

**Univerzita Karlova, Přírodovědecká fakulta
Katedra fyzické geografie a geoekologie**

**Charles University, Faculty of Science
Department of physical geography and geoecology**

Doktorský studijní program:
Doctoral study programme:
Physical geography and geoecology

Autoreferát disertační práce
Summary of the Doctoral thesis



**RETENCE VODY V PŮDÁCH HORSKÝCH OBLASTÍ NA PŘÍKLADU ŠUMAVY
WATER RETENTION IN MOUNTAIN SOILS – CASE STUDY ŠUMAVA MTS.**

RNDr. Lukáš Vlček

Školitel/Supervisor:
RNDr. Luděk Šefrna, CSc.

Praha, 2017

Abstrakt

Práce pojednává o retenčním potenciálu půd v experimentálních povodích na Šumavě. Zadržení vody v krajině je otázka nejen retenční vodní kapacity, ale i infiltrační rychlosti, celkové redistribuce infiltrované vody v půdním prostředí a také doby, po kterou je dotován samotný vodní tok. Zvolené téma je rozebíráno pomocí detailního pedologického průzkumu, zpracováním a vyhodnocením srážkoodtokových událostí, chemismu toků a metody stabilních izotopů vodíku a kyslíku a využití barviv a stopovačů. Formování odtoku je v pohořích typu Šumava vázáno na zastoupení hydromorfních půd jako organozemí - hlavně pak na jejich nasycenost. Organozemě tvoří značnou zásobu vody v suchých obdobích, nicméně vodu hlavně zadržují a místní toky dotují jen minimálně. V období maximálního nasycení znásobují objem odtoku vlivem povrchového odtoku a preferenčních cest. U minerálních půd v oblasti Šumavy dochází obvykle infiltraci do zvodní v podloží, které pak zásobují prameny i v suchých obdobích. Z hospodářsky využívaného podhůří Šumavy mají luční povodí vyšší retenční kapacitu díky melioračním opatřením, na druhou stranu svým povrchem a drenážemi urychlují odtok během srážkových událostí. V dnešní době, kdy se extrémní srážky střídají s obdobím sucha, je tak důležité uvažovat pro udržení vody v krajině nejen o retenční vodní kapacitě, ale o preferenčním prouděním, rychlosti infiltrace a dotaci toků podzemní vodou.

Abstract

The thesis deals with water retention potential in experimental catchment areas in the Šumava Mts. Water retention in a landscape is a question not only about water storage capacity, but also question of the infiltration capacity or total redistribution of infiltrated water in the soil environment. This chosen topic is analyzed by detailed pedological survey, processing and evaluation of rainfall events, chemistry of stream water and methods of stable isotopes of hydrogen and oxygen and methods based on dyes or tracers. Runoff formation process in the Šumava Mts. is connected with the presence of hydromorphic soils as histosols and their water saturation. Histosols and similar types of soils form a considerable supply of water for streams in dry seasons, however, water is mainly retained in soil with a minimal impact on local streams. In the period of high saturation, the volume of outflow increases due to surface runoff and preferential pathways. At mineral soils in the Šumava Mts. region, the deep percolation usually occurs into aquifers in the subsoil, which then can supply springs during dry periods. From the agricultural exploited parts of the Šumava Mts., the meadow basins have higher retention capacity thanks to the drainage systems. On the other hand, soil surface and drainage systems of local meadows accelerate the outflow during heavy-rain events. Nowadays, when floods alternated with droughts, it is important to consider water retention (storage) in the landscape not only in terms of field capacity but also preferential flow, infiltration rate and water subsidy of streams.

1 Úvod

Významná suchá nebo naopak srážkově bohatá období v posledních dvou dekadách prokázaly, že samotná velká vodní díla nemohou vždy dostatečně minimalizovat následky těchto extrémů. Stále více se ukazuje na nutnost komplexních řešení jako zvýšení retence vody v krajině nebo transformace povodňové vlny pomocí drobných ale prostorově početnějších opatření. Jednou z nejdůležitějších složek retence vody v krajině je samotná retenční schopnost půdy. Fyzikální vlastnosti půdního prostředí rozhodují, za jakých okolností dojde k povrchovému odtoku, kolik vody se může infiltrovat do půdy během srážkové události, nebo jak dlouho se dokáže voda v půdě ale i v podloží zadržet během suchých period.

Formování odtoku během srážkových událostí nebo během suchých period v pramenných Šumavy je mimo jiné ovlivněno výskytem horských vrchovišť a zrašelinělých půd. Vliv horských vrchovišť na hydrologický režim zdejších povodí řešila řada prací (Ferda et al., 1971; Janský a Kocum, 2008; Kocum, 2012). Tyto práce se ale zabývaly odtokovou odezvou bez detailní znalosti hydrologického chování samotných vrchovišť nebo ostatních zrašelinělých území.

Retence vody v půdě je dlouhodobě skloňované téma nejen v horských oblastech. Už samotný pojem „retence vody v půdě“ je často chápán různými autory jinak. Nejvíce je s tím spojována „retenční vodní kapacita“ odvozená z retenční křivky. Některé práce uvažují jako termín pro retenční vlastnost půd tzv. polní kapacitu (hydrolimit), tedy jako dlouhodobě ustálenou vlhkost půdy po nadměrném zvlhčení (Bear, 1971). Retenční potenciál lze chápat nejen jako dlouhodobé zadržení vody ale i jako zpoždění vody a postupné uvolnění do toku jako v rašeliništích nebo mělkých zvodních. Půda vytváří retenční prostory i na svém povrchu například díky pedoturbaci zejména vlivem vývrátů stromů. Díky tomu je pak povrch pokryt systémem malých sníženin s nízkou hydraulickou vodivostí (Rizzuti et al., 2004), kde se zadržená voda pomalu infiltruje do půdy. V semiardních oblastech pak množství infiltrované vody během intenzivních srážek (obvykle v krátkém časovém období) ovlivní zásobu podzemní vody a vydatnost pramenů po celý zbytek roku (Hill a Woodland, 2003). Pro zadržení veškeré srážkové vody se buduje na svazích množství malých hrází a překážek bránící povrchovému odtoku. V tomto případě je důležitější infiltrační kapacita nebo infiltrační rychlost půdy za určitý čas, méně pak už retenční vodní kapacita.

Tato práce pohlíží na retenční potenciál povodí nejen z hlediska množství potenciálně zadržené vody, ale také využívá různé metody pro pochopení formování odtoku a rolí jednotlivých složek odtoku v době sucha, vyšších úhrnů srážek i základního odtoku.

2 Cíle práce

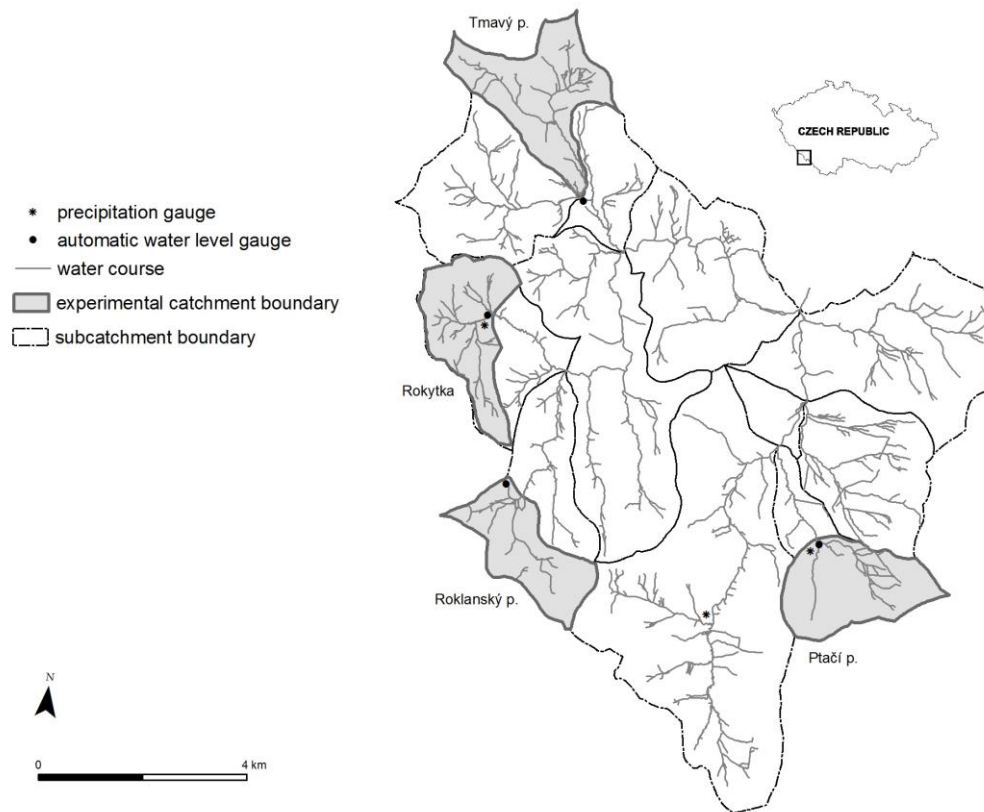
Cílem práce je zhodnotit retenční potenciál vybraných povodí Šumavy s typickými krajinnými prvky jako rašeliniště, lesy ponechané samovolnému vývoji nebo hospodářsky využívané louky nebo pastviny. Dalším cílem je popsat formování základního odtoku a odtoku během srážkových událostí s ohledem na rašeliništní nebo podmáčené plochy v povodí.

3 Materiál a metodika

Pro řešení této práce byla zvolena oblast Šumavy jakožto hlavní zdrojová oblast řeky Vltavy. Jde o potenciální zdrojovou oblast pitné vody pro řadu velkých měst. Svou roli hraje také návaznost na dříve řešené výzkumné otázky. Zájmová povodí byla vybrána ve dvou lokalitách:

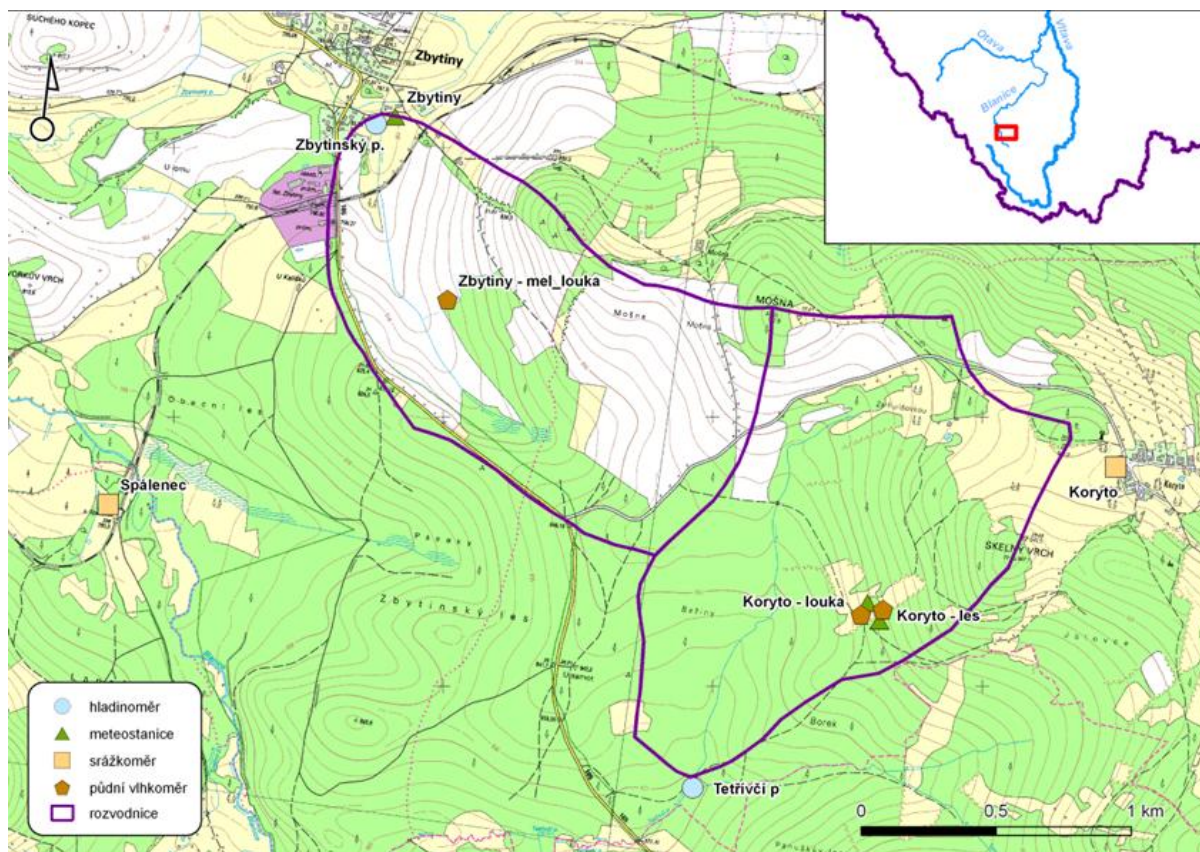
- pramenná oblast Vydry představující území NP Šumava s minimální hospodářskou činností
- pramenná oblast Blanice s extenzivně zemědělsky využívanou krajinou

V pramenné oblasti Vydry byly zvoleny 4 menší subpovodí, na kterých pak byl výzkum zaměřený. Jde o povodí Rokytka, Ptačího, Roklanského a Tmavého potoku (viz. obr. 1). Jako nejvhodnější se pak ukázalo povodí Rokytka, kde se vyskytuje množství rašelinných půd, vyvinutých vrchovišť a také přítoky přitékající pouze z vrchovišť nebo pouze z organomineralních půd.



Obrázek 1 Oblast horní Vydry s vyznačenými experimentálními povodími (Vlček et al., 2016)

V pramenné oblasti jihočeské Blanice byly vybrány párová povodí Zbytinského a Tetřívčího potoka. Reprezentují plošně malá, navzájem sousedící povodí s podobnými fyzickogeografickými a hydrografickými poměry. Zároveň ale mají rozdílné hospodářské využití. Povodí Zbytinského potoka pokrývají převážně travní porosty (cca 2/3 plochy povodí zaujímají louky, 1/3 lesy s převahou smrku). V povodí Tetřívčího potoka je poměr opačný ve prospěch lesa, obr. 2.



Obrázek 2 Oblast experimentálních povodí Zbytinského a Tetřivčího potoku (Královec et al., 2012).

Zvolená problematika byla hodnocena v 5-ti metodických okruzích:

3.1 Výpočet retenčního potenciálu povodí

Samotnému výpočtu předcházela podrobný pedologický průzkum zájmového povodí. Měřeny byly mocnosti půdních horizontů do matečného substrátu, u hydromorfních půd do hladiny podzemní vody. Pro zhodnocení retenčního potenciálu povodí, myšleno volného prostoru pro retenci vody v půdě byla vytvořena nová formule pracující s hloubkou půdních horizontů, odhadem skeletovitosti a plnou vodní kapacitou definovaná Sucharou (2007).

$$RP = H * PVK * (1 - S) \quad (1)$$

Výpočet retenčního potenciálu povodí. RP – retenční potenciál [mm]; H – hloubka půdního profilu / mocnost půdního horizontu; PVK – plná vodní kapacita [mm]; S – odhad skeletovitosti [-]

3.2 Vliv zrašelinělých půd na odtok z povodí

Pro analýzy průtoků, hladin podzemní vody a meteorologických veličin byly použity data ze stanic Katedry fyzické geografie Přf UK. Byly vybrány 4 povodí s rozdílným zastoupením rašeliníšť a zrašelinělých půd. Podrobný pedologický průzkum nebyl proveden ve všech povodích z časových důvodů a také díky izolovanosti celé oblasti. Proto se zvolily jiné zdroje: databáze rašelinných ložisek Výzkumného ústavu meliorací a ochrany půdy (VÚMOP) a databáze Ústavu pro hospodářskou úpravu lesů (ÚHUL). Šetření pak bylo zaměřeno na výběr srážkových událostí v době maximálního

a minimálního nasycení povodí, respektive v době vysoké a nízké hladiny podzemní vody ve vrchovištích, během 6-ti let měření (2008-2013).

3.3 Separace odtoku pomocí stabilních izotopů vodíku a kyslíku

Pro stanovení bilance vody z vrchoviště v celkovém odtoku byla použita metoda hmotnostního poměru (Bůzek, 1984):

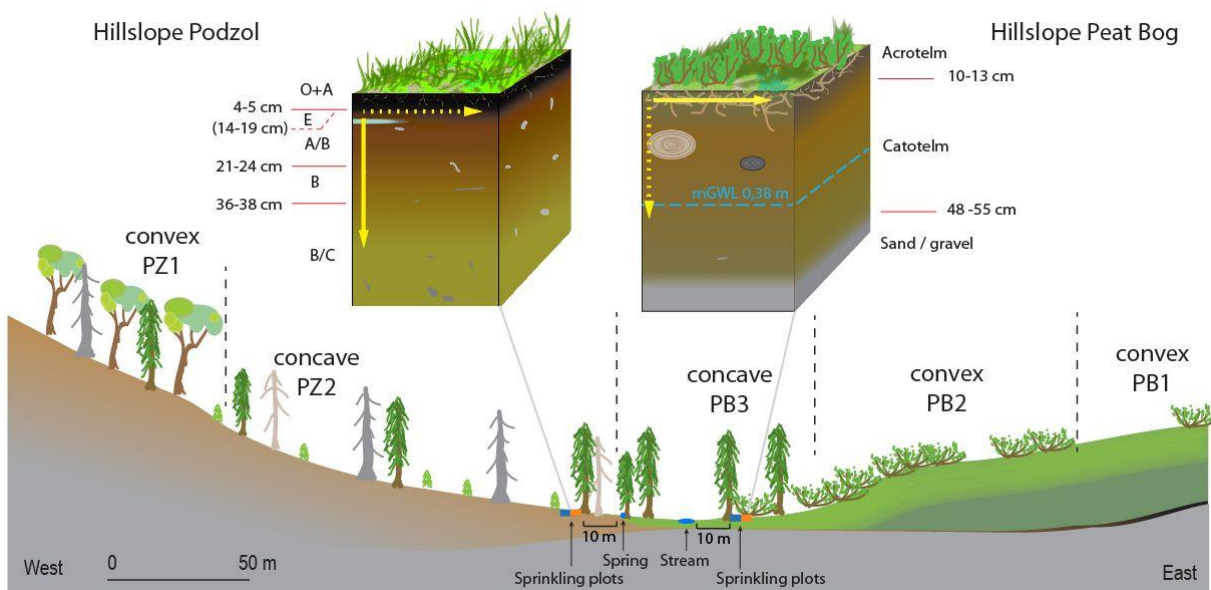
$$p = \frac{\sigma^{18}O_o - \sigma^{18}O_p}{\sigma^{18}O_v - \sigma^{18}O_p} * 100 \quad (2)$$

Výpočet hmotnostního poměru. Index „o“ – poměr izotopů kyslíku ve vodě v odtoku; index „p“ – poměr izotopů kyslíku ve vodě v přítoku; index „v“ – poměr izotopů kyslíku ve vodě ve vrchovišti

Vzorky vody pro rozbor poměru stabilních izotopů vodíku a kyslíku byly odebírány ze srážek, na dvou místech na toku Rokytky protékající místním vrchovištěm (odběry před a za vrchovištěm) a také samotná voda z vrchoviště v intervalu 14 dnů během vegetační sezóny.

3.4 Identifikace preferenčního proudění pomocí barviv nebo stopovačů

Rozdílný podíl vody z vrchovišť a hlavních typů organominerálních půd na Šumavě (převážně kryptopodzol) vedl ke snaze popsat dominantní podpovrchové proudění na dvou relativně homogenních svazích – jeden tvořen vyvinutým vrchovištěm, druhý kryptopodzolem a ččkami podzolu (obrázek 3).



Obrázek 3 Profil povodím Rokytky (Vlček et al., 2017). Žluté šipky, odhad směru preferenčního proudění.

Jako barvivo/stopovač byl zvolen Brilliant blue (CAS no. 3844-45-9, v koncentraci 5 g/l) a Fluorescein sodium (CAS no. 518-47-8, v koncentraci 2 g/l). Zatímco Brilliant blue se lehce váže k půdním částicím a je využíváno k mapování preferenčního proudění v řádu několika metrů od místa aplikace, Fluorescein sodium se váže minimálně a je proto vhodný zejména pro stopovací zkoušky

v průlinovém nebo puklinovém prostředí. Hlavní nevýhodou u Brilliant blue je uváděna špatná identifikace u tmavých organických půdních horizontů, Fluorescein sodium pak se nedá identifikovat v prostředí s pH nižším jak 5,5. Porovnání obou stopovačů je uvedeno v tabulce 1.

	Brilliant blue	Fluorescein sodium
využití jako barvivo pro popis preferenčních cest	ANO	ANO
identifikace na tmavých půdách	NE	ANO
významně ovlivněno chem. vlastnostmi prostředí	NE	ANO (pH)
vhodnost pro dlouhé vzdálenosti - využití jako stopovač	NE	ANO

Tab. 1 Hlavní kritéria v použití barviv Brilliant blue a Fluorescein sodium

Obě barviva byla aplikována na svah krytý kryptopodzolem a na svah tvořený vyvinutým vrchovištěm do čtvercových ploch 2,25 m² vzdálených přibližně 10 m od toku. V toku pak byly instalovány vzorkovače k odběru vody pro analýzu přítomnosti fluoresceinu. Po uplynutí doby cca 2 hodin od postřiku se začalo s odkrýváním vertikálních profilů 3 m níže po svahu od čtvercových ploch. Každý vertikální profil o rozměru 50x50 cm byl vyfocen (v případě plochy s fluoresceinem ještě ozářen UV zářivkou) a poté analyzován kódem v programu IDL vyvinutým a poskytnutým Markusem Weilerem z Univerzity Freiburg.

3.5 Hodnocení retence dvou povodí s rozdílným hospodářským využitím

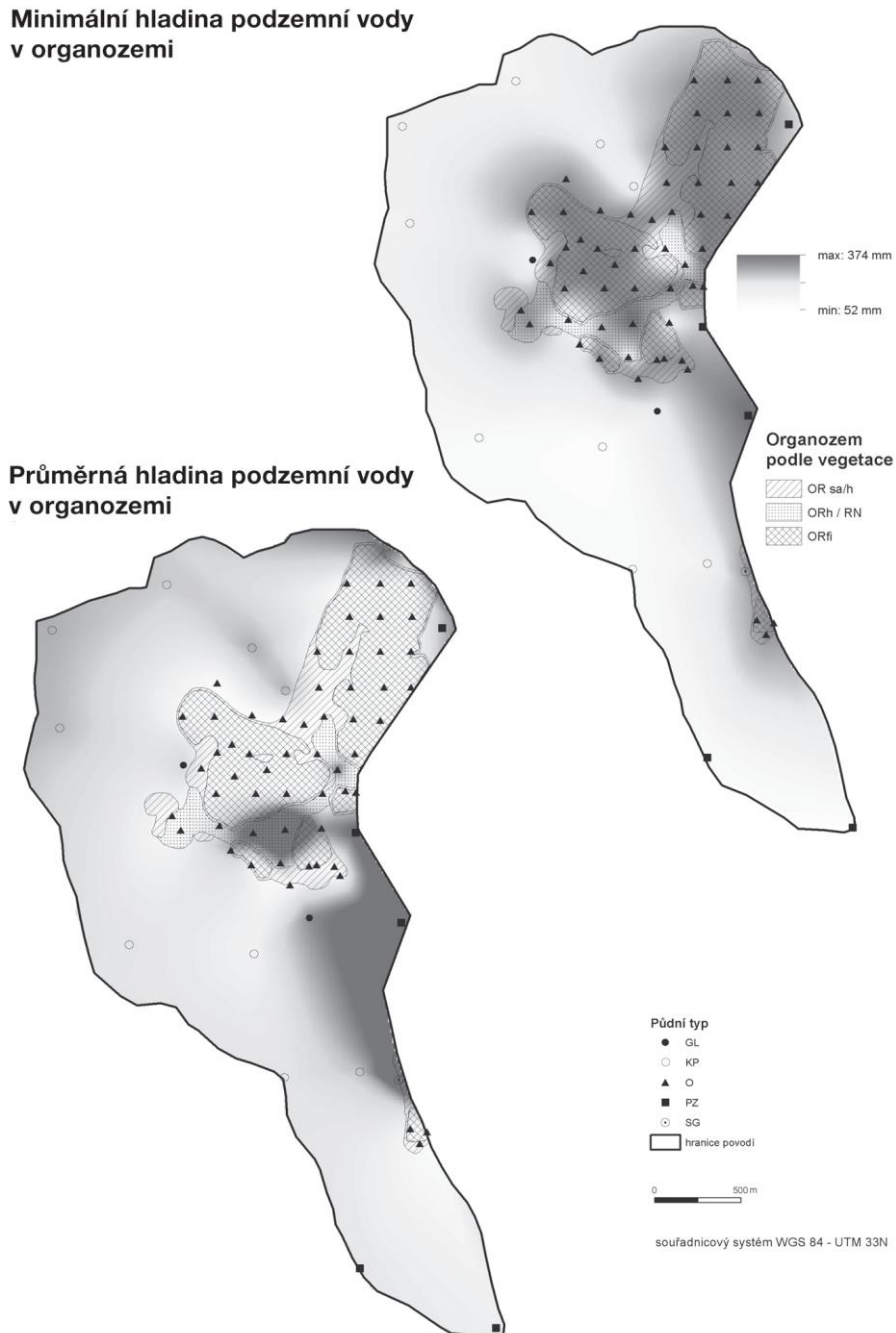
Rozdílné hospodářské využití území (les/louka) v podhorských oblastech může vést k odlišné hydrologické odpovědi na příčinno u srážku. Šetření předcházelo podrobný pedologický průzkum dle metodiky uvedené v kap. 3.1 a zařazení půd dle klasifikace „Hydrology of soil types“ (Boorman, 1995). Řešila se jak potenciální retence v povodí, tedy maximální množství vody, které může do půdy zasáknout, tak i „aktuální retenční potenciál“, tedy s aktuální půdní vlhkostí a hladinou podzemní vody v hydromorfních půdách. Aktuální retenční potenciál byl poté dán do vztahu s následující srážkoodtokovou událostí. Pro porovnání se standardní metodou hodnotící stav nasycení povodí byla „aktuální retence“ porovnána s indexem předchozích srážek API. Intercepce porostu se v tomto případě zanedbala.

4 Výsledky a diskuse

Na retenci vody v půdách lze nahlížet dvěma hlavními pohledy. Zprv je to retence vody z hlediska protipovodňové ochrany, zadruhé pak retence z hlediska zásob vody pro suchá období. Obvykle se hodnotí pouze jedno hledisko podle aktuální hydrometeorologické situace. Řada přístupů pro to či oné hledisko lze jen těžko kombinovat nebo je vhodné jen pro jedno z nich.

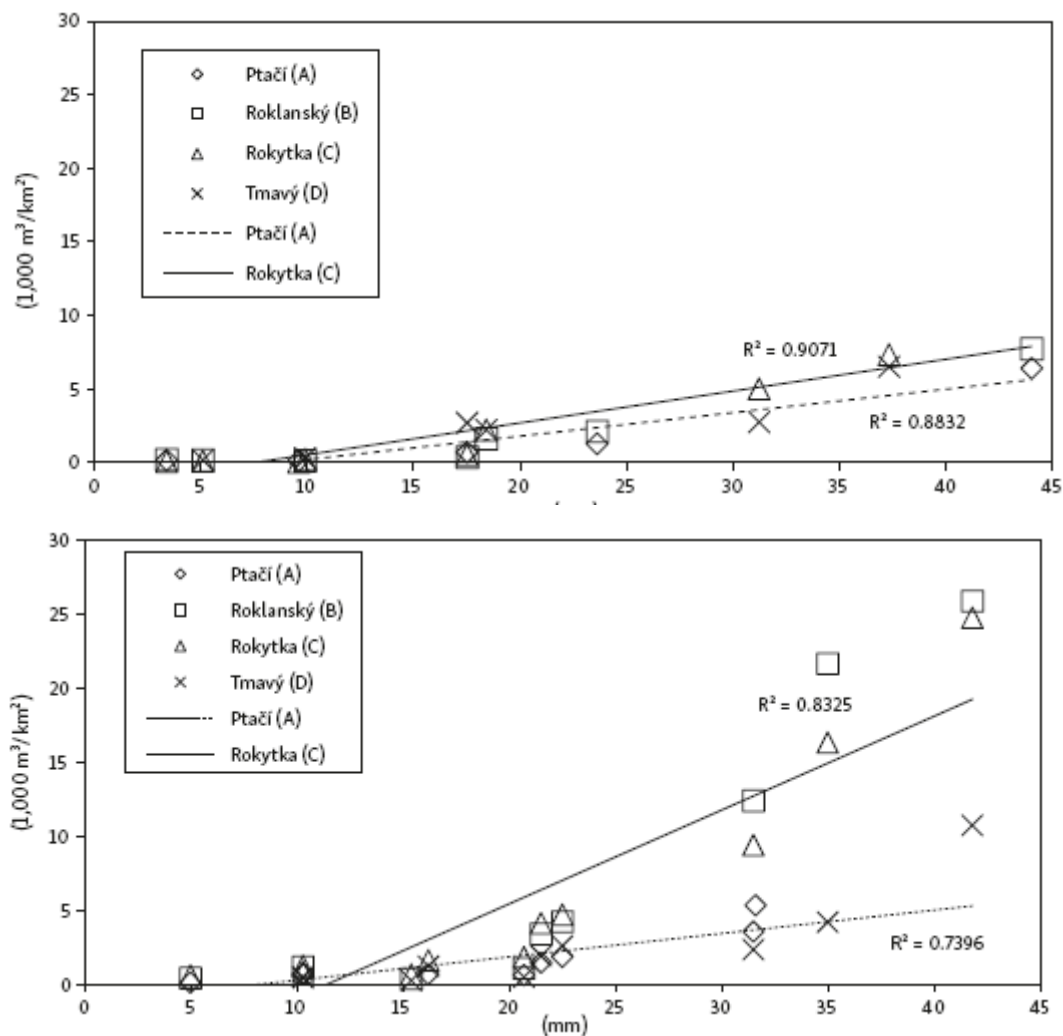
Z hydrologického hlediska byla vrchoviště vnímána jako tzv. houba, která zadrží vodu během srážkové události a poté ji postupně vypouští v době sucha (Spirhanzl, 1957). Následující práce pak poukázaly na rozkolísanost toků v povodí s výskytem rašelinišť nejen na Šumavě. Při porovnání

retenčního potenciálu půd v době minimální a průměrné hladiny podzemní vody v povodí Rokytky se pak prokázal i fakt, že vrchoviště může mít řádově vyšší retenční kapacitu než zbytek půd v povodí. Větší část vegetační sezóny je ale hladina podzemní vody poměrně vysoko a vytváří tak z vrchoviště plochu s nejmenším retenčním potenciálem v povodí (obr. 4). V průtocích se pak obecně tento retenční prostor projevuje zpožděním nebo zrychlením průtokové vlny (Evans et al., 1999). Rozloha rašelinišť nebo zrašeliněných půd v povodí a hlavně pak jejich nasycenost může mít hlavní vliv na formování odtoku.



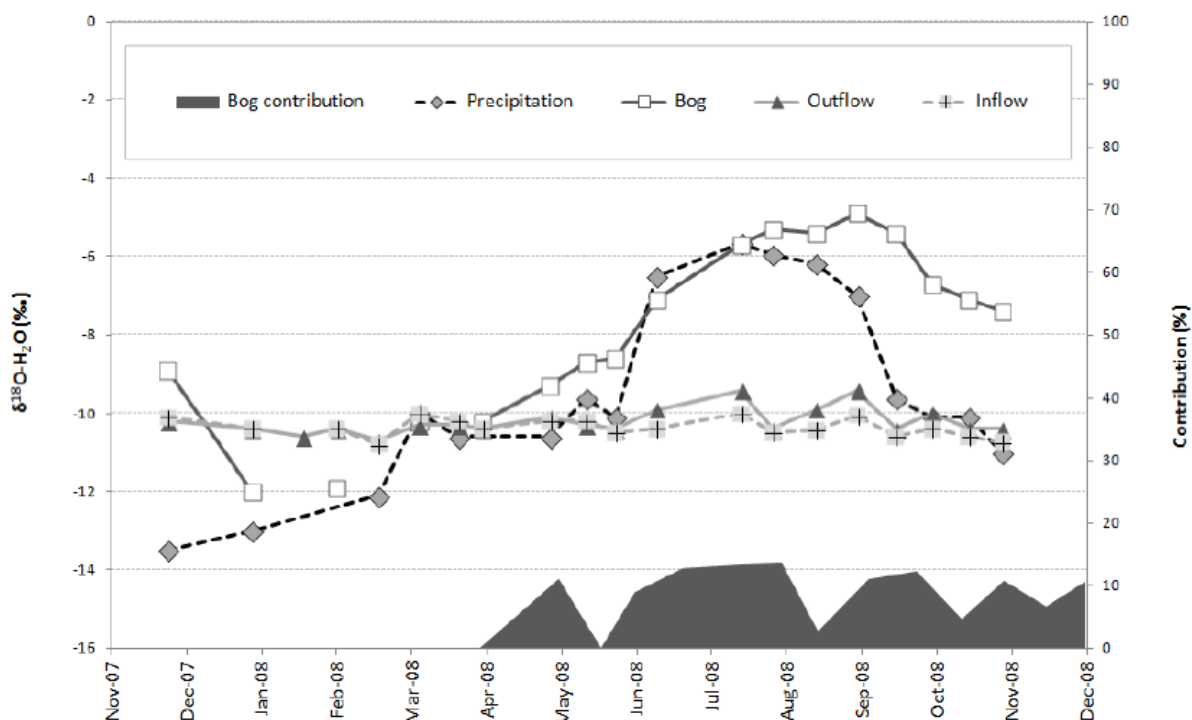
Obrázek 4 Retenční potenciál povodí Rokytky. Plochy organozemí podle vegetace vychází z pedologického průzkumu, kde určitý subtyp organozemí odpovídal převažující vegetaci v okolí (Vlček et al., 2012).

V návaznosti na výpočet retenčního potenciálu byly hodnoceny odezvy příčných srážek ve 4 povodích. Hlavní rozdíl byl kladen na rozlohu rašeliníšť a zrašeliněných půd. V suchém období se nepotvrdil houbový efekt rašeliníšť, jak uvádí Spirhanzl (1957) nebo Evans a kol. (1999). V období maximální nasycenosti povodí je ale patrný nárůst objemu odtoku v povodí s vyšším zastoupením rašeliníšť (20-30 %) přibližně od srážky 10-15 mm (obr. 5).



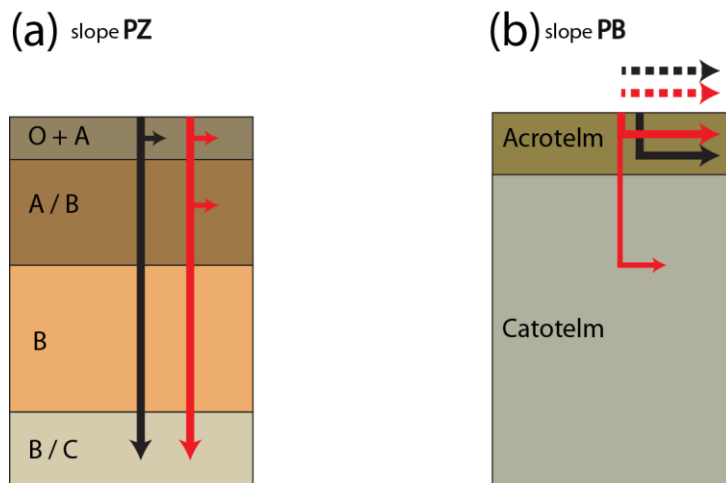
Obrázek 5 Objem vlny odtoku během vybraných srážkových událostí (Vlček et al., 2016).

V jaké míře přispívá vrchovištní voda do celkového odtoku poukazuje další část práce zaměřující se na problematiku z pohledu chemismu. Chemické ukazatele jako pH, zabarvení nebo TOC v tocích odpovídaly svým průběhem obecně těm z rašeliníštních povodí hodnocených Woralleem (2006) nebo Freemanem (2001). Tedy, že v době zvýšených průtoků dochází k vyplavení organických látek do toku. Poměr vody z rašeliníšť v celkovém odtoku z povodí může být velice variabilní: 10 – 90 % (Klaus a McDonnell, 2013). Analýza stabilních izotopů vodíku a kyslíku, ale poukázala na maximální poměr kolem 10 % rašeliníštní vody nejen během základního odtoku (obr. 6). Vody vytékající z rašeliníšť je v době zvýšeného odtoku pravděpodobně více, ale do odtokového procesu pak vstupuje ještě třetí složka v podobě vody ze srážek. I tak lze konstatovat, že dotace vody z vrchoviště do toku je v době základního odtoku minimální.



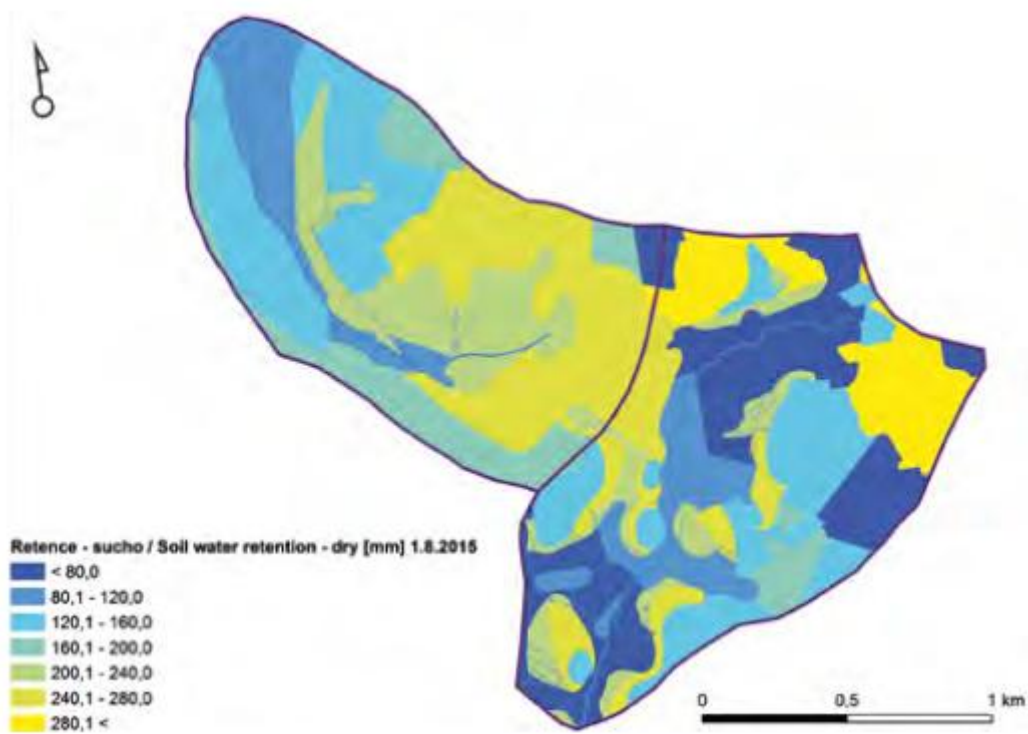
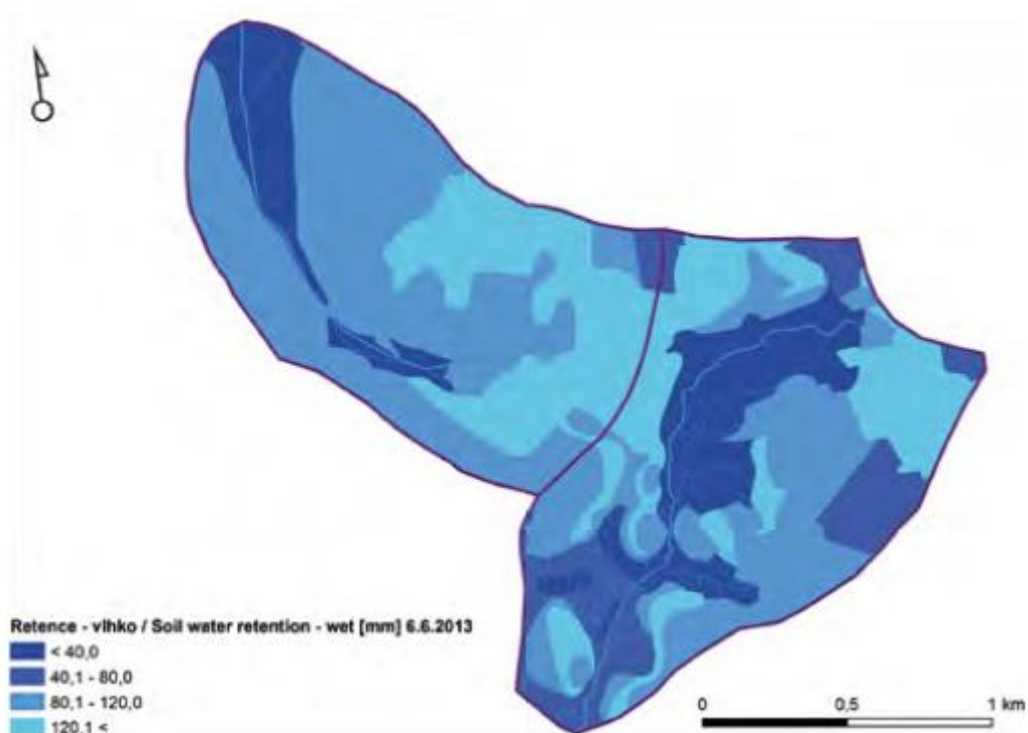
Obrázek 6 Poměr izotopů kyslíku ve vodě z různých zdrojů v povodí Rokytky a celkový poměr ve vodě v odtoku (Kocum et al., 2016).

Existence dvou dominantních půdních typů (kryptopodzol, organozem) v povodí horní Vydry vytváří dvě specifická hydrogeologická prostředí. Podle klasifikace „hydrologických skupin půd“ (Boorman, 1995) a „převládajícího podpovrchového odtoku“ (Scherrer a Naef, 2003) lze ze zjištěných poznatků odhadnout dominantní podpovrchové proudění. V kryptopodzolu dle klasifikací převládá hloubková perkolace, potenciálně mělký podpovrchový odtok (SSF) nebo tok v organické vrstvě (Biomat flow (Gerke et al., 2015)). V organozemi se pak odhaduje jako dominantní mělký podpovrchový odtok v akrotelmu a pokud dojde k nasycení, pak i povrchový odtok. Stopovací experiment potvrdil u kryptopodzolu hloubkovou perkolaci (obr. 7). Spíše než mělký podpovrchový odtok definovaný Scherrerem a Naefem (2003) byl potvrzen tok v organické vrstvě “biomat flow”. U organozemi v rašelinšti se potvrdil povrchový odtok a “biomat flow” v akrotelmu. Navíc se ukázala existence preferenčních cest (pipeflow) v katotelmu podél částečně rozložených kmenů nebo kořenů.



Obrázek 7 Směry dominantního směru proudění v kryptopodzolu (a) a organozemi (b) (Vlček et al., 2017). Černé šipky = odhad preferenčního proudění; červené šipky = prokázané preferenční proudění pomocí barviv.

Při porovnávání dvou povodí s rozdílným hospodářským využitím byl hlavní důraz kladen na podobnost ostatních parametrů povodí jako reliéf nebo půdy. Antropogenní zásahy v minulosti ovlivnily půdní poměry v obou povodích. Jedná se hlavně o rozdílné využití meliorací. Z pedologického průzkumu je patrné, že obě povodí měla původně mít přibližně stejnou plochu hydromorfních půd, hlavně v konkávní části údolí. Dokladem může být přeoraný anmoorový horizont v lučním povodí nebo zbytky hydromorfních znaků v půdním profilu mimo oblasti melioračních opatření. Zatímco luční povodí bylo ovlivněno trubkovou drenáží, lesní povodí bylo odvodněno odvodňovacími rýhami a kanály, které jsou již z části nefunkční. I tato opatření ale spadají do předpokladu rozdílného využití povodí. Celková dlouhodobá retence vody v půdě vychází více v lesním povodí s větším zastoupením hydromorfních půd (obr. 8).



Obrázek 8 Retenční kapacita povodí v suchém a vlhkém období (Královec et al., 2016)

Povodí mají rozdílnou odtokovou odezvu na různé příčinné srážce a stavu nasycení (tab. 2). Při dlouhodobých deštích nižší intenzity byl vyšší průtok u Tetřivčího potoku. Při srážkách vyšší intenzity obvykle při stavu vyššího nasycení dochází k vyšší odezvě u Zbytinského potoku. Oproti hodnocení v povodí Vydry zde svou roli hrají jak meliorace, tak i luční prostředí náchylnější k povrchovému odtoku. Navíc plochy hydromorfních půd jsou oproti vrchovištím centrální Šumavy velmi rozdrobené.

Typ příčinné situace	T	T _{qi}	T _{qd}	T _{lag}	q _{max}
PS1	ZBY < TET	ZBY = TET	ZBY < TET	ZBY << TET	ZBY ≤ TET
PS2	ZBY < TET	ZBY = TET	ZBY << TET	ZBY = TET	ZBY << TET
PS3	ZBY < TET	ZBY = TET	ZBY << TET	ZBY ≥ TET	ZBY = TET
PS4	ZBY ≤ TET	ZBY = TET	ZBY < TET	ZBY = TET	ZBY >> TET

Tabulka 2 Rozdíly v odtokové odezvě podle typu příčinné situace. T - doba trvání celé odtokové vlny; T_{qd} - doba trvání sestupné větve odtokové vlny; T_{qi} - doba trvání vzestupné větve odtokové vlny; T_{lag} - doba prodloužení od začátku srážky do začátku zvyšování průtoku; q_{max} - velikost kulminačního průtoku; PS1 – krátkodobý déšť průměrné intenzity při nižším nasycení povodí; PS2 – dlouhodobý déšť nižší intenzity při nízkém nasycení povodí; PS3 – střednědobý déšť nižší intenzity při vyšším nasycení povodí; PS4 – krátkodobý intenzivní déšť při vyšším nasycení povodí

5 Závěry

V této práci byly použity 4 metody hodnocení retence půd horských oblastí. Důležitá je znalost půdních poměrů v povodí a také jejich retenční kapacita, která je ale v čase proměnná. V prostředí Šumavy se ukázala jako jeden z klíčových faktorů formování odtoku z povodí výška hladiny podzemní vody u hydromorfních půd. V povodích s velkým zastoupením rašelinišť pak určuje retenční vlastnosti celého povodí.

Hodnocením dat průtoků z vybraných stanic na malých povodích v pramenné oblasti Vydry byl prokázán vliv rozlohy rašelinišť a zrašeliněných půd na tvorbu odtoku po srážkové události. Objem odtoku se ukázal jako zásadně vyšší v době maximálního nasycení od srážek větších jak 10-15 mm. Naopak v suchých obdobích se vliv většího retenčního prostoru rašelinišť na odtok neprokával.

Pomocí metody stabilních izotopů a celkového chemismu vody v toku bylo zjištěno, že základní odtok z povodí s vyvinutým vrchovištěm je tvořen hlavně vodou ze zvodní v minerálních půdách. Rovněž se potvrdila značná rozkolísanost odtoku z povodí s větším podílem zrašeliněných půd a rašelin.

Při simulaci extrémního srážkového úhrnu způsobující zvýšení průtoků v toku, tzv. Stormflow (Weiler et al., 2006), na dvou svazích reprezentující dominantní půdní typy centrální Šumavy (kryptopodzol, organozem) byl prokázán tok v organických horizontech na obou svazích, hloubková perkolace na svahu tvořená kryptopodzolem a povrchový odtok na svahu tvořeným organozemí.

V hospodářsky využívaných povodích Šumavy má rozdílné využití krajiny nepřímý vliv na odtok. Dlouhodobými zásahy, hlavně odvodňovacími, se půdní kryt částečně transformoval podle hospodářského využití. Retenční kapacita je pak díky odvodnění větší u lučních povodí, nicméně odezva odtoku na příčinnou srážku je u lesních povodí pomalejší.

6 Použitá literatura

- Bear, J. (1971): Dynamics of fluids in porous media. American Elsevier Publish Company. New York, s. 763.
- Boorman D.B., Hollis J.M., Lilly A. (1995): Hydrology of soil types: a hydrologically-based classification of the soils of the United Kingdom. Oxfordshire, Institute of Hydrology, s. 137.
- Bůzek, F. (1984): A Rapid Procedure for Preparing Oxygen-18 Determination in Water Samples. *Isotopenpraxis*, 19, s. 70–72.
- Evans, M.G., Burt, T.P., Holden, J., and J. K Adamson J.K. (1999): Runoff generation and water table fluctuations in blanket peat: evidence from UK data spanning the dry summer of 1995. *Journal of Hydrology*, s. 141 - 160.
- Ferda, J., Hladný, J., Bubeníčková, L., Pešek, L. (1971): Odtokový režim a chemismus vod v povodí Horní Otavy se zaměřením na výskyt rašelinišť, *Sborník prací HMÚ*, 17, HMÚ, Praha, s. 22-126.
- Freeman, C., Evans, C.D., Montieth, D.T., Reynolds, B., Fenner, N., (2001): Export of organic carbon from peat soils. *Nature* 412, s. 785–786.
- Gerke, K. M., Sidle, R. C., Mallants, D. (2015): Preferential flow mechanisms identified from staining experiments in forested hillslopes, *Hydrol. Process.*, 29, s. 4562–4578, doi:10.1002/hyp.10468.
- Hill, J., Woodland, W. (2003): Contrasting Water Management Techniques in Tunisia: Towards Sustainable Agricultural Use. *The Geographical Journal*, 169 (4), s. 342-357.
- Janský, J., Kocum, J., (2008): Peat bogs influence on runoff process: case study of the Vydra and Křemelná River basins in the Šumava Mountains, southwestern Czechia. *Geografie - Sborník ČGS*, Praha, 113, 4, ISSN 1212-0014, s. 383-399.
- Klaus, J., McDonnell, J.J. (2013). Hydrograph separation using stable isotopes: Review and evaluation. *Journal of Hydrology*, 505, s. 47–64.
- Kocum, J. (2012): Tvorba odtoku a jeho dynamika v pramenné oblasti Otavy, Dizertační práce, Vedoucí práce Bohumír Janský, <https://is.cuni.cz/webhapps/zzp/detail/84513>.
- Královec, V., Kliment, Z., Vlček, L., (2016): Hodnocení retence vody v půdě v lesním a nelesním prostředí. *Zprávy lesnického výzkumu*, No. 3, 181-189.
- Královec, V., Kliment, Z., Matoušková, M. (2016): Evaluation of runoff response on the basis of a comparative paired research in mountain catchments with the different land use. Case study of the Blanice River, Czechia. *Geografie*, 121, 2, s. 209–234.
- Rizzuti, A. M., Cohen, A. D., Stack, E. M. (2004): Using hydraulic conductivity and micropetrography to assess water flow through peat-containing wetlands, *Int. J. Coal Geol.*, 60 (1), s. 1–16, doi:10.1016/j.coal.2004.03.003.
- Scherrer, S., Naef, F. (2003): A decision scheme to indicate dominant hydrological flow processes on temperate grassland, *Hydrol. Process.*, 17 (2), s. 391–401, doi:10.1002/hyp.1131.
- Spirhanzl, J. (1956): Rašelina a její využití. Nakladatelství Ministerstva zemědělství, Praha. 114 s.
- Suchara, I. (2007): Praktikum vybraných ekologických metod. Karolinum. Praha. 134 s.

- Vlček, L., Kocum, J., Kučerová, A., Janský, B., Šefrna, L. (2012): Retenční potenciál a hydrologická bilance horského vrchoviště – případová studie Rokytecké slatě, povodí horní Otavy, JZ Česko. *Geografie*, 117, No.4, s. 1-17.
- Vlček L., Kocum J., Janský B., Šefrna L., Kučerová A. (2012): Retenční potenciál a hydrologická bilance horského vrchoviště: případová studie Rokytecké slatě, povodí horní Otavy, jihozápadní Česko. *Geografie*, 117, s. 395–414.
- Vlček, L., Falátková, K., and Schneider, P. (2017): Identification of runoff formation with two dyes in a mid-latitude mountain headwater, *Hydrol. Earth Syst. Sci.*, 21, s. 3025-3040, <https://doi.org/10.5194/hess-21-3025-2017>.
- Worrall, F., Burt, T., Adamson, J. (2006): Long-term changes in hydrological pathways in an upland peat catchment - recovery from severe drought?, *Journal of Hydrology*, 321, 1, s. 5-20, ISSN 0022-1694, <http://dx.doi.org/10.1016/j.jhydrol.2005.06.043>.

1 Introduction

Significantly dry or wet periods in last two decades have shown that only large dams can not always sufficiently minimize the consequences of these extremes. Increasingly, there is a need for complex solutions such as increasing water retention (storage) in a landscape or transforming flood waves through tiny but more spacious measures. One of the most important components of water retention in landscape is retention ability of soils. The physical properties of soil environment determine a circumstances under which surface runoff occurs, how much water can infiltrate into a soil during a rainfall event, or how long water is able to be stored in a soil and a subsoil during dry periods.

Runoff formation during rainfall events or during dry periods in the Šumava Mts. headwaters is influenced, among other things, by the occurrence of mountain peat bogs and waterlogged soils. The influence of peat bogs on hydrological regime of local catchment areas was solved by a number of works (Ferda et al., 1971; Janský and Kocum, 2008, Kocum, 2012). However, these works dealt with an outflow response without detailed knowledge of hydrological behavior of the peat bogs or other peaty areas.

The concept of water retention (storage) in soil is often understood differently by different authors. The most important is water saturation derived from pF curve. Some works consider so-called field capacity as a term for water stored in a soil, ie long-term stable soil moisture after excessive wetting (Bear, 1971). Water retention potential can therefore be understood not only as long-term water storage, but also as a delay of water percolation and its gradual flow into the stream, as at peat bogs or shallow watercourses. The soil produces retention space also on its surface, for example, due to pedoturbation, especially due to uprooted trees. As a result, the surface is covered by small depressions with low-hydrologic conductivity (Rizzuti et al., 2004), where retained water is slowly infiltrated into the soil. In semi-arid areas, the amount of infiltrated water during intensive precipitation (usually in a short period during a year) affects groundwater supply and yield of springs for the rest of a year (Hill and Woodland, 2003). To keep all rainwater on the slopes, there are a number of small dams and obstacles to avoid surface runoff. In this case, the infiltration capacity or infiltration rate of soil is more important parameter than field capacity.

This thesis focuses on the retention potential of river basin not only in terms of the amount of potentially retained water in soil but also uses different methods to understand the runoff formation and the role of each runoff component during drought, higher discharges or baseflow.

2 Aims of the study

The aim of the thesis is to evaluate the retention potential of selected catchments of the Šumava Mts. with landscape features such as peat bogs, protected forests left to spontaneous development or agriculture landscapes with and meadows or pastures. Another objective is to describe the runoff formation process and runoff during rainfall events and baseflow with respect to peat bogs or waterlogged areas in the catchment.

2 Material and methods

The Šumava Mts. area was chosen for this topic as the main source area of the Vltava River. It is also a potential source of drinking water for a number of large cities. This thesis also follows the previous research in this area. Several catchments were selected at two localities:

- Vydra River headwaters representing the territory of NP Šumava with low agriculture activity
- Blanice River headwater with an extensively agriculture landuse

Four small catchments were selected at the Vydra River headwater, where the research was focused. These are catchments of Rokytky, Ptačí, Roklanský and Tmavý brook (see Fig. 1). The most suitable catchment for research was the Rokytky catchment, where many peat bogs and waterlogged areas are located.

In the Blanice River headwater, catchments of Zbytinský brook and Tetřívčí brook were selected. They represent small catchments with similar physical geographic and hydrographic parameters but different landuse. The catchment of the Zbytinský brook is represented predominantly by grassland (about 2/3 of the catchment area is covered by meadows, 1/3 forests dominated by spruce). In the Tetřívčí brook catchment, forested area is 2/3 of the whole catchment, Fig. 2.

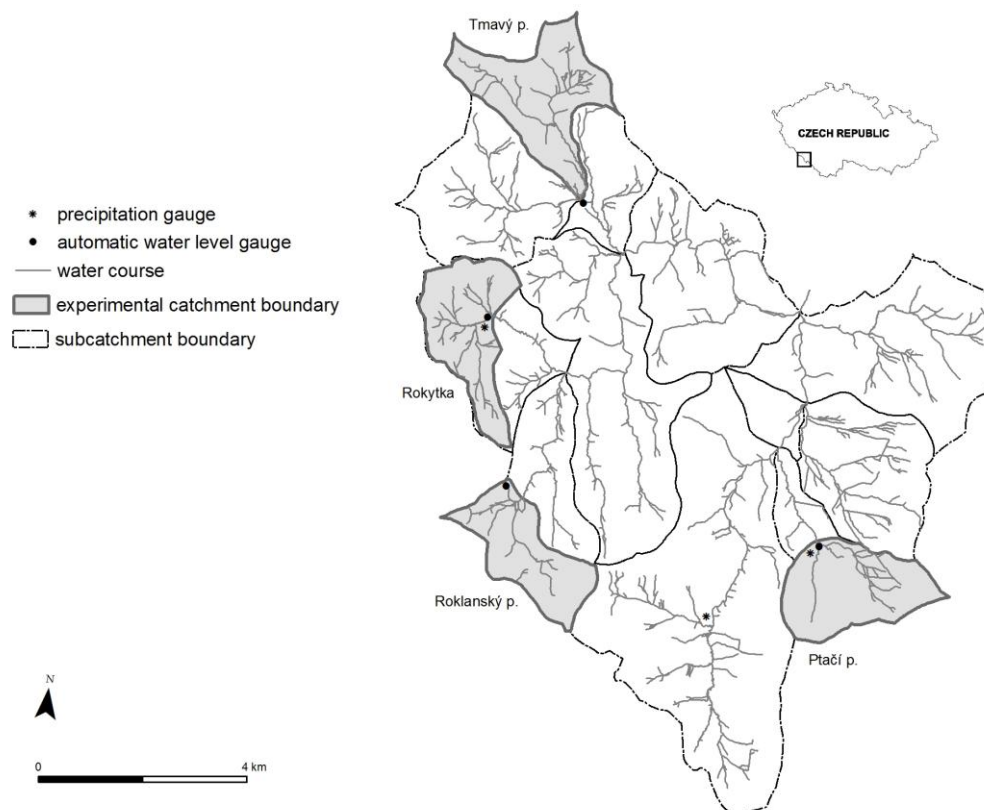


Figure 1 Vydra River headwater with selected catchments (Vlček et al., 2016)

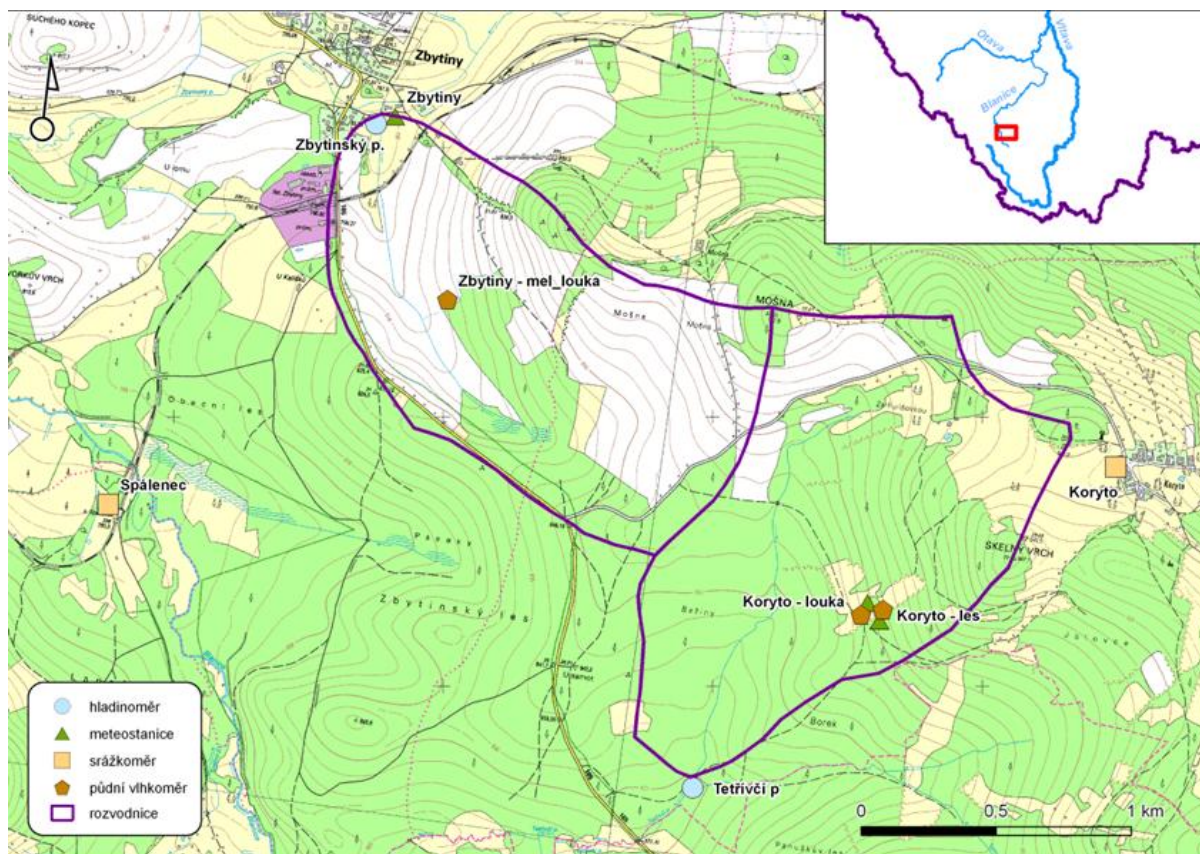


Figure 2 Experimental catchments of Zbytínský brook and Tetrivčí brook (Králavec et al., 2012).

The chosen topic was evaluated in 5 methodological parts:

3.1 Measurement of retention potential of a catchment

The analysis began with a detailed pedological survey of the catchment area. Measurements of the soil horizons were applied to the depth of the parent substrate, hydromorphic soils to the groundwater level. To assess the retention potential of the catchment (a space for water storage in soil) a new formula was developed, working with the depth of soil horizons, rock content estimation and effective porosity without soil moisture defined by Suchara (2007).

$$RP = H * PVK * (1 - S) \quad (1)$$

Calculation of the retention potential. RP – retention potential [mm]; H – depth of the soil profile / horizon; PVK – effective porosity without soil moisture [mm]; S – estimation of rock content [-]

3.2 The Influence of waterlogged soils on the outflow from a catchment

Data from the stations of the Department of Physical Geography, Charles University, were used for analysis of outflows, groundwater levels and meteorological variables. Four catchments with a different distribution of peat bogs and waterlogged soils were chosen. A detailed pedological survey was not carried out in all catchments due to time reasons. Therefore, other sources of the peat area were selected: the database of peat deposits of the Research Institute for Soil and Water Conservation (VÚMOP) and the The Forest Management Institute (ÚHUL). The investigation was focused on the selection of rainfall events at the time of low and full saturation of the catchments, respectively in

a time of high and low groundwater level in the peat bog during 6-years period of measurement (2008-2013).

3.3 Hydrograph separation using stable isotopes of hydrogen and oxygen

To determine the water balance from peat bog in total runoff, mass balance method was used (Bůžek, 1984):

$$p = \frac{\sigma^{18}O_o - \sigma^{18}O_p}{\sigma^{18}O_v - \sigma^{18}O_p} * 100 \quad (2)$$

Mass balance method. Index „o“ – oxygen isotopic ratio in stream water behind the peat bog; index „p“ – oxygen isotopic ratio in stream water before the peat bog; index „v“ – oxygen isotopic ratio in peat bog water

Water samples for the analysis of stable hydrogen and oxygen isotopes were taken from precipitation, at two places in the Rokytká brook flowing through the local peat bog (sampling before and behind the bog) and water from the peat bog every 14 days during the growing season.

3.4 Identification of runoff formation using dyes

The difference in the amount of water which flows from peat bogs and main types of organomineral soils in the Šumava Mts. (predominantly entic Podzol) led to an attempt to describe the dominant subsurface flow at two relatively homogeneous slopes (Figure 3).

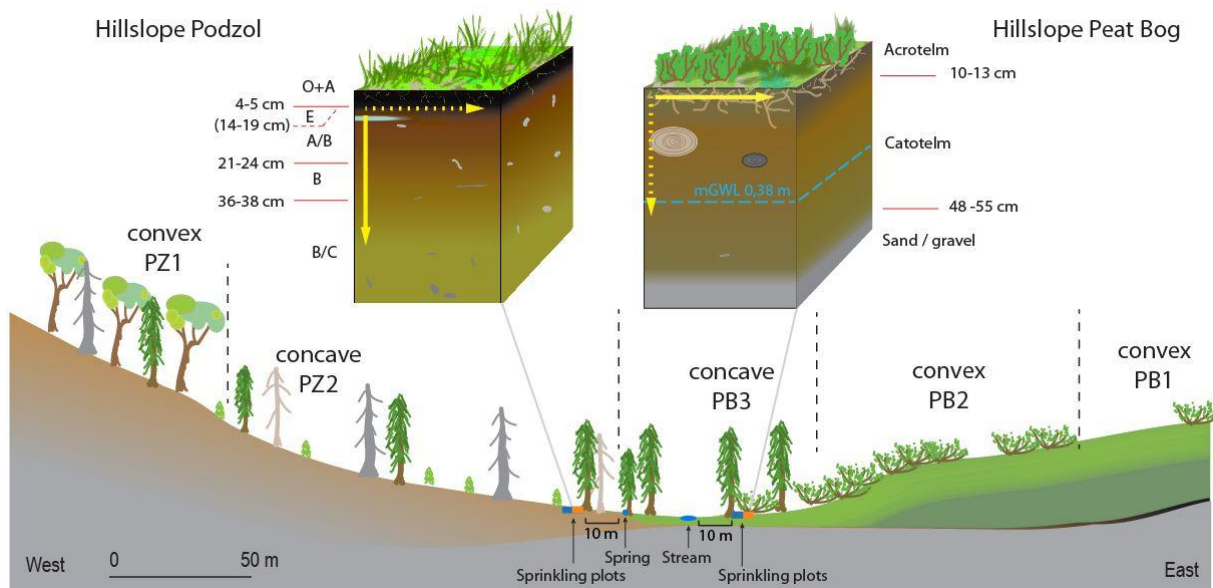


Figure 3 Experimental profile (Vlček et al., 2017). Yellow arrows – dominant preferential flow estimation.

Dyes Brilliant blue (CAS No 3844-45-9, concentration of 5 g / l) and Fluorescein sodium (CAS No 518-47-8, concentration of 2 g / l) were used. Brilliant Blue is more sorptive and is often used to describe the preferential flow within a few meters from the application site. Fluorescein sodium is less sorptive and therefore particularly suitable for long-distance tracking. The comparison of both dyes is shown in Table 1.

	Brilliant blue	Fluorescein sodium
Suitable for preferential flow description	Y	Y
Identifiable in dark solis	N	Y
Effacted by chemical properties of a soil	N	Y (pH)
Suitable for long-distance tracking	N	Y

Tab. 1 Important properties of chosen dyes Brilliant blue a Fluorescein sodium

Both dyes were applied at the slope covered by entic Podzol and at the slope formed by the developed peat bog into squares of 2,25 m² approximately 10 m far from the stream. After about 2 hours of sprinkling, the excavation of vertical profiles began. Images from each vertical profile (50x50 cm) were taken and then analyzed by code in the IDL program developed and provided by Markus Weiler from University of Freiburg.

3.5 Evaluation of the retention potential at two catchments with different landuse

The different landuse of the area (forest / meadow) can lead to a different hydrological response to the rainfall events. The survey was performed by a detailed pedological survey according to the methodology and soil classification "Hydrology of soil types" (Boorman, 1995). Retention potential in the catchment area was solved, ie the maximum amount of water that can infiltrate into the soil, as well as the actual retention capacity, ie with the actual soil moisture and the groundwater level in the hydromorphic soils. The actual retention capacity was then compared with cause rainfall event. For comparison with the standard catchment saturation assessment method, the actual retention capacity was compared with the previous API index. Interception was neglected in this case.

4 Results and discussion

Water retention in soils can be seen from two main views. First, it is water retention in terms of flood protection, and second, retention as a water supply for streams during dry periods. Typically, only one aspect is evaluated according to the current hydrometeorological situation. Many approaches for one or another aspect are difficult to be combined.

From the hydrological point of view, peat bogs were perceived as a water storage objects that hold water during a rainfall event, and then water is let out gradually during drought (Spirhanzl, 1957). Following work showed the higher discharge fluctuation in the catchment with the occurrence of peat bogs not only in Šumava Mts. When comparing the retention potential of soils at low and mean groundwater levels in the Rokytka catchment, it was also demonstrated that peat bog may have a much higher retention potential (storage) than the rest of the soils in the catchment area. However, for most of the growing season, groundwater level is quite high and thus creates an area with the lowest retention potential in the catchment (Figure 4). Outflow response results generally in a delay or acceleration of the flow wave (Evans et al., 1999). The extent of peat bogs or waterlogged soils in the catchment, and especially their saturation, can have a major influence on a runoff formation.

**Minimální hladina podzemní vody
v organozemi**

**Průměrná hladina podzemní vody
v organozemi**

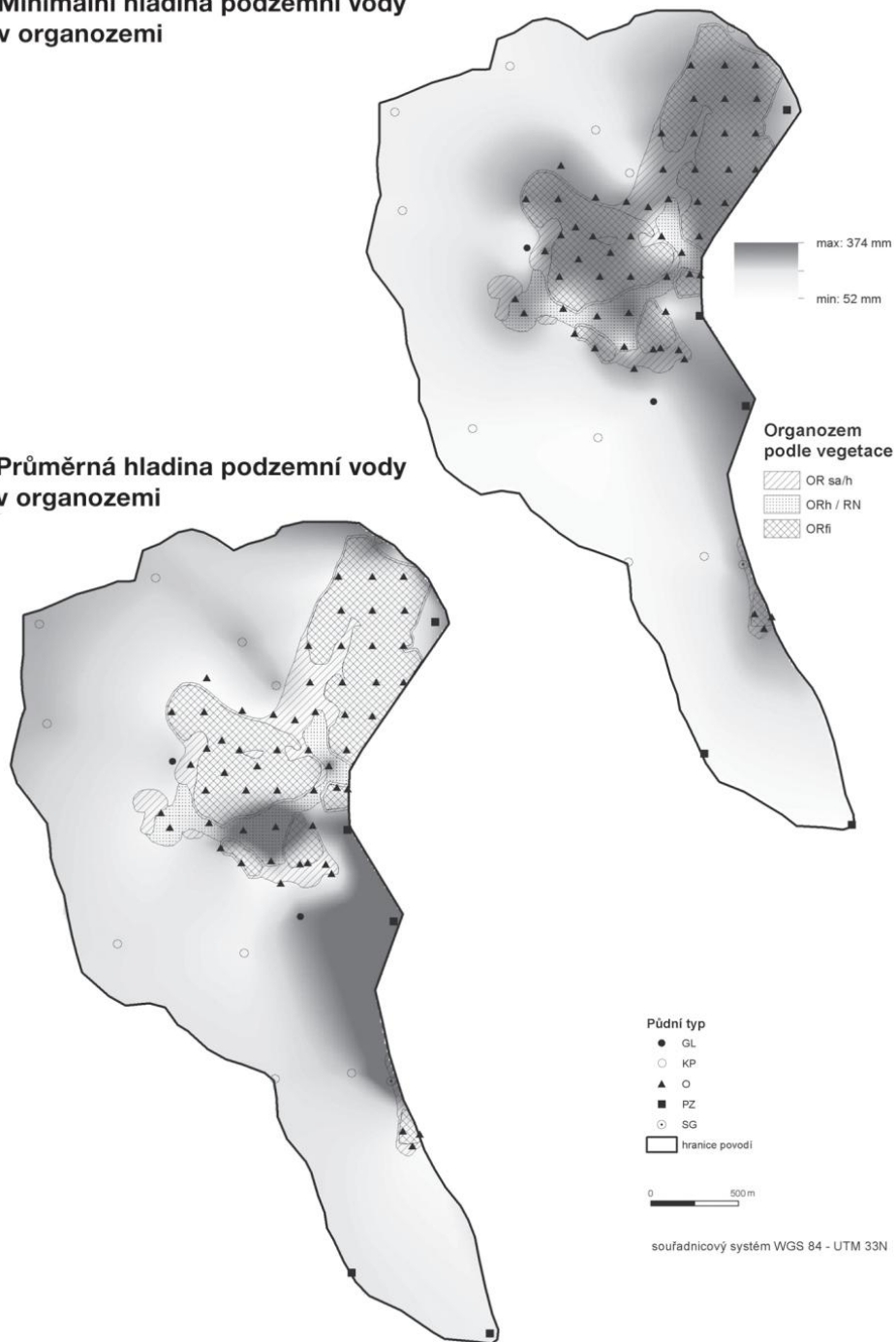


Figure 4. Water retention potential of Rokytká catchment during low (upper figure) and mean groundwater level (Vlček et al., 2012).

Following the calculation of the retention potential, outflow responses on causative precipitation were evaluated in 4 catchments. The main difference was the area of peat bogs and waterlogged soils coverage. The storage effect of peat bogs during low saturation of catchments was not confirmed, as Spirhanzl (1957) or Evans et al. (1999). However, during high saturation of the catchment, an increase in volume of runoff in catchments with higher coverage of peat bogs (20-30%) is apparent from precipitation of 10-15 mm (Figure 5).

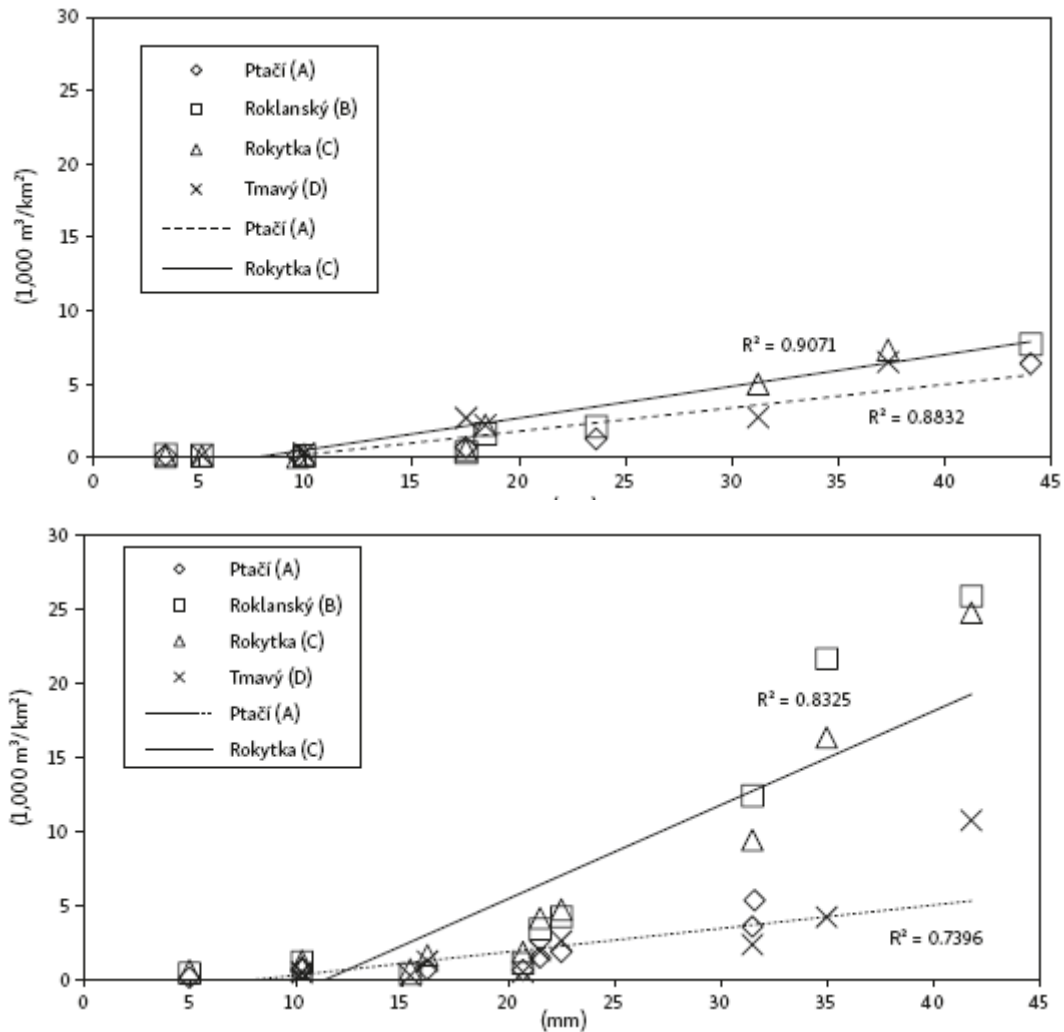


Figure 5 Volumes of peak discharges during selected rainfall events (Vlček et al., 2016).

How does the peat bog water contribute to total runoff? Next part of the work focuses on the issue from the chemistry point of view. Chemical indicators such as pH, water colour or TOC in streams corresponded generally to those works about peat bogs evaluated by Worall (2006) or Freeman (2001). Organic matter is released into the flow during increasing discharges. The ratio of water from peat bogs to total runoff can be very variable: 10-90% (Klaus and McDonnell, 2013). The analysis of stable isotopes of hydrogen and oxygen, however, revealed a maximum ratio of about 10% of peat water not only during baseflow (Figure 6). Water flowing from peat bogs contributes probably more than 10 %, but that water is composed mostly from rain water. On the other hand, it can be noticed that peat bog water contribution into the stream is low during baseflow.

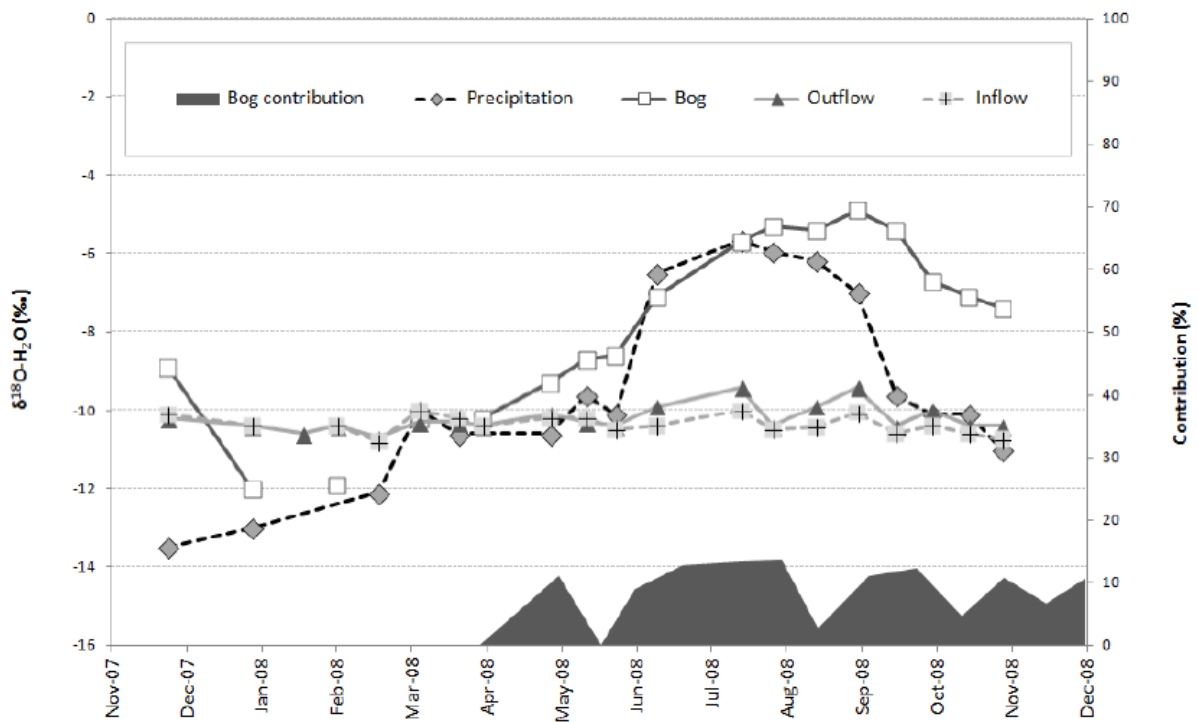


Figure 6 Isotopic ratio in water from different sources (Kocum et al., 2016).

The existence of two dominant soil types (entic podzol, organosol) at the Vydra river headwater creates two specific hydropedological environments. According to the classification of "Soil hydrological groups" (Boorman, 1995) and "dominant subsurface flow" (Scherrer and Naef, 2003), the preferential flow can be estimated. At podzol slope according to the classifications, deep percolation, potentially shallow subsurface flow (SSF) or flow in the organic layer (Biomat flow (Gerke et al., 2015)) predominated. At peat bog slope, dominant shallow subsurface flow was estimated in the acrotel, and if full saturation occurs, then the surface runoff can be seen. Dye experiment confirmed deep percolation at podzol slope (Figure 7). Rather than the shallow subsurface flow defined by Scherrer and Naef (2003), "biomat flow" was confirmed. The surface flow and "biomat flow" in acrotelm were confirmed. Additionally, the existence of pipeflow in the catotelm along partially decomposed roots was recognized.

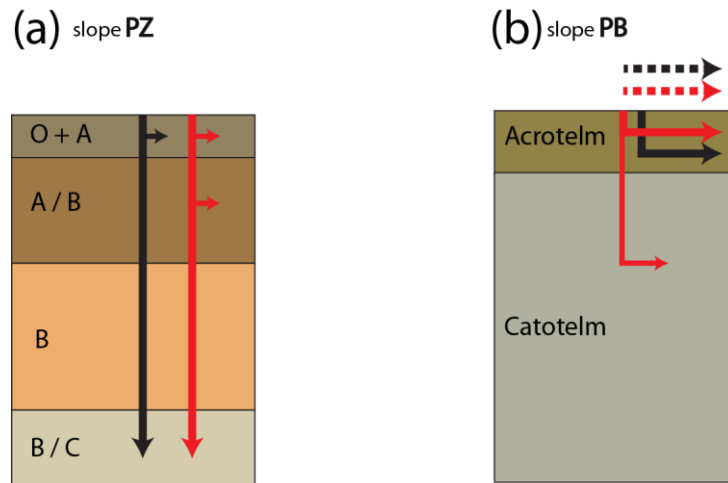


Figure 7 Dominant subsurface flow in podzol soil (a) and peat bog (b) (Vlček et al., 2017). Black arrows = estimated preferential flow; red arrows = proved preferential flow by dyes application.

When comparing two river basins with different landuse, the main emphasis was put on the similarity of other basic parameters such as topography or soils. However, anthropogenic interventions in the past influenced soil conditions at both catchments. This influence was mainly caused by different drainage measures. From the pedological survey it is clear that both catchments should originally have same area of hydromorphic soils, mainly in the concave part of the valleys. It can be proved by evidence of an organic horizon at meadows or some patterns of hydromorphic features in the soil profile. While the Zbytinský brook catchment was affected by tube drainage, the forest basin was drained by ditches and channels. However, these measures are also part of a different landuse of catchments. Total long-term retention potential of water in the soil was higher at Tetřívčí brook catchment with larger proportion of hydromorphic soils (Figure 8).

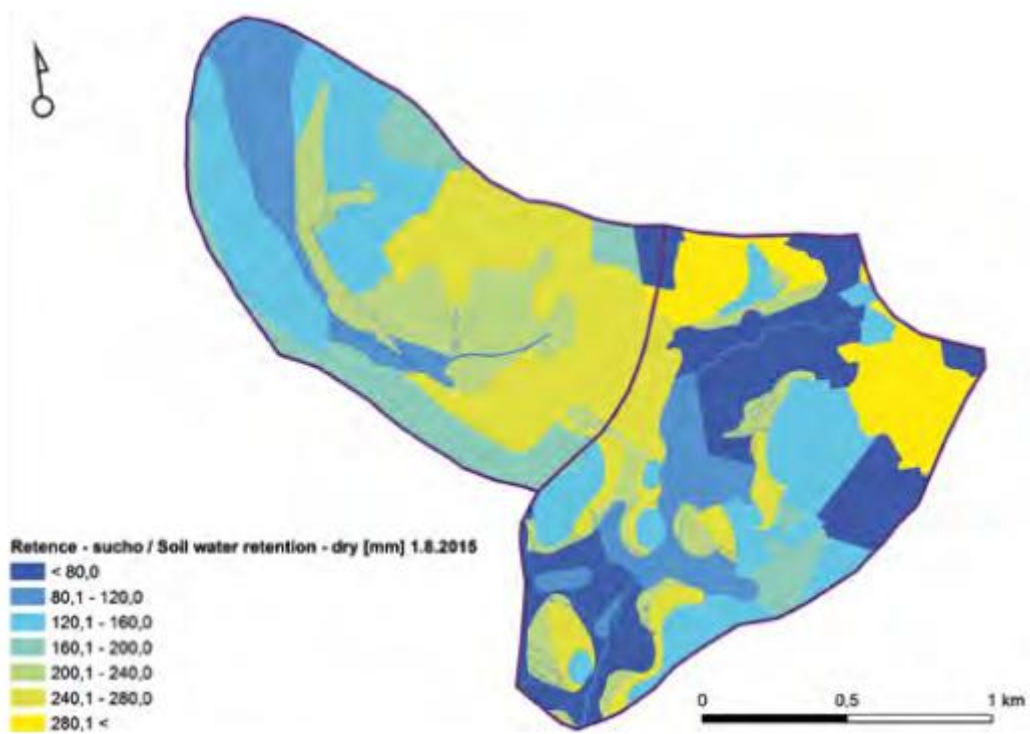
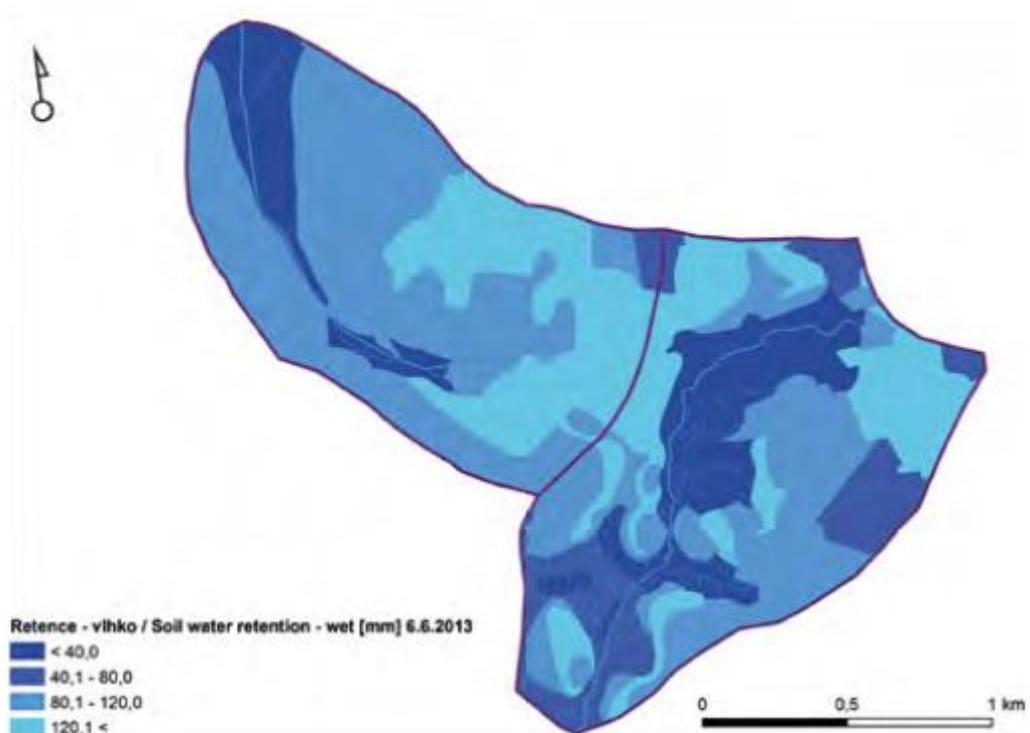


Figure 8 Water retention potential during wet (upper) or dry condition (Královec et al., 2016)

Experimental catchments have a different outflow response to causal rainfall event during various saturation conditions (Table 2). Long-term rainfalls of lower intensity had higher outflow at Tetřívčí brook catchment. High intensity rainfall events, usually during higher saturation of the catchment, higher outflow response occurred at Zbytinský brook catchment. In contrast to the evaluation at the Vydra river basin, meadows are more prone to surface runoff at Zbytinský brook catchment. In addition, the areas of hydromorphic soils are very fragmented compared to the peat bogs at Šumava Mts.

Typ příčinné situace	T	T _{qi}	T _{qd}	T _{lag}	q _{max}
PS1	ZBY < TET	ZBY = TET	ZBY < TET	ZBY << TET	ZBY ≤ TET
PS2	ZBY < TET	ZBY = TET	ZBY << TET	ZBY = TET	ZBY << TET
PS3	ZBY < TET	ZBY = TET	ZBY << TET	ZBY ≥ TET	ZBY = TET
PS4	ZBY ≤ TET	ZBY = TET	ZBY < TET	ZBY = TET	ZBY >> TET

Table 2 Differences in outflow responses according to a type of rainfall event. T – time of an outflow event; T_{qd} – time of falling limb during an event; T_{qi} - time of rising limb during an event; T_{lag} – time from the beginning of the rainfall till the beginning of discharge increasing; q_{max} – value of the peak discharge; PS1 – short-term rainfall during low saturation of the catchment; PS2 – long-term rainfall during low saturation of the catchment; PS3 – short-term medium intensity rainfall during low saturation of the catchment; PS4 – short-term medium intensity rainfall during high saturation of the catchment.

5 Conclusions

In this work, four main evaluations of soil retention potential at mountain areas were used. The knowledge of soil conditions of a catchment and its retention capacity, which is variable over time, is important factor. In the Šumava Mts. environment, depth of groundwater level in hydromorphic soils was proved to be one of the key factors of outflow from the catchment. Catchments with a large proportion of peat bogs have retention characteristics determined by the area of peat bogs or hydromorphic soils.

Evaluation of discharge data from selected stations at small catchments in the Vydra river headwater has shown influence the extent of peat bogs and hydromorphic soils on drainage after rainfall events. The discharge volume was found to be substantially higher at the time of full water saturation of soils from the amount of precipitation greater than 10-15 mm. On the contrary, during dry periods, the retention ability of peat bogs was not proved.

Using the method of stable isotopes and chemistry of water in the stream, it was found that the baseflow from the catchment with peat bog is mainly formed by water from the aquifer in mineral soils. Also, significant variation in outflow from the catchment with a higher proportion of hydromorphic soils and peat was confirmed.

During the sprinkling experiment - Stormflow simulation (Weiler et al., 2006), flow in organic horizons on both slopes was demonstrated at two slopes representing the dominant soil types of the central Šumava Mts. Deep percolation on the slope formed by entic podzol and surface runoff on the slope formed by histosol.

In the agricultural-used catchments in the Šumava Mts., the different land use has an indirect influence on the runoff formation. By long-term interventions, mainly by drainage measures, the soil has been partly transformed by land use. The retention capacity is higher due to drainage at the catchment where meadow dominates. However, response to precipitation is slower at the forested catchment.

6 References

- Bear, J. (1971): Dynamics of fluids in porous media. American Elsevier Publish Company. New York, s. 763.
- Boorman D.B., Hollis, J.M., Lilly A. (1995): Hydrology of soil types: a hydrologically-based classification of the soils of the United Kingdom. Oxfordshire, Institute of Hydrology, s. 137.
- Bůzek, F. (1984): A Rapid Procedure for Preparing Oxygen-18 Determination in Water Samples. *Isotopenpraxis*, 19, s. 70–72.
- Evans, M.G., Burt, T.P., Holden, J., and J. K Adamson J.K. (1999): Runoff generation and water table fluctuations in blanket peat: evidence from UK data spanning the dry summer of 1995. *Journal of Hydrology*, s. 141 - 160.
- Ferda, J., Hladný, J., Bubeničková, L., Pešek, L. (1971): Odtokový režim a chemismus vod v povodí Horní Otavy se zaměřením na výskyt rašelinišť, *Sborník prací HMÚ*, 17, HMÚ, Praha, s. 22-126.
- Freeman, C., Evans, C.D., Montieth, D.T., Reynolds, B., Fenner, N., (2001): Export of organic carbon from peat soils. *Nature* 412, s. 785–786.
- Gerke, K. M., Sidle, R. C., Mallants, D. (2015): Preferential flow mechanisms identified from staining experiments in forested hillslopes, *Hydrol. Process.*, 29, s. 4562–4578, doi:10.1002/hyp.10468.
- Hill, J., Woodland, W. (2003): Contrasting Water Management Techniques in Tunisia: Towards Sustainable Agricultural Use. *The Geographical Journal*, 169 (4), s. 342-357.
- Janský, J., Kocum, J., (2008): Peat bogs influence on runoff process: case study of the Vydra and Křemelná River basins in the Šumava Mountains, southwestern Czechia. *Geografie - Sborník ČGS*, Praha, 113, 4, ISSN 1212-0014, s. 383-399.
- Klaus, J., McDonnell, J.J. (2013). Hydrograph separation using stable isotopes: Review and evaluation. *Journal of Hydrology*, 505, s. 47–64.
- Kocum, J. (2012): Tvorba odtoku a jeho dynamika v pramenné oblasti Otavy, *Dizertační práce*, Vedoucí práce Bohumír Janský, <https://is.cuni.cz/webhapps/zzp/detail/84513>.
- Královec, V., Kliment, Z., Vlček, L., (2016): Hodnocení retence vody v půdě v lesním a nelesním prostředí. *Zprávy lesnického výzkumu*, No. 3, 181-189.
- Královec, V., Kliment, Z., Matoušková, M. (2016): Evaluation of runoff response on the basis of a comparative paired research in mountain catchments with the different land use. Case study of the Blanice River, Czechia. *Geografie*, 121, 2, s. 209–234.
- Rizzuti, A. M., Cohen, A. D., Stack, E. M. (2004): Using hydraulic conductivity and micropetrography to assess water flow through peat-containing wetlands, *Int. J. Coal Geol.*, 60 (1), s. 1–16, doi:10.1016/j.coal.2004.03.003.

- Scherrer, S., Naef, F. (2003): A decision scheme to indicate dominant hydrological flow processes on temperate grassland, *Hydrol. Process.*, 17 (2), s. 391–401, doi:10.1002/hyp.1131.
- Spirhanzl, J. (1956): Rašelina a její využití. Nakladatelství Ministerstva zemědělství, Praha. 114 s.
- Suchara, I. (2007): Praktikum vybraných ekologických metod. Karolinum. Praha. 134 s.
- Vlček, L., Kocum, J., Kučerová, A., Janský, B., Šefrna, L. (2012): Retenční potenciál a hydrologická bilance horského vrchoviště – případová studie Rokytecké slatě, povodí horní Otavy, *JZ Česko. Geografie*, 117, No.4, s. 1-17.
- Vlček L., Kocum J., Janský B., Šefrna L., Kučerová A. (2012): Retenční potenciál a hydrologická bilance horského vrchoviště: případová studie Rokytecké slatě, povodí horní Otavy, jihozápadní Česko. *Geografie*, 117, s. 395–414.
- Vlček, L., Falátková, K., and Schneider, P. (2017): Identification of runoff formation with two dyes in a mid-latitude mountain headwater, *Hydrol. Earth Syst. Sci.*, 21, s. 3025-3040, <https://doi.org/10.5194/hess-21-3025-2017>.
- Worrall, F., Burt, T., Adamson, J. (2006): Long-term changes in hydrological pathways in an upland peat catchment - recovery from severe drought?, *Journal of Hydrology*, 321, 1, s. 5-20, ISSN 0022-1694, <http://dx.doi.org/10.1016/j.jhydrol.2005.06.043>.

Curriculum vitae

Jméno: Lukáš Vlček
E-mail: lukas.vlcek@natur.cuni.cz

Dosažené vzdělání

2011 - dosud doktorské studium, Přírodovědecká fakulta UK
doktorská práce na téma: Retence vody v půdách horských oblastí ČR
2016 uznán titul RNDr.
2013 státní doktorská zkouška
2008 - 2011 magisterské studium, Přírodovědecká fakulta UK, obor Fyzická geografie a geoekologie, zaměření pedologie a hydrologie. Diplomová práce na téma: Retence vody půdou v experimentálních povodích se zaměřením na organozemě
2005 - 2008 bakalářské studium, Přírodovědecká fakulta UK, obor Geografie a Kartografie

Zaměstnání

2011 - dosud **vědecký a technický pracovník**
Přírodovědecká fakulta Univerzity Karlovy, Praha
2016 – dosud **vědecký pracovník**
Výzkumný ústav meliorací a ochrany půdy, v.v.i., Praha

Členství v odborných organizacích:

od 2014 člen České pedologické společnosti

Výzkumné aktivity

2014 dvouměsíční stáž na Institutu geografie, University of Zürich, Švýcarsko
2013 mezinárodní seminář Geography of water, Zadar, Chorvatsko

Účast na projektech:

2013 - dosud GA ČR: Retenční potenciál pramenných oblastí ve vztahu k hydrologickým extrémům
2012 - 2014 GA ČR: Vliv disturbancí horské krajiny na dynamiku fluviálních procesů

Jazykové a ostatní znalosti

Anglický jazyk – certifikát FCE
Německý jazyk – středně pokročilý
Ruský jazyk – mírně pokročilý

Publikace:

Doležal, T., **VIČEK, L.**, Kocum, J., Janský, B. (2017): Evaluation of the influence of mountain peat bogs restoration measures on the groundwater level: case study Rokytka peat bog, Šumava Mts., Czech Republic. *AUC Geographica*. 1-10 s., ISSN 2336-1980.

VIČEK, L., Falátková, K., and Schneider, P. (2017): Identification of runoff formation with two dyes in a mid-latitude mountain headwater, *Hydrol. Earth Syst. Sci.*, 21, 3025-3040, <https://doi.org/10.5194/hess-21-3025-2017>.

VIČEK, L., Kocum, J., Janský, B., Šefrna, L., Blažková, Š. (2016): Influence of Peat Soils on Runoff Process – Case Study of Vydra River Headwaters. *Geografie*, 121, No. 2, 1–17.

Kocum, J., Oulehle, F., Janský, B., Bůzek, F., Hruška, J., **VIČEK, L.**, (2016): Geochemical evidence for peat bog contribution to the streamflow generation process: case study of the Vltava River headwaters, *Czech Republic Hydrological Sciences Journal*, 61:14, 2579-2589, <http://dx.doi.org/10.1080/02626667.2016.1140173>.

Královec, V., Kliment, Z., **VIČEK, L.**, (2016): Evaluation of soil water retention in forest and non-forest environment. *Zprávy lesnického výzkumu*, No. 3, 181–189.

Královec, V., Kliment, Z., **VIČEK, L.**, (2015): Influence of soil matrix and different land use on the runoff process in the experimental catchments Zbytiny. *Acta Hydrologica Slovaca*, Vol. 16, No. TC 1, 252–259.

VIČEK L., Kocum J., Janský B., Šefrna L. (2013): Role organozemních půd v tvorbě odtoku - případová studie pramenné oblasti Vydry, *Sborník příspěvků ze semináře Aldolfa Patery*.

VIČEK, L., Kocum, J., Kučerová, A., Janský, B., Šefrna, L. (2012): Retenční potenciál a hydrologická bilance horského vrchoviště – případová studie Rokytecké slatě, povodí horní Otavy, *JZ Česko. Geografie*, 117, No. 4, 1-17.

Účast na odborných konferencích

Konference EGU - Vienna (2017)

Prezentace:

VIČEK, L., Schneider, P., and Falátková, K.: Identification of runoff formation with two dyes in a mid-latitude mountain headwater.

Konference EGU - Vienna (2015)

Poster:

VIČEK L., Kocum J., Šefrna L., Janský B. : How do different parts of a basin respond to a rainfall? Case study Rokytká, Bohemian Forest, Czech Republic.

Konference EGU - Vienna (2014)

Poster:

VIČEK L., Šefrna L., Janský B.: Effect of bark beetle calamity on dynamics of soil moisture during flood and drought event in 2013 – case study Rokytká catchment, Šumava Mts. Czech Rep.

Konference AAG Annual Meeting Florida - Tampa (2014)

Prezentace:

Kocum J., Janský B., **VIČEK L.**: Headwaters retention potential assessment with respect to hydrological extremes.

Seminář Aldolfa Patery - Praha (2013)

Prezentace:

VIČEK L., Kocum J., Janský B., Šefrna L.: Role organozemních půd v tvorbě odtoku - případová studie pramenné oblasti Vydry.

Voda v krajině - Praha (2012)

Prezentace:

Královec V., Kliment Z., **VIČEK L.**: Vliv rozdílného krajinného a půdního pokryvu na odtokovou odezvu v malých povodích.

Partner meeting of Project Genesis – Oulu (2012) – groundwater and dependent ecosystems

Prezentace:

VIČEK L.: Retention ability of the experimental catchment.