábek, P. Vliv uspořádání krajinné matrice na složky odtoku. Disertační práce, Jihočeská univerzita v Českých Budějovicích, 2009, 130 s.

NORMY, ZÁKONY

ČSN 75 2410. Malé vodní nádrže. Praha, 1997.

ČSN 73 6530. Vodní hospodářství. Názvosloví hydrologie. Praha, 1983.

ČSN 75 1300. Hydrologické údaje povrchových vod. Praha

ČSN 736515. Vodní hospodářství. Názvosloví hydrotechniky. Vodní nádrže a zdrže. Praha, 2003-2009.

Zákon č. 254/2001 Sb., o vodách a o změně některých zákonů (vodní zákon) ve znění pozdějších předpisů.

7 SEZNAM PŘÍLOH

Příloha č. 1

BPEJ řešených povodích

Příloha č. 2

BPEJ na zájmových povodích

Příloha č. 3

Mapa srážek ČR (ČHMÚ, 2005)

Příloha č. 4

Přehledová mapa Rybnického potoka

Příloha č. 5

Přehledová mapa Kopaninského potoka

Příloha č. 6

Přehledová mapa potoka Ostřice

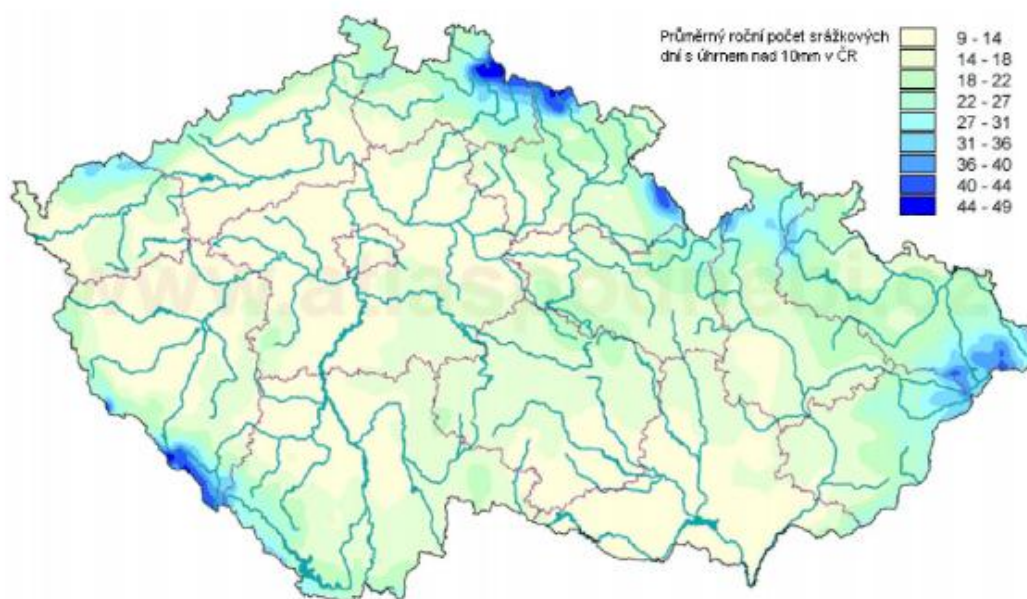
Příloha č. 1: Bonitovaná půdně ekologická jednotka řešených povodí

Kódy	Klimatický región	HPJ	Sklonitost [°]	Expozice	Skeletovito st [%]	Hloubka půdy [cm]
BPEJ						
POVODÍ KOPANINSKÉHO TOKU – JEHO SUBPOVODÍ P6, P52. P53						
7.29.11.	mírně teplý až vlhký	kambizemě modální eubazické až mezobazické včetně slabě oglejených variet	rovina 0 – 3	všesměrná	žádná až slabá < 25	hluboká až středně hluboká > 30 cm
7.29.01.	mírně teplý až vlhký	kambizemě modální eubazické až mezobazické včetně slabě oglejených variet	rovina 0 – 3	všesměrná	žádná až slabá < 25	hluboká až středně hluboká > 30 cm
7.29.14.	mírně teplý až vlhký	kambizemě modální eubazické až mezobazické včetně slabě oglejených variet	mírný svah 3- 7	všesměrná	Střední 25-50	hluboká až středně hluboká > 30 cm
7.73.11.	mírně teplý až vlhký	kambizemě modální eubazické až mezobazické včetně slabě oglejených variet	mírný svah 3- 7	všesměrná	Střední 25-50	hluboká až středně hluboká > 30 cm

Příloha č. 2: Bonitovaná půdně ekologická jednotka řešených povodí

Kódy	Klimatický región	HPJ	Sklonitost [°]	Expozice	Skeletovito st [%]	Hloubka půdy [cm]
BPEJ						
POVODÍ JENINSKÉHO TOKU – J I, J II						
8.34.21.	mírně chladný až vlhký	kambizemě dystrické a modální, mezobazické i kryptopodzoly modální	mírný svah 3-7	Jih	žádná až slabá < 25	hluboká až středně hluboká > 30
8.73.11.	mírně chladný, vlhký	kambizemě oglejené a glejové, pseudogleje i gleje	mírný svah 3-7	Všesměrová	žádná až slabá < 25	hluboká až středně hluboká > 30
8.34.21.	mírně chladný, vlhký	kambizemě dystrické a modální, mezobazické i kryptopodzoly modální	mírný svah 3-7	Jih	žádná až slabá < 25	hluboká až středně hluboká > 30
8.34.24.	mírně chladný, vlhký	kambizemě dystrické a modální, mezobazické i kryptopodzoly modální	mírný svah 3-7	jih	střední od 25 - 50	hluboká až středně hluboká > 30
8.37.16.	mírně chladný, vlhký	kambizemě litické, modální, tankerová a rankery modální	mírný svah 3-7	Všesměrová	střední od 25 - 50	mělká <30

Příloha č. 5: Mapa srážek ČR (ČHMÚ, 2005)



8 SEZNAM OBRÁZKU

Obr. č. 1

Hydrologický cyklus (Serrano, 1997)

Obr. č. 2

Velký a malý hydrologický cyklus (Matoušová, 2005)

Obr. č. 3

Odtok vody (Jeníček, 1985)

Obr. č. 4

Modelové povodí (Juračková, 2007)

Obr. č. 5

Obecná struktura S-O modelu (Juračková, 2007)

Obr. č. 6

Rozdělení srážek na povodí (ČSN 73 6530, 1983)

Obr. č. 7

Vznik povrchového odtoku (Beven, 2001)

Obr. č. 8

Hypodermický odtok (interflow) (Baumgartner a Liebscher, 1996)

Obr. č. 9

Tvar povodí (Herber, Suda, 1994)

Obr. č. 10

Vliv tvaru povodí na odtok z povodí (Štekl, Brázdil, 2001)

Obr. č. 11

Lokalizace řešených území na mapě ČR

Obr. č. 12

Povodí Kopaninského potoka - subpovodí P6, P52, P53

Obr. č. 13,14

Landuse subpovodí P6, P52, P53

Obr. č. 15

Půdní mapa subpovodí P52, P53

Obr. č. 16

Půdní mapa subpovodí P6

Obr. č. 17

Mapa Landuse povodí J I, J II

Obr. č. 18

Půdní mapa povodí J I, J II

Obr. č. 19

Lokalizace povodí Ostřice SO2

Obr. č. 20

Mapa land use povodí SO2

Obr.č.21

Půdní mapa povodí Ostřice

Obr. č. 22

Inflexní body v poklesové větvi (Serrano, 1997)

Obr. č. 23

Graf závislosti přímého odtoku v povodí Jenín I. na srážkách

Obr. č. 24

Graf závislosti přímého odtoku v povodí Jenín II. na srážkách

Obr. č. 25

Graf závislosti přímého odtoku na svažitosti jednotlivých povodí

Obr. č. 26

Mapa svažitosti subpovodí P6

Obr. č. 27

Mapa Svažitosti povodí Ostřice

Obr. č. 28

Mapa Svažitosti J I., J II.

Obr. č. 29

Mapa svažitosti subpovodí P52, P53

Obr. č. 30

Procentuální zastoupení hydrologických skupin půd a přímého odtoku (Qp)/celkovému odtoku (Qc) na sledovaných povodích

Obr. č. 31

Procentuální zastoupení land use a přímého odtoku (Qp)/celkovému odtoku (Qc) na sledovaných povodích

9 SEZNAM TABULEK

Tabulka 1

Zastoupení jednotlivých ploch využití území – Kopaninský potok

Tabulka 2

Fyzicko – geografické charakteristiky povodí Kopaninského potoka

Tabulka 3

Fyzicko – geografické charakteristiky povodí Jenín I., II.

Tabulka 4

Zastoupení jednotlivých ploch využití území

Tabulka 5

Základní fyzicko - geografické charakteristiky povodí Ostřice

Tabulka 6

Zastoupení jednotlivých ploch využití území

Tabulka 7

Přehled povodí a časových řad středních denních průtoku a srážek

Tabulka 8

Přehled povodí a časových řad středních denních průtoku a srážek

Tabulka 9

Poměr přímého odtoku k celkovému odtoku získaného metodou GROUND a RDF
Lyne Hollick

Tabulka 10

Procentuální zastoupení přímého odtoku (Q_p) k celkovému množství spadlých srážek [mm] na povodí Jenín I. a II.

Tabulka 11

Statistické ukazatele svažitosti řešených povodí

Tabulka 12

Procentuální zastoupení přímého odtoku (Q_p) v závislosti na svažitosti jednotlivých povodí

Tabulka 13

Procentuální závislost na druhu hydrologických skupin půd

Tabulka 14

Procentuální zastoupení Q_p v závislosti na svažitosti jednotlivých povodí

10 SEZNAM ZKRATEK

BPEJ	Bonitovaná půdně ekologická jednotka
TTP	Trvale travní porost
HPJ	Hydrologická půdní jednotka
LPIS	Veřejný registr půdy
MZE	Ministerstvo zemědělství
VUMOP, v.v.i.	Výzkumný ústav meliorací a ochrany půdy
HEIS VÚV	Hydroekologický informační systém VÚV TGM
ZM	Základní mapa
GIS	Geografický informační systém
ČHMÚ	Český hydrometeorologický ústav
WMS PORTÁLY	Web Map Service
HSP	Hydrologická skupina půd
HPV	Hladina podzemní vody
Qp	Přímý odtok
Qc	Celkový odtok