

JIHOČESKÁ UNIVERZITA V ČESKÝCH
BUDĚJOVICÍCH

ZEMĚDĚLSKÁ FAKULTA

Studijní program: B4131 Zemědělství

Studijní obor: Trvale udržitelné systémy hospodaření v krajině

Katedra: Katedra krajinného managementu

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

BAKALÁŘSKÁ PRÁCE

Porovnání vodních a látkových toků malých povodí na
Šumavě v závislosti na způsobu hospodaření

Vedoucí bakalářské práce: Ing. Jan Procházka Ph.D.

Autor: Aleš Vácha

České Budějovice, duben 2014

ZADÁNÍ BAKALÁŘSKÉ PRÁCE

(PROJEKTU, UMĚLECKÉHO DÍLA, UMĚLECKÉHO VÝKONU)

Jméno a příjmení: **Aleš VÁCHA**
Osobní číslo: **Z11458**
Studijní program: **B4131 Zemědělství**
Studijní obor: **Trvale udržitelné systémy hospodaření v krajině**
Název tématu: **Porovnání vodních a látkových toků malých povodí na Šumavě
v závislosti na způsobu hospodaření**
Zadávací katedra: **Katedra krajinného managementu**

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

Proměřit a vypočítat odtokové parametry závěrných profilů modelových povodí a zpracovat příslušné kontinuální záznamy z dataloggerů. Zpracovat data dlouhodobého kontinuálního monitoringu jakosti povrchových vod na modelových lokalitách. Na základě zpracovaných dat porovnat rozdíly v chemismu a odtoku povrchové vody v souvislosti s hospodářskými aktivitami sledovaných lokalit.

Rozsah grafických prací: 15 stran
Rozsah pracovní zprávy: 35 stran textu
Forma zpracování bakalářské práce: tištěná/elektronická
Seznam odborné literatury:

PITTER P., 1999: Hydrochemie, VŠCHT, Praha, 568 s.

MATTAS D., 1998: Měření průtoků nestandardními metodami a v nestandardních podmínkách. Výzkumný ústav vodohospodářský TGM Praha, 45 pp.

PROCHÁZKA J., BROM J., PECHAR L., ŠTÍCHOVÁ J., POKORNÝ J. (2008): Changes in concentrations of dissolved solids in precipitation and discharge water from drained pasture, natural wetland and spruce forest during the years of 1999- 2006 in Šumava mountains, Czech Republic. In: VYMAZAL J. (ed.): Wastewater Treatment, Plant Dynamics and Management. Springer Science + Business Media B. V., Heidelberg, 39-51.

SHAW E., 1983: Hydrology in practice. Cheltenham : Stanley Thornes, reprint 3rd edition 1999, 569 s.

BRUTSAERT W., 2005: Hydrology an introduction. Cambridge university press, Cambridge, UK, 605 s.

ŠILAR J a kol., 1983: Všeobecná hydrogeologie. Skripta PŘF UK, Praha, 191 s.

Vedoucí bakalářské práce: Ing. Jan Procházka, Ph.D.
Katedra krajinného managementu

Datum zadání bakalářské práce: 4. března 2013

Termín odevzdání bakalářské práce: 15. dubna 2014


prof. Ing. Miloslav Šoch, CSc.
děkan

JIHOČESKÁ UNIVERZITA
V ČESKÝCH BUDĚJOVICÍCH
ZEMĚDĚLSKÁ FAKULTA
studijní oddělení
Studentská 13 ⑫
370 05 České Budějovice


doc. Ing. Pavel Ondr, CSc.
vedoucí katedry

V Českých Budějovicích dne 20. března 2013

Prohlášení

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

.....

V Českých Budějovicích dne2014

Poděkování:

Děkuji Ing. Janu Procházkovi, Ph.D. (Katedra krajinného managementu ZF JCU České Budějovice) za odborné vedení a cenné rady při psaní mojí bakalářské práce. Kolektivu Laboratoře aplikované ekologie za poskytnuté odborné konzultace, přístrojové vybavení a celkovou podporu. V neposlední řadě pak své rodině za podporu, trpělivost a vytvoření vhodných podmínek k práci.

Abstrakt

Předkládaná bakalářská práce se zabývá porovnáním vodních toků a kvality vody odtékající z malých povodí s různým způsobem hospodaření v oblasti lipenského pravobřežní na Šumavě.

Povodí jsou srovnatelná svou rozlohou, expozicí, nadmořskou výškou a klimatickými podmínkami, liší se ve způsobu využití půdy a hospodaření.

Řešení bakalářské práce přispělo k zpřesnění měření průtoků a vyhodnocení dat od roku 2008 do roku 2013.

Z vyhodnocených výsledků vyplývá, že z odvodněného povodí, využívaném jako pastviny, (Mlýnský) odeče průměrně 70%, z povodí s lesem, mokřady a loukami (Horský) 39% a z lesního povodí (Bukový) 33% vody, které do povodí dopadne ve srážkách. Průměrné roční hodnoty průtoku vody za sledované období byly na Mlýnském potoce $43,1 \text{ l.s}^{-1}$ s maximem $662,9 \text{ l.s}^{-1}$ (2. 6.2013), na Horském $28,6 \text{ l.s}^{-1}$ s maximem $451,2 \text{ l.s}^{-1}$ (2.6.2013) a $24,5 \text{ l.s}^{-1}$ s maximem $220,0 \text{ l.s}^{-1}$ (2.6.2013) na Bukovém potoce. Největší kolísání hodnot bylo zaznamenáno v povodí mlýnského potoka.

Z výsledků vyplývá přímá závislost mezi hodnotami odtoku a množstvím rozpuštěných látek vyjádřené prostřednictvím elektrické vodivosti vody. Průměrné hodnoty vodivosti dosahují $84 \text{ }\mu\text{S.cm}^{-1}$ u Mlýnského potoka, $43 \text{ }\mu\text{S.cm}^{-1}$ u Horského potoka a $39 \text{ }\mu\text{S.cm}^{-1}$ u potoka Bukového.

Řešením bakalářské práce bylo potvrzeno, že způsob využití území se významným způsobem podílí na bilanci vody v povodí a kvalitě odtékající vody.

Klíčová slova: srážky, průtok, odtok, elektrická vodivost vody.

Abstract

The present thesis deals with the comparison of water flow and quality of water flowing from small watersheds under different farming methods on the right bank of Lipno in the Bohemian Forest. Watersheds are comparable to its size, exposure, altitude, climatic conditions and differ in land use and management. Solution in bachelor thesis contributed to more accurate flow measurement and analysis of data from 2008 to 2013.

The evaluated results show that the drained basin used as pasture (Mlýnský) has drained in average of 70 %, the runoff in the watershed covered with forest, wetlands and meadows (Horský) is 39 % and the runoff from watershed covered with forest (Bukový) is 33 % of water, that the basin falls in precipitation. During the period the average annual water flow rates were 43.1 l.s^{-1} with a maximum of 662.9 l.s^{-1} on Mlýnský creek (2 June 2013), 28.6 l.s^{-1} with a maximum of 451.2 l.s^{-1} on Horský creek (2 June 2013) and 24.5 l.s^{-1} with a maximum of 220.0 l.s^{-1} on Bukový creek (2 June 2013). The greatest variation values were recorded in the catchment area of the Mlýnský creek.

The results show a direct correlation between the values of runoff and the amount of dissolved solids expressed through the electrical conductivity of the water. The average value of conductivity is $84 \mu\text{S.cm}^{-1}$ in Mlýnský creek, $43 \mu\text{S.cm}^{-1}$ in Horský creek and $39 \mu\text{S.cm}^{-1}$ in Bukový creek.

The solution in bachelor thesis confirmed that land use is an important factor in the watershed water balance and also in the quality of the effluent.

Keywords: precipitation, flow rate, runoff, electrical conductivity of water.

Obsah:

1	ÚVOD	9
2	LITERÁRNÍ PŘEHLED	10
2.1	VODA	10
2.2	HYDROLOGICKÝ CYKLUS	11
2.3	SRÁŽKY	12
2.3.1	Měření srážek	12
2.3.2	Povodí	13
2.4	ODTOK VODY	14
2.4.1	Faktory ovlivňující odtok	16
2.4.2	Přímý odtok	19
2.4.3	Výška odtoku	21
2.5	PRŮTOK VODY	22
2.5.1	Metody zjišťování průtoků	23
2.5.2	Měrné přepady	25
2.6	MELIORACE	26
3	METODIKA	28
3.1	CHARAKTERISTIKA SLEDOVANÉ OBLASTI	28
3.1.1	Povodí Mlýnského potoka	30
3.1.2	Povodí Horského potoka	32
3.1.3	Povodí Bukového potoka	33
3.2	PŘÍSTROJOVÉ VYBAVENÍ A METODIKA SBĚRU DAT	34
3.2.1	Měření průtoků hydrometrováním	35
3.2.2	Zjišťování množství srážek	36
3.2.3	Zpracování a vyhodnocení dat	37
4	VÝSLEDKY A DISKUSE	38
4.1	VÝSLEDKY ZJIŠŤOVÁNÍ MNOŽSTVÍ SRÁŽEK	38
4.2	VÝSLEDKY MĚŘENÍ PRŮTOKU	39
4.3	VÝSLEDKY MĚŘENÍ VODIVOSTI	44
5	ZÁVĚR	51
6	LITERATURA	52

7 PŘÍLOHA I TABULKOVÁ ČÁST

8 PŘÍLOHA II OBRAZOVÁ ČÁST

1 Úvod

Krajina je ekologicky heterogenní území složené ze specifické sestavy ekosystémů, které jsou ve vzájemné interakci. Ve schopnosti udržovat vlastní dynamickou rovnováhu pak spočívá podstata stability ekosystému krajiny.

Charakteristickými rysy dobře (setrvale) fungujících krajinných celků jsou efektivně uzavřené látkové cykly, vyrovnané odtokové poměry a minimalizované transportní ztráty látek (Ripl, 1995).

Poznávání odtokových vlastností povodí začíná zjištěním nárůstu průtoku v závislosti na srážce. Na počátku deště se srážka vsakuje do půdy a průtok se nezvětšuje. Zvětšení průtoku se dostavuje po určité době, která je závislá na charakteristice porostu, vlastnostech půdy a utváření povodí.

Proměnlivý odtokový proces vyžaduje zřetelnější pozornost, protože vzrůstá potřeba hodnotit variabilitu, která vzniká v důsledku dlouhodobého kolísání přírodních procesů, také ale vlivem rostoucího tlaku lidské činnosti. Posuzování významu existujících fluktuací je motivováno zesilující potřebou sledovat a zohlednit změny vodních zdrojů způsobené prohlubujícím se využíváním a řízením vodních zdrojů. K tomu jsou potřebné spolehlivější poznatky o příčinách přirozené proměnlivosti vodního režimu, než jsou dostupné z běžných časových hydrologických řad.

Cílem práce bylo proměřit a posoudit odtokové parametry vybraných modelových povodí Mlýnského, Horského a Bukového potoka na Šumavě a zpracovat příslušné kontinuální záznamy z dataloggerů. Na základě zpracovaných dat byly vyhodnoceny rozdíly v odtoku povrchové vody v souvislosti s hospodářskými aktivitami sledovaných lokalit. Práce je součástí dlouhodobého výzkumného projektu Laboratoře aplikované ekologie ZF JCU (Procházka, 2001)

2 Literární přehled

2.1 Voda

Voda v krajině je podmínkou života a nezastupitelnou složkou životního prostředí. Je to jeden ze základních elementů. Význam vody v přírodě nespočívá jen v množství a jakosti, a proto nesmíme zapomenout, že důležitým významem je i přenos energie a látek v oběhovém cyklu. Voda již zdaleka není považována jen za surovinu, ale je chápána jako základní součást životního prostředí, kterou je nutno zachovat pro příští generace v co největším množství a nejlepší kvalitě (Červený a Bohm, 1984). V přírodě se vyskytující voda není chemicky čistá, vždy obsahuje rozpuštěné plyny a rozpuštěné i nerozpuštěné anorganické i organické látky. Některé látky přijímá již v atmosféře, ale k jejímu hlavnímu obohacování dochází při infiltraci půdou a horninami (Pitter, 2009)

V atmosféře se vyskytuje jako jediná látka ve všech třech termodynamických fázích (skupenstvích), jako kapalná voda, vodní pára a led (Lischke a Frank, 1988).

Podle Gergela a kol. (1994) je voda v krajině a tudíž i zemědělském ekosystému prakticky všudypřítomná. Ve směru hydraulického spádu prostupuje půdní a horninovým prostředím, doslova omývá i nejjemnější půdní substance minerálního a organického původu, proniká zdánlivě nepropustným horninovým podložím a zprostředkovává vzájemné kontakty a výměnu energetických toků mezi živými a neživými organickými a anorganickými složkami v půdě.

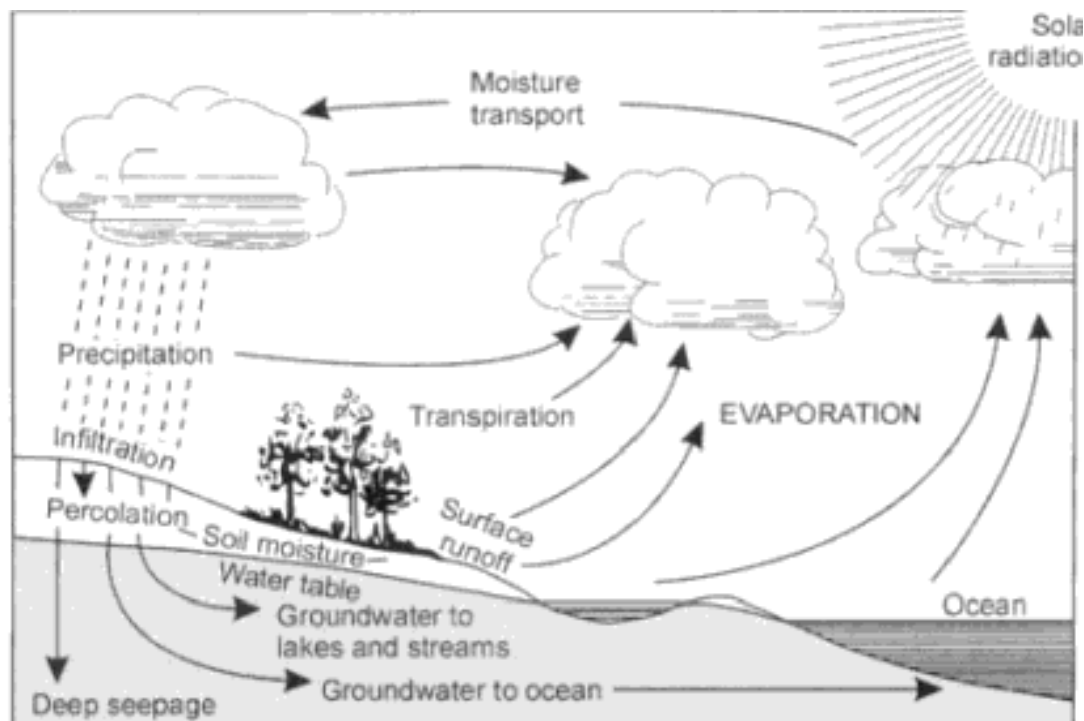
Význam vody v přírodě nespočívá jen v jejím množství a jakosti, ale také v přenosu energie a látek v jejím oběhovém cyklu. Voda se v přírodě účastní všech podstatných biologických procesů, fyzikálních a chemických pochodů a tvorby klimatu (Hlavínek a Říha, 2004).

2.2 Hydrologický cyklus

Hydrologický cyklus 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).

Voda se vypařuje z oceánů, vodních toků a nádrží, půdy (evaporace) a z vegetace (transpirace) a zvyšuje tak množství vodní páry ve vzduchu. Nerovnoměrné sluneční záření způsobuje rozdíly atmosférického tlaku, což má za následek různé rychlosti větru a je příčinou kondenzace páry, která dopadá vlivem gravitace na zemský povrch ve formě srážek. Část vody je zachyceno vegetací, část odtéká jako povrchová voda a část proniká do půdy a vytváří podzemní vodu (infiltrace). Podzemní voda po určité době znovu vystupuje na povrch ve formě pozvolného podzemního odtoku pramenů (Serrano, 1997).

Podle Zhanga a kol. (2002) se uvedené procesy (výpar, infiltrace a další) kvantitativně vyjadřují jako tak zvané bilanční prvky v rámci hydrologické bilance. Hydrologická bilance je porovnání příjmových a ztrátových složek (bilančních prvků) hydrologického cyklu. Umožňuje určit velikost přírodních zdrojů vody a tím možnosti jejich využití v určitém území.



Obrázek 1 Koloběh vody (Zhang a kol., 2002).

2.3 Srážky

V podstatě celý hydrologický cyklus je poháněn srážkami, proto jsou považovány za jeho hlavní komponentu (Brutsaert, 2005).

Jako atmosférické srážky označujeme vodu v kapalném nebo tuhém stavu vypadávající z oblaků na Zem. Aby k tomu došlo, musí být kapky nebo krystalky takových rozměrů, že se nemohou udržet v atmosféře a vznášet se (Lischke a Frank, 1988).

Podle Munzara a kol. (1989) se tedy jedná o všechnu vodu jak v kapalném, tak tuhém skupenství, jež vypadává z různých druhů oblaků (popř. z mlhy), nebo která se usazuje na zemském povrchu. Srážky, které vypadávají z oblaků, ale nedosahují zemského povrchu, se označují jako *virga* neboli srážkové pruhy.

Dle Kemela (1996) můžeme srážky rozdělit na:

Vertikální (padající) srážky

děšť, mrznoucí děšť, mrholení, mrznoucí mrholení, sníh, sněhové krupky, sněhová zrna, krupky, zmrzlý děšť, kroupy, ledové jehličky

Horizontální (usazené) srážky

rosa, jinovatka, námraza, ledovka

Množství horizontálních srážek je v porovnání s množstvím na zem vypadlých vertikálních srážek za období hydrologického roku zpravidla malé. Hrají však významnou roli např. v zemědělství, neboť jsou schopny pokrýt minimální množství vody potřebné pro zachování života rostlin v období, kdy je normálních srážek katastrofálně málo (Kemel, 1996).

2.3.1 Měření srážek

Základním přístrojem pro měření množství srážek je staniční srážkoměr (typ Metra). Skládá se ze dvou stejně velkých válcovitých srážkoměrných nádob, nálevky a konvice. Součásti jsou obvykle zhotoveny z pozinkovaného plechu. Soupravu ještě doplňuje odměrný válec kalibrovaný po desetínách mililitru. Srážkoměrná nádoba je vysoká 50 cm s průměrem horního okraje 252,3 mm, takže záchytná plocha tvoří 500cm² tj. 1/20 m² (Kříž, 1988).

Stále více rozšířené jsou srážkoměry člunkové. V těchto po naplnění nádoby o známém objemu dojde k jejímu překlopení, pod nálevku se nastaví druhá měrná nádoba a proces se opakuje. Každé překlopení nádoby současně znamená sepnutí elektrických kontaktů, jejichž počet se samočinně registruje. Počet sepnutí vynásobený objemem nádoby určuje množství spadlých srážek.

V zimním období, kdy lze očekávat tuhé srážky, se používá srážkoměrná nádoba bez nálevky.

Dalším typem srážkoměrného přístroje je totalizátor. Používá se k integrálnímu měření dešťových i sněhových srážek na odlehlých, těžko dostupných místech, kde se určuje celkové množství srážek za delší časové období (týden, měsíc, roční období, rok). Má malou záchytnou plochu, ale poměrně velkou záchytnou nádobu, která svým objemem musí odpovídat očekávaným srážkám sběrného období.

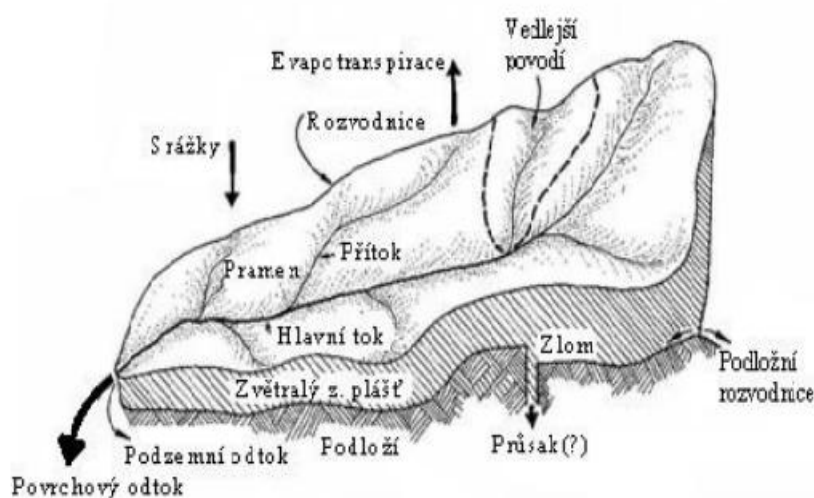
Kromě těchto „klasických způsobů“ měření se uplatňují metody remote sensing neboli dálkového průzkumu. Využívá se radarových a družicových pozorování k určení kvantity a kvality srážek. U těchto metod klesá přesnost získaných údajů, což souvisí s principem měření a s metodikou jeho vyhodnocování. U radarových pozorování se využívá různé intenzity odraženého signálu od srážkové oblačnosti; v případě družicových dat se analyzují snímky oblačnosti a zemského povrchu pořizované v různých částech spektra (Kříž, 1988).

2.3.2 Povodí

Povodí je základní hydrologickou oblastí, v které se zkoumá odtokový proces a zjišťuje vzájemný vztah bilančních prvků. Je to 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. Dijksma a kol., (2002) uvádí, že se liší plocha „hydrologického“ povodí a to u takových povodí, jejichž hladina podzemní vody se nachází hluboko pod terénem. Povodí povrchových vod je jednoznačně určeno profilem na hlavním toku a je vymezeno rozvodnicí (Maidment, 1993). Viz obrázek (Obr. 2) Rozvodnice je smyšlená čára vyznačující geografickou hranici mezi sousedními povodími. Rozvodnice podpovrchových vod, která je určena geologickým složením a průběhem

nepropustných vrstev, není vždy totožná s rozvodnicí povrchových vod (Němec, 1965).

Povodí je také základní jednotkou pro vyhodnocování toků látek v přírodě. Většina prvků je svými biogeochemickými cykly navázána na vodu, a tak při vyhodnocování toků lze vycházet ze základní hydrologické bilance povodí, která je dána srážkami a průtokem na konci povodí.



Obrázek 2 Model povodí (Juračková, 2007)

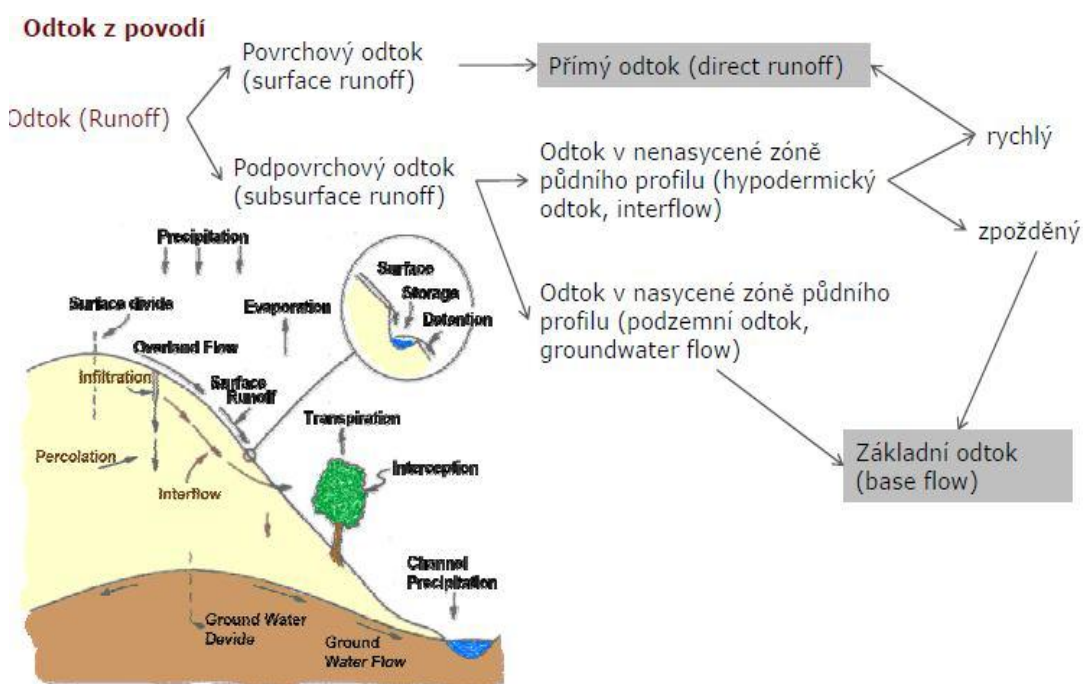
2.4 Odtok vody

Odtok vody je důležitý člen hydrologické bilance a bilance podzemních vod. Odtok je celkové množství vody proteklé závěrovým profilem za určité období, zpravidla rok. Odtok se začíná vytvářet spadnutím srážek a působení gravitace vytváří na zemském povrchu nejdříve na malých plochách plošný odtok (nesoustředěný), pak se vlivem členitosti terénu koncentruje ve stružkách, struhách, rýhách, potocích a tocích a vytváří povrchový soustředěný odtok (Hubačiková, 2009).

Obecně je odtok vody ovlivňován množstvím srážek, infiltrací vody do půdy, vlhkostí půdy, druhem vegetačního pokryvu, nepropustnými plochami a retencí povrchu (Janeček, 2012).

Velikost odtoku je charakterizována průtokem – Q (Kravka, 2009).

Celkový odtok lze rozdělit na přímý odtok, který zahrnuje povrchový i hypotermický odtok, a na základní odtok, který má pro řešení hydrologických úloh rozhodující význam, protože pochází ze zásob podzemní vody (Melioris a kol., 1986).



Obr. Schéma srážko-odtokového procesu (Zdroj: Johnson, D., 1999)

Obrázek 3 Odtok vody z povodí (Jeníček, 1985).

Definice dle ČSN 73 6530, Názvosloví hydrologie z roku 1983:

- 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.
- Přírozený odtok – odtok neovlivněný umělým zásahem
- Ovlivněný odtok – odtok ovlivněný umělým zásahem.

- 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 do vrstvy rovnoměrně rozložené po ploše tohoto povodí nebo území.
- Součinitel odtoku – podíl objemu (nebo výšky) odtoku a objemu (nebo výšky) příslušných srážek způsobující tento odtok.

2.4.1 Faktory ovlivňující odtok

1) Fyzikálně – geografické činitele

a) Půdní a geologický faktor

Půdní a geologické poměry mají hlavní vliv na rozdělení celkového odtoku mezi odtok povrchový a podzemní.

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

Geologické poměry povodí umožňující vznik velkých zásob podzemní vody (šterky, pískovce), mají čáry překročení průtoků ploché. Také mají vliv na zvýšení povrchového odtoku. Opakem jsou pak povodí mající čáry překročení strmé (Krešl, 2001).

b) Klimatický faktor

Klimatické faktory ovlivňují tvar a sílu odtoku. Zahrnují se tam hlavně dešťové srážky, které jsou nejdůležitějším klimatickým faktorem odtoku. Na odtok však působí i další faktory, kterými jsou teplota vzduchu a půdy, výpar ve všech svých formách, vlhkost vzduchu a s ní spojený sytostní doplněk, směr a velikost větru a tlak vzduchu (Philip, 1988).

c) Vegetační faktory

Vegetační kryt ovlivňuje povrchový odtok kladně i záporně. V zásadě lze říci, že půda krytá jakýmkoli vegetačním krytem je odolná vůči erozi, a proto je vegetační kryt z vodohospodářského hlediska výhodný (Němec, 1965).

Kultury les, louky a sady poskytují kryt půdy trvale, na orné půdě je kryt vzhledem k jednoletému vývoji plodin proměnlivý. V tom spočívá zvláštnost orné půdy, a proto je nezbytné věnovat pozornost jak střídání plodin, tak rozmístění honů (Soukup a Hrádek, 2007).

Za velice perspektivní věc se považuje povrch země, který je pokrytý travním porostem. Takovému povrchu to dodává značnou drsnost, což zmenšuje rychlost odtoku a zvyšuje vsakování do půdy, takže snižuje okamžitý povrchový odtok ve prospěch pozdějšího podzemního odtoku. Nejvíce vody pohltí lesní výsadba, ve které převládá dub. Dále pak lesy lipové a střední místo zaujímají lesy modřínové a březové. Kdežto smrkové lesy uchovávají z dlouhotrvajících srážek vody nejméně (Němec, 1965).

d) Vliv lidské činnosti

Člověk se podílí na zvýšení odtoku a snížení vsaku vody do půdy. Je to způsobeno rozrůstáním ploch s propustným povrchem (silnice, parkoviště, domy).

Člověk se snaží nějakým způsobem záměrně regulovat odtok a to například výstavbou přehrad, jež mají za úkol zmenšení variability průtoků tím, že zadržují vodu. Buď může být přítok vody menší, než množství vody vypuštěné nebo naopak. Tedy, že přítok vody je větší než množství vody vypuštěné (Peters a Prowse, 2001).

2) Fyzikálně – geometriční činitelé

a) Velikost, tvar a plocha povodí

Plocha povodí se udává zpravidla v km² a velikost povodí ovlivňuje maximální specifický odtok (Hubačiková, 2009).

Z malých povodí je přirozeně větší max. specifický odtok než z povodí velkých. Rovněž lze konstatovat, že čím je menší povodí toku, tím nerovnoměrněji je rozdělen odtok v roce (Krešl, 2001).

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 (Němec, 1965). Dle Hubačikové (2009) má přirozené povodí zpravidla tvar symetrického nebo asymetrického listu, více či méně protáhlého.

b) Délka toku

Pod délkou toku je označována vzdálenost ústí od pramene měřenou po střednici toku. Toky na mapě se zakreslují zkráceně bez podrobných zákrutů. 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 (Hubačiková, 2009).

3) Antropogenní faktory

a) Využívání pozemků

Má přímý vliv na proces povrchového odtoku a na hydrologickou bilanci povodí z hlediska celkového objemu přímého odtoku, na akumulaci vody v půdním profilu a v povrchových mikrodepresích. Společně se způsobem hospodaření a provozem zemědělské, průmyslové a komunální sféry v území má tento faktor mimořádný vliv na intenzitu erozních, transportních a akumulačních procesů v povodí (Soukup a Hrádek, 1999).

b) Nádrže, historické rybníky, poldr

Nezanedbatelnou složkou akumulačních prostor v povodí jsou nádrže a historické rybníky. Odhaduje se, že koncem 16. století jich existovalo na našem území cca 75 tis. rybníků s úhrnnou plochou kolem 180 tis. ha. V současné době je odhadován jejich počet na 22 – 25 tisíc.

Speciální typ malých vodních nádrží tvoří tzv. suché poldry. Poldr je definován jako přirozený nebo uměle omezený prostor přilehlý k toku, 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 (Soukup a Hrádek, 1999).

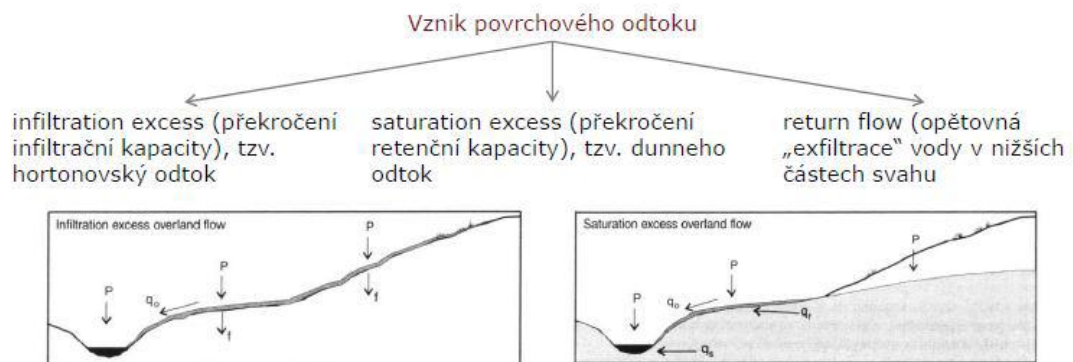
2.4.2 Přímý odtok

Přímý odtok je označován za rychlý odtok vody v průběhu a krátce po ukončení srážky. Dělí se na:

1) Povrchový odtok

Povrchový odtok vzniká v tenkých plošných vrstvách obvykle jen na malých, málo propustných ploškách s určitým topografickým reliéfem. Tyto plošky mohou patřit, jak k infiltračním plochám, tak i k jeho aluviálním částem, tj. plochám nasyceným vodou (Obr. 4). Podle této koncepce plošného povrchového odtoku (ronu) je jev zván dle jejího autora hortonovským povrchovým odtokem (Beven, 2001).

- voda, která plošně odtéká po povrchu
- nejrychlejší část odtoku



Obrázek 4 Vznik povrchového odtoku (BEVEN, 2001)

Povrchový odtok je dominantní a právě on způsobuje náhlé zvýšení průtoku v toku a ovlivňuje průběh a velikost povodně (Matoušek, 2010).

Půda se postupně sytí srážkou a po určité době nastane stav jejího úplného nasycení. Za tohoto stavu zůstává srážka na povrchu, odtéká po spádnicí terénu do toku a nastává povrchový odtok. Příchod povrchového odtoku do toku se projeví výrazným zvýšením průtoku v toku a právě počáteční skokové zvýšení průtoku identifikuje počátek povrchového odtoku z povodí. Tím začíná nová fáze odtoku.

K podpovrchovému odtoku se připojuje povrchový odtok, který se postupně vyvíjí a zvětšuje. Povrchový odtok je dominantní a právě on způsobuje náhlé zvýšení průtoku v toku a ovlivňuje průběh a velikost povodně. Při zjišťování odtokových vlastností povodí se soustřeďuje především na vyhodnocení této fáze odtoku. Povrchový odtok ze srážky Q_T (m^3/s) se určuje ze známého vztahu:

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

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

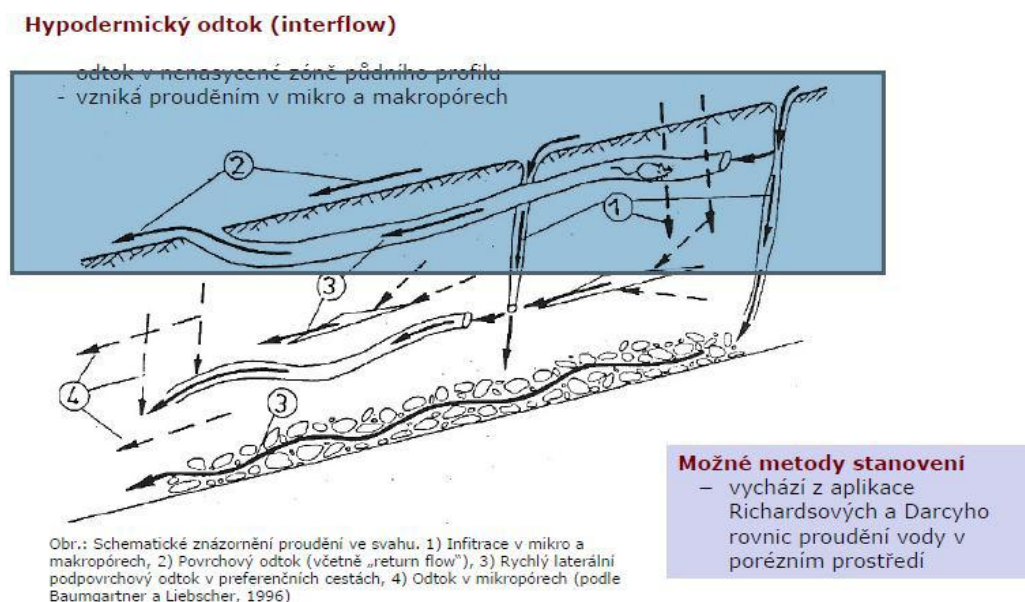
Vztah vyjadřuje poznatek, že velikost odtoku z plochy zasažené deštěm závisí na velikosti odtokové plochy vymezené dobou dotoku a na velikosti odtokové srážky, kterou udává součin $C_T H_T$. V tomto vztahu je celá složitost srážko-odtokového procesu vložena do jedné veličiny, a to do součinitele povrchového odtoku za dobu dotoku C_T . Pokud budeme znát hodnoty této veličiny, můžeme bez obtíží předpovídat povodňové průtoky ze srážky a při znalosti možných srážek určovat, jak velké povodně mohou být. Hodnoty součinitele C_T udávají, jaká část srážky se přeměňuje na povrchový odtok. Úplné nasycení povodí srážkou je spojováno s hodnotou 0,94 (Kemel, 2000, Matoušek, 2010,).

Při zkoumání povrchového odtoku se vychází především z hydrologických měření, která se provádí na vodních tocích. K tomuto účelu slouží pozorovací stanice, které měří vodní stavy a průtoky (Šilar, 1996).

Nejškodlivější vliv povrchového odtoku spočívá v jeho erozní činnosti. Dochází k odnosu svrchní, tedy nejúrodnější půdní vrstvy. Ta obsahuje velké množství organických látek a živin, ale také pesticidy, které jsou potřebné na poli, avšak velice nežádoucí ve vodním prostředí (Vopravil a kol., 2011).

2) Podpovrchový (hypodermický) odtok

Jak je patrné z obrázku, hypodermický odtok (Obr. 5) je důležitou součástí celkového odtoku. Je to ta část odtoku, která odtéká pod povrchem terénu a z povodí odteče, aniž by se voda dostala do kontaktu s hladinou podzemní vody (Štamberová a kol., 1998).



Obrázek 5 Hypodermický odtok (BAUMGARTNER A LIEBSCHER, 1996)

V porovnání s povrchovým odtokem, bývá hypodermický odtok pomalejší, obě odtokové formy se často prolínají a během odtokové fáze na povodí dochází ke změně odtokové formy i několikrát (Beven, 1986).

3) Drenážní odtok

Je to voda vytékající ze systémů podpovrchového odvodnění zemědělských půd, je specifickou hydrologickou charakteristikou povodí mnoha drobných vodních toků (Doležal a kol., 2000).

2.4.3 Výška odtoku

ČSN 73 6530, Názvosloví hydrologie z roku 1983, nám udává tuto definici:

Výška odtoku je objem vody odteklé z povodí nebo z daného území za daný časový interval, vyjádřený do vrstvy rovnoměrně rozložené po ploše tohoto povodí nebo území.

Specifický odtok vyjadřuje, jaké množství vody odtéká za jednotku času z jednotky plochy povodí, udává se v $l.s^{-1} km^2$ (Shaw, 1994). Specifický odtok je průtokem vztaheným na jednotku plochy S_p k zájmovému profilu. Zjistíme ho, jestliže průtok vydělíme plochou povodí nad měrným profilem. 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. Vyjádříme-li odtok v % srážek, získáme součinitel odtoku (koeficient odtoku). I tento údaj nám pomůže určit, kolik vody z celkového množství, spadlé v podobě srážek, odtéká z povodí říční sítě bez rozlišení činitelů geografického prostředí. (Kolektiv autorů ČHMÚ, 1965-1970).

$$q = \frac{Q}{S_p} \quad \left[\frac{l.s^{-1}}{km^2} \right]$$

Kde:

q specifický odtok

Q průtok ($l.s^{-1}$)

S_p plocha povodí (km^2)

2.5 Průtok vody

Průtok vody je jednou z nejzákladnějších charakteristik odtokového režimu každého toku.

Srážky, které nezasáky do půdy, nezadržely se v prohlubních terénu, nevypařily se, nezadržely se na rostlinách, odtékají povrchově do koryta toku. Spolu s infiltrovanou podzemní vodou tvoří průtok (Nypel a Kuráž, 1992).

Průtok je množství vody, které protéká za jednotku času příčným profilem toku, měříme jej obvykle v $m^3.s^{-1}$ nebo v $l.s^{-1}$ a značí se obvykle písmenem **Q** (Kravka, 2009).

Poznávání odtokových vlastností povodí začíná zjištěním nárůstu průtoku v toku v závislosti na srážce. Na počátku deště se srážka vsakuje do půdy a průtok v toku se nevětšuje. Zvětšení průtoku v toku se dostavuje po určité době, která je závislá na

vlastnostech půdy a zastavěnosti povodí. Komunikace, stavení, objekty a zpevněné plochy brání pronikání srážky do půdy a vyvolávají povrchový odtok, který způsobuje v toku brzký nárůst průtoku ze srážky (Matoušek, 2010).

2.5.1 Metody zjišťování průtoků

Měření průtoků je spolu s měřením vodních stavů velmi důležitým základem dalších hydrologických výpočtů. Pro úspěšné a přesné měření potřebujeme vždy zvolit metodu co nejvhodnější pro podmínky panující právě na námi měřeném toku.

Měření průtoku na drobných tocích podléhá určitým specifikům. Setkáváme se na nich s problémy, jako jsou nepravidelné proudění, nepravidelná geometrie koryta, velmi mělké koryto nebo množství vegetace a jiných přírodních překážek v rámci toku i jeho okolí. Proto byla vyvinuta pro tato měření celá řada metod, více či méně přesných, určených pro nejrůznější podmínky na toku (Pelikán, 1988).

Průtok lze měřit:

- a) přímo, a to zjišťováním množství vody vtékající za časovou jednotku do nádoby nebo nádrže známého objemu (objemové měření).
- b) nepřímo, zjišťováním rychlosti proudění plovákem nebo vodoměrnou vrtulí (hydrometrováním) v korytě daných rozměrů, velikosti zředění silně koncentrovaného roztoku snadno zjistitelné látky, který přivádíme do vodního toku (stopovací zkoušky), rozměrů vodního paprsku na přeřadu známého tvaru, venturimetrem a konečně odvozením vodního stavu v průtočném profilu, je-li v něm znám vztah mezi vodním stavem a velikostí průtoků (Šilar, 1996).

Langhammer (2007) uvádí rozdělení měření průtoků na přímé (experimentální, kalibrace a malé vodní toky) a na měření vodního stavu s následným odvozením průtoku (monitoring). Mezi přímé metody měření zařazuje kalibrované nádoby, hydrometrickou vrtuli, metodu povrchových rychlostí (plováková metoda), metodu chemickou založenou na stanovení rozdílů koncentrací a měrné přelivy

Dle Chábery a kol. (1985) lze malé průtoky zjišťovat nejpřesněji zachycováním přitékající vody do kalibrovaných nádob, nádrží apod. Jak uvádí Žoužela a Šulc (2001) je tento velmi přesný způsob je použitelný pouze při malých průtocích.

Hydrometrické (vodoměrné) vrtule jsou i přes rozvoj systémů založených na jiných principech dodnes nejpoužívanějšími přístroji pro měření rychlosti vody i průtoků metodou rychlostního pole (též rychlost – plocha) ve vodním hospodářství a hydrologii (ČKSVV, 2009). Měření průtoku hydrometrickou vrtulí má svá specifika. Při výběru měrného profilu je požadován pravidelný tvar měrného profilu, přímý úsek vodního toku mimo dosah vzduší hladiny, koryto nerozvětvené, bez překážek. Hydrometrická vrtule nesmí při měření vyčnívat nad hladinu nebo otočnou částí zachytávat o dno a v neposlední řadě musí být umožněn také snadný přístup pro pozorovatele.

Jednou z dalších metod je měření průtoku pomocí plováků. Jedná se o metodu měření povrchových rychlostí. Předpokladem je, že se plovák pohybuje rychlostí okolních částic vody. Délka měřeného úseku by měla být 5 – 10m a měření je potřeba alespoň 3x opakovat. Plovák by neměl být příliš lehký, aby neplaval pouze na hladině, ale aby zasáhl hlouběji (20 cm). Tato metoda je méně přesná a používá se spíše jako orientační.

Stopovací (směšovací) zkoušky jsou poměrně často používanou chemickou metodu s použitím traceru tedy stopovače, tzn. roztoku sloučeniny, která se nerozpadá a nesorbuje. Po určité vzdálenosti se stanovuje rozdíl koncentrací v měrném profilu. Existují dvě varianty této metody, směšovací a integrační. Tato metoda se používá např. pro krasové oblasti nebo pro horské potoky, kde není možné použít jiné metody (Pelikán, 1988). Chemický roztok o známé koncentraci se rovnoměrně přidá do proudu, s průtokem se úměrně naředí. Stupeň naředění roztoku je i mírou množství rozpouštědla tedy protékající vody. Důležité je dokonalé promísení indikované látky do celého proudu – příčná i podélná disperze. Dobré je dávkování z obou břehů nebo více míst po celé šířce toku.

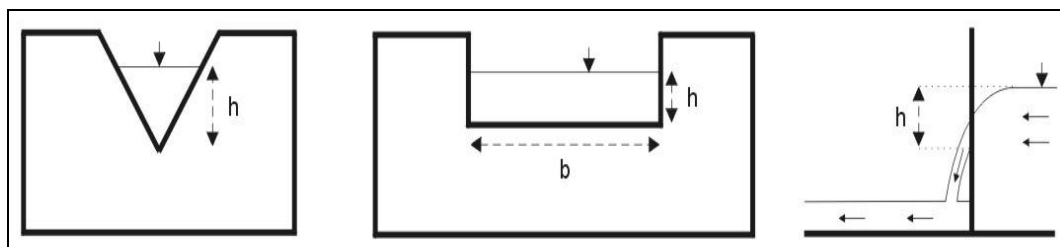
Dalšími možnostmi měření průtoku jsou elektromagnetická měřidla rychlosti. Pracující na stejném principu jako indukční průtokoměry a ultrazvuková měřidla, založená na Dopplerově efektu přímo v oblasti nad sondou. Metoda ADCP (Acoustic Doppler Current Profiler) pracující na podobném principu, kdy se pomocí sonaru, který generuje a detekuje ultrazvuk. Zaznamenává rychlost proudění vody v profilu

toku, měření v jediném bodě (až 3 složky vektoru rychlosti), měření rychlostního profilu. (Kadlec, 2006)

2.5.2 Měrné přepady

Z hydraulického hlediska je přepad výtok vody velkým otvorem ve stěně, kde horní hrana otvoru je nad hladinou. Přepady se vyskytují nejvíce u hydrotechnických staveb a slouží k převedení vod přes tyto stavby. Konstrukci, přes kterou voda přepadá, nazýváme přeliv (Dub a Němec, 1995).

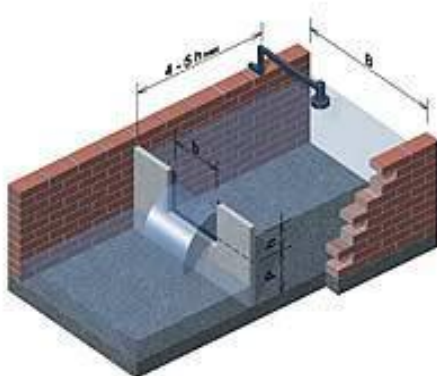
Měrné přelivy se používají v různých provedeních a s rozdílnými tvary výřezu. Existují typy ostrohranné nebo typy s krátkou či širokou korunou. Ostrohranné přelivy sestávají ze stěny umístěné napříč korytem s různě vytvarovaným výřezem, přičemž návodní hrana stěny přelivu musí být ostrá. Mezi nejběžnější ostrohranné typy patří Ponceletův (výřez ve tvaru obdélníku s boční kontrakcí) (Obr. 6 a 8), Thomsonův (výřez ve tvaru trojúhelníku se středovým úhlem 90 stupňů) (Obr. 6 a 7) a Cippolettiho (výřez ve tvaru obdélníku se sklonem bočních hran v poměru 4:1). Dále se můžeme setkat s výřezy kruhovými, parabolickými, složenými, které se při praktickém měření využívají jen vyjímečně. Bývají trvale instalované nebo přenosné.



Obázek 6 Dva základní typy měrných přelivů: Thomsonův a Ponceletův
(Šrámek a Kuchovský, 2003)



Obrázek 7 Thomsonův přeliv (zdroj: PARS Aqua, 2009)



Obrázek 8 Ponceletův přeliv (zdroj: PARS Aqua, 2009)

2.6 Meliorace

Přirozený odtokový proces je člověkem ovlivňován od pradávna a v jistém smyslu začíná u jeho zrodu právě v pramenných oblastech toků. Jednalo se především o meliorační odvodňovací zásahy za účelem potřebného hospodaření s půdou, ať už zemědělskou nebo lesnickou. Meliorace ve všeobecném významu jsou opatření, jimiž zlepšujeme půdu pro zemědělské nebo jiné kulturní využití. Tato opatření jsou dvojího druhu: zemědělsko – lesnická (agrobiologická), dosahujeme-li půdního zlepšení každoročním obděláváním půdy, orbou, vláčením, setím, lesními výsadbami atd., nebo technická (vodohospodářská), zlepšujeme-li půdu různými technickými úpravami a stavbami. Tomuto druhému způsobu říkáme technické meliorace (Svoboda, 1961).

Odvodnění plní významnou úlohu při zkulturnění zemědělské krajiny. Souhrnně reprezentuje všechna opatření, která mají za úkol odvádět vodu z území a tím zlepšovat podmínky pro zemědělskou činnost (Sanetrník a Filip, 1991).

Meliorační opatření jsou regulačními prvky zemědělské soustavy, které svou činností stabilizují především podmínky rostlinné výroby, a tím stabilizují i výnosy pěstovaných plodin. Protože odstraňují i limitující vlivy rozvoje činnosti zemědělské soustavy, jsou meliorační zásahy i intenzifikačním faktorem (Kudrna, 1979).

Meliorace v moderním pojetí musí být opatření, které zhodnocuje většinu složek přírodního prostředí a současně zohledňuje výnosnost daného stanoviště (Kvítek, 2006).

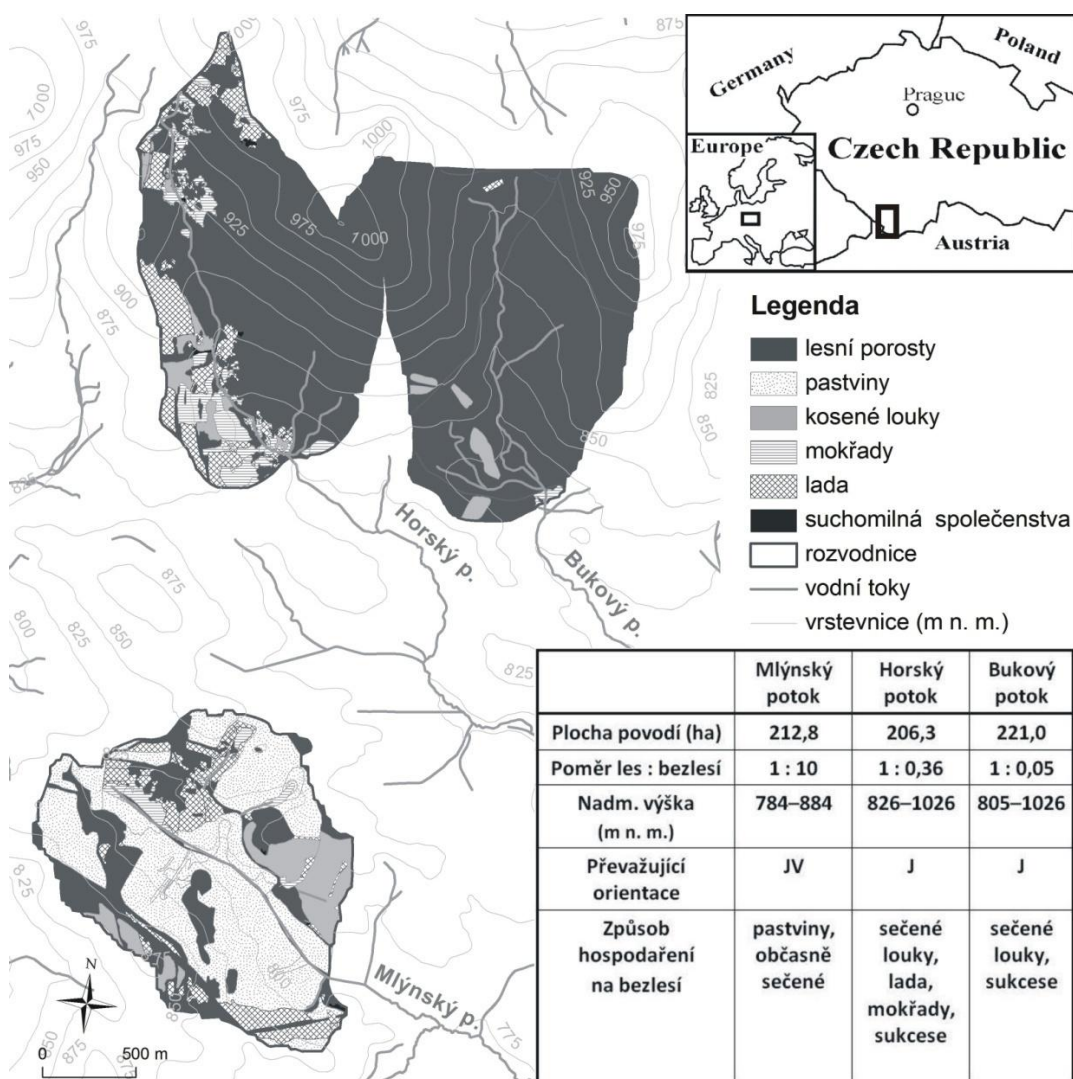
Různé druhy a způsoby meliorací se mohou použít jednotlivě (na menší ploše, části obhospodařované plochy zemědělského závodu, části povodí) bez vzájemné prostorové i časové návaznosti, nebo společně v širším území (celý hospodářský obvod, povodí toku, geografický celek ap.) v takové časové návaznosti, aby se dosáhlo optimální účinnosti použitých melioračních opatření po dlouhou dobu a s minimálními náklady. V tomto případě jde o meliorace komplexní (Sanetrník a Filip, 1991).

3 Metodika

3.1 Charakteristika sledované oblasti

Sledovaná povodí Mlýnského, Horského a Bukového potoka se nacházejí na Šumavě v oblasti Svatotomášské hornatiny v oblasti lipenského pravobřežní a náleží k povodí Dunaje.

Nadmořská výška studovaných povodí se pohybuje mezi 780 a 1026 m s průměrnými ročními srážkami mezi 950 a 1050 mm a průměrná roční teplota vzduchu je cca 5 °C. Tato tři povodí mají podobné rozlohy (206 – 221 ha) a převládající expozici (JV), ale výrazně se liší ve využití půdy a hospodaření (viz. Obr. 11).



Obrázek 11 Orientační mapka a základní charakteristika modelových povodí (zdroj: Procházka, 2014)

Z geologického hlediska lze zájmové území zařadit k moldanubiku (Chábera 1978). Dominantní postavení zde mají hnědé půdy kyselé (kambizem) (Hanák, Klimeš 1996).

Sledovaná oblast dlouhodobě disponuje jednou srážkoměrnou stanicí (provozuje ČHMÚ, pobočka České Budějovice) na Svatém Tomáši (980 m. n. m), v severní části povodí Horského potoka. Zde jsou k dispozici dlouhodobé řady od počátku 20. století. V rámci výzkumných aktivit pracoviště Laboratoře aplikovaná ekologie (LAE) byla zřízena další srážkoměrná stanice v osadě Pasečná (840 m n. m.) na severním okraji povodí Mlýnského potoka. Na této stanici jsou zaznamenávány od listopadu 1999 denní srážkové úhrny a současně zde byly do roku 2013 slévány týdenní vzorky (týdenní bulk) pro chemické analýzy atmosférické depozice.

Pro povodí Horského a Bukového potoka, které spolu těsně sousedí, jsou počítány srážkové úhrny ze stanice Svatý Tomáš, pro povodí Mlýnského potoka pak úhrny ze stanice Pasečná.

Závěrné profily modelových povodí byly od roku 1999 osazeny automatickými měřicími stanicemi (fa Ing. Kňourek) průběžně registrujícími výšku hladiny (tlakové čidlo), teplotu vody a konduktivitu. Současně byly profily osazeny vodočetnými latěmi sloužícími pro kontrolu a kalibraci naměřených hodnot. Od nové instrumentace profilů roku 2007 probíhá sledování vodních stavů pomocí ultrazvukových čidel napojených na datalogery (fa Fiedler-Mágr elektronika pro ekologii) s 15 minutovým záznamem a následným přepočtením hladin na průtok. Datalogery také zaznamenávají vodivost teplotu vody a vzduchu. Výšky hladin a průtoky byly též měřeny ručně hydrometrickou vrtulí typu OTT C2 (fa OTT-KEMTEN) pro případnou korekci automatického záznamu a pro výpočet konsumpční křivky.

Charakterizovat povodí jedním rokem nelze. Toto bylo jedním z důvodů zpracování dat hodnoceného časového úseku (2008 – 2013). Dalším z důvodů byla výměna datalogerů (viz výše) a s tím spojená nutnost kalibrace měřicího zařízení.

3.1.1 Povodí Mlýnského potoka

V minulosti bylo systematicky odvodněno, potok napřímen, zahlouben a vydlážděn, 90 % plochy povodí pokrývá bezlesí, většinou pastviny.

V období od 1.8 do 17.11 1998 proběhla částečná revitalizace. Cílem projektu bylo obnovit základní parametry potočního biotopu, zpomalit odtok vody z krajiny, zvýšit samočisticí schopnost vody a obnovit život v korytě potoka (Procházka a kol., 1999). Povodí Mlýnského potoka si dochovalo charakter zemědělsky využívaného území (Obr. 12). Převažující pastevní hospodaření bylo provázeno systematickým odvodněním většiny bezlesých ploch. Způsobem využití povodí Mlýnského potoka není v současné době z hlediska ochrany přírody ničím výjimečné. Vlivem hospodaření v minulosti (hnojení, dosevy) je druhová skladba bezlesí značně pozměněna a ochuzena.

Obrázek 13 zobrazuje umístění měrného profilu ve zbylé části vydlážděného koryta na konci sledovaného území.



Obrázek 12 Povodí Mlýnského potoka (foto: Procházka, 2010)



Obrázek 13 Závěrný profil povodí Mlýnského potoka s automatickým měřením výšky hladiny (ultrazvuk), vodivosti a teploty vody (foto: Procházka, 2012)

3.1.2 Povodí Horského potoka

Plochy v tomto povodí jsou pokryty převážně lesem 74 %, mokřady a neobhospodařovanými plochami bezlesí 18,2 % a z části kosenými loukami 7,8 % (Brom a kol., 2009). Za nejcennější část sledovaného území lze považovat nivu Horského potoka, kde zachovalý vodní režim umožňuje rozvoj cenných společenstev s řadou ohrožených druhů rostlin a dále některé druhově bohaté louky, které jsou v současné době většinou neobhospodařované.

Závěrný profil je situován u propustku pod místní komunikací Pasečná – Svatý Tomáš.



Obrázek 14 Niva Horského potoka (foto: Procházka, 2012)



Obrázek 15 Závěrný profil povodí Horského potoka s automatickým měřením výšky hladiny (ultrazvuk), vodivosti a teploty vody. (foto: Procházka, 2012)

3.1.3 Povodí Bukového potoka

Povodí Bukového potoka pokrývá z 95% sekundární les s převahou smrku. Závěrný profil je situován v nivě potoka 50 m od lesní cesty spojující Svatý Tomáš a Přední Výtoň.



Obrázek 16 Povodí Bukového potoka (foto: Sýkorová, 2010)



Obrázek 17 Závěrný profil povodí Bukového potoka s automatickým měřením výšky hladiny (ultrazvuk), vodivosti a teploty vody (foto: Procházka, 2010)

3.2 Přístrojové vybavení a metodika sběru dat

Měrné profily všech tří toků byly osazeny měřícím zařízením firmy Fiedler-Mágr elektronika pro ekologii. Výška hladiny byla snímána ultrazvukovým čidlem a hodnoty zaznamenávány v jednotce M4016-G (příloha II Obr. 1), která v sobě zahrnuje univerzální datalogger s telemetrickou stanicí a vestavným GSM/GPRS modulem.

K dispozici je 16 (32) dynamicky obsazovaných záznamových kanálů pro měření a archivaci průtoků, hladin, tlaků a mnoha dalších veličin. Jeden textový kanál zaznamenává všechny mimořádné události včetně přijatých i odeslaných SMS, výpadky v napájení apod. Celková záznamová kapacita jednotky je větší než 400.000 hodnot.)

Nastavení parametrů záznamových kanálů i všech ostatních parametrů jednotky, včetně nastavení podmínek pro automatické zasílání varovných SMS, se provádí na dálku přes internet z prostředí webového prohlížeče nebo místně z připojeného PC programem MOST. Většinu základních parametrů lze nastavit i z klávesnice řídicí jednotky.

Bohaté programové vybavení serveru umožňuje kromě tabulkového zobrazení změřených hodnot také jejich grafické zobrazení, průměrování, vyhledávání mezních hodnot, výpočty proteklého množství, tisk naměřených dat ve formě zprávy, export do textového souboru nebo přes SQL (Structured Query Language - standardizovaný dotazovací jazyk používaný pro práci s daty v relačních databázích) server a mnoho dalších funkcí (příloha II Obr. 2)

Spolu s výškou hladiny a časem měření se zaznamenávala i vodivost a teplota vody. Data byla ukládána v intervalu patnácti minut. Každý den byla data z předchozího dne měření přenesena z telemetrické stanice přes GSM bránu do databáze serveru firmy a odtud zpřístupněna pro další zpracování.

3.2.1 Měření průtoku hydrometrováním

Za účelem zjištění a přesného proměření měrného profilu bylo mezi břehy nataženo měřicí pásmo k určení staničení svislic v profilu. Staničení bylo určeno s přesností na centimetry. Hloubky byly proměřeny skládacím metrem. Následně byl určen počet svislic a hloubek, ve kterých bylo prováděno jednotlivé měření. Vlastní měření probíhalo tak, že měřitel se zkompletovanou měřicí soupravou stál za napnutým pásmem, aby neovlivňoval proudění před vrtulí (propelerem) a podle předem určeného počtu svislic proměřoval profil. Hloubky měření byly rozvrženy tak, aby jednotlivá měření byla na výšku od sebe minimálně 1,5 násobkem průměru použitého propeleru. Vzhledem k tomu, že v měřených profilech bývá nízká vodní hladina, byl obvykle počet výšek proměřování roven třem. Počet naměřených otáček za zvolenou dobu, použitý propeler a čas měření byly zapsány do záznamníku pro pozdější identifikaci. Měření bylo vždy dvakrát až třikrát opakováno. Pro vyšší přesnost bylo měření prováděno na třech různých částech (horní, střední a dolní) měrného profilu a výsledné hodnoty poté zprůměrovány. Měření bylo prováděno hydrometrickou soupravou OTT - C2 firmy OTT – KEMPTEN (Obr. 18). Současně s měřením rychlosti průtoku byla zaznamenána i hodnota výšky hladiny z pevného vodočtu umístěného v místě měrného profilu.



Obrázek 18 Sestava hydrometrické vrtule OTT-C2 (foto: Vácha, 2014)



Obrázek 19 Měření průtoku hydrometrickou vrtulí (foto: Procházka, 2012)

3.2.2 Zjišťování množství srážek

Sledované oblasti dlouhodobě disponují srážkoměrnými stanicemi (jak bylo uvedeno výše). Srážky byly také zaznamenávány na povodí Mlýnského a Horského potoka, člunkovým překlápěcím srážkoměrem typu SR 03 firmy Fiedler-Mágr. Záchytná plocha tohoto srážkoměru je 500 cm^2 . Jedno překlopení člunku odpovídá 0,1 mm srážek tj. 5 ml. Měření srážek tímto srážkoměrem bylo spíše doplňkové, neboť pro zimní období není vybaven rozmrazováním a tak nebylo možné získat přesné údaje v době mrazů.

V nivě Horského potoka je v provozu odběrové zařízení atmosférické depozice pro sběr měsíčních vzorků (4-týdenní bulk). Letní se skládá ze dvou, hrdly do sebe zašroubovaných PE lahví, z nichž horní má uříznuté a ozubené dno tvořící tak zábranu kontaminace nálevky ptactvem. Zimní z pak z bezhrdlé polyethylenové trubky o průměru 160 mm a délky 0,5 m s pevným dnem umožňující odběr vzorku i při zamrznutí.

3.2.3 Zpracování a vyhodnocení dat

Odběry vzorků na chemické analýzy byly Laboratoří aplikované ekologie (LAE) prováděny nejprve v roce 1997 nepravidelně, pouze orientačně. V letech 1998 až do poloviny roku 2006 probíhalo vzorkování dvakrát měsíčně. Od druhé poloviny roku 2006 do současnosti pak bylo odebírání vzorků zredukováno na jeden odběr měsíčně. Vzorky byly nabírány do PE lahví o objemu 2 l. Během transportu byly uchovány v chladu. V laboratoři byla provedena analýza základních fyzikálních parametrů (pH, vodivost, alkalita). Reakce vody pH a alkalita KNK_{4,5} titrací 0,1M kyselinou chlorovodíkovou na přístroji Titroline easy firmy Schott, vodivost na přístroji inoLab Multi 720 firmy WTW. Souběžně s měřením průtoku a kontrolou měření automatických stanic zde probíhají odběry vzorků vody pro chemickou analýzu, které jsou dále zpracovávány v laboratoři LAE a akreditované laboratoři (ENKI o.p.s.).

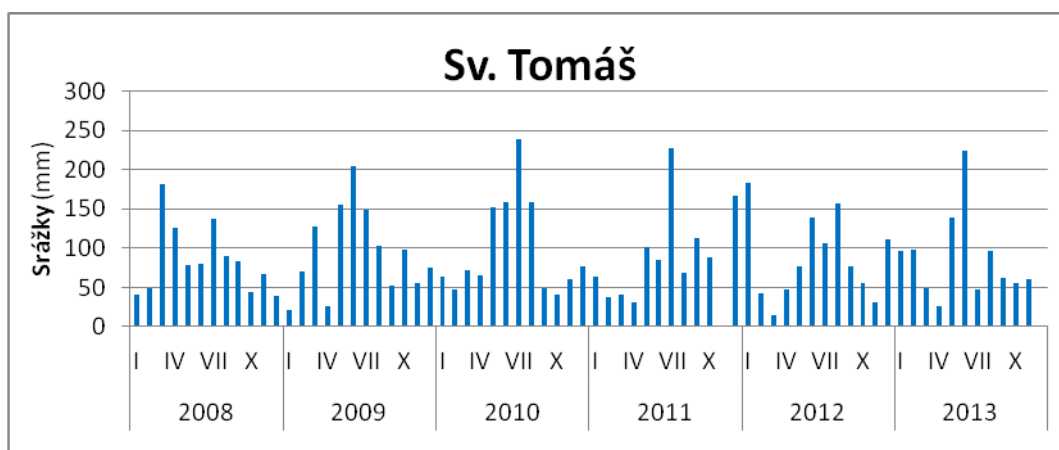
Zpracovávané kontinuální hodnoty výšek hladin, teplot a vodivostí za období 2008 – 2013 z ultrazvukových čidel byly získány (staženy) ze záznamového (úložného) serveru firmy Fiedler-Mágr. Kalibrační měření hydrometrickou vrtulí probíhalo za tuto dobu průběžně v termínech pravidelných odběrů. Zpracování proběhlo v programu Microsoft Office Excel 2007. Ze zaznamenaných hodnot změřených hydrometrickou vrtulí (počet otáček propeleru) byla vypočtena rychlost proudění. Rychlost proudění a profil vodního sloupce posloužil k výpočtu okamžité hodnoty průtoku. Množství odtoké vody z povodí bylo vyjádřeno jako výška odtoku (specifický odtok).

Statistické vyhodnocení dat bylo provedeno v programu Statistica verze 12. Rozdíly mezi povodími a roky ve sledovaných parametrech (průtok, vodivost, teplota vody) byly vyhodnoceny jednocestnou Anovou. Pro následné porovnání byl použit Tukeyho test.

4 Výsledky a diskuse

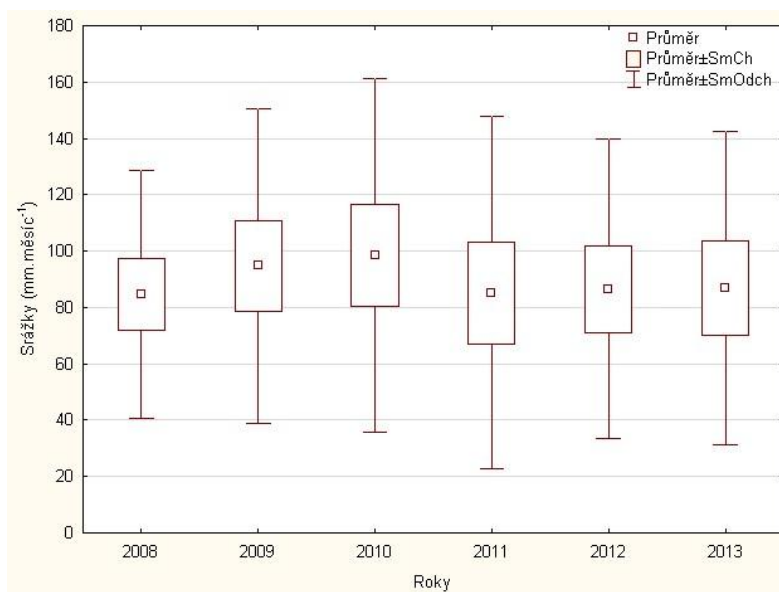
4.1 Výsledky zjišťování množství srážek

V průběhu let 2008 – 2013 bylo monitorováno rozložení množství ročních srážek. Průměrné měsíční hodnoty srážek jsou patrné z grafu (Graf 1). Nejvyšší srážky byly zaznamenány během června 2009 (203,6 mm), července 2010 (239,4 mm), července 2011 (227,1 mm) a během června 2013 (224 mm). Zcela výjimečný byl listopad 2011, kdy nebyly zaznamenány srážky žádné.



Graf 1 Měsíční úhrny srážek za období 2008 – 2013

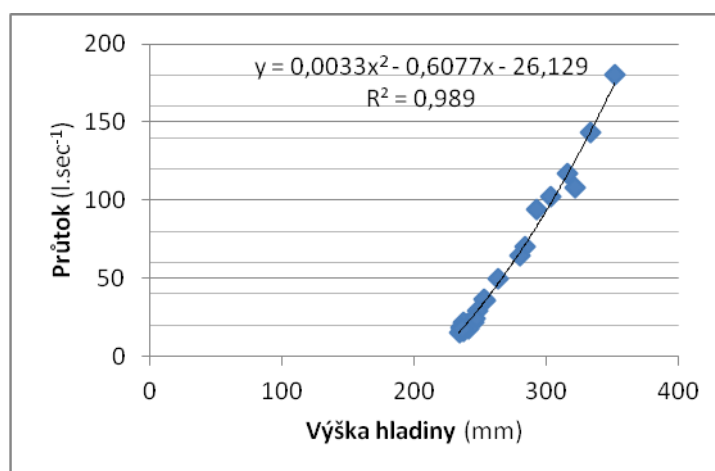
Statistický rozdíl v objemu srážek za sledované období nebyl prokázán (data jsou hodně variabilní). Nejméně průměrných denních srážek spadlo v roce 2008 (84,7 mm). Do roku 2010 je však možno pozorovat vzrůstající trend objemu srážek, který je zakončen srážkovým propadem roku 2011 (85,22) mm. Na průměrné denní srážky byl nejbohatší rok 2010 (98,48 mm). Byly zaznamenány tyto průměrné denní srážkové objemy: v roce 2008 84,7 mm, 2009 94,74 mm, 2010 98,48 mm, 2011 85,22 mm, 2012 86,58 mm a v roce 2013 86,8 mm.



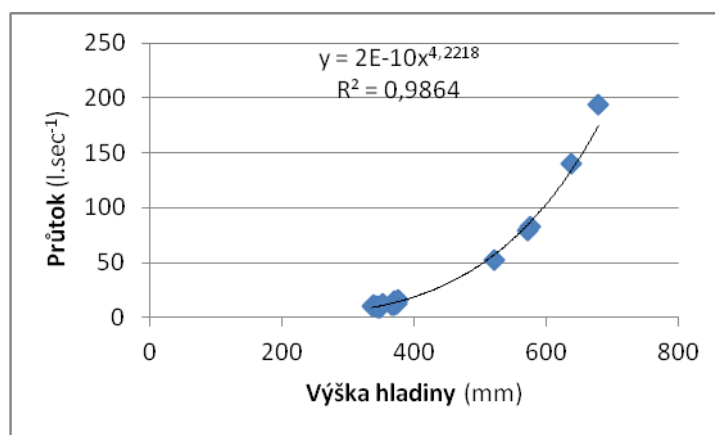
Graf 2 Statistika měsíčních úhrnů srážek v ledech 2008 - 2013

4.2 Výsledky měření průtoku

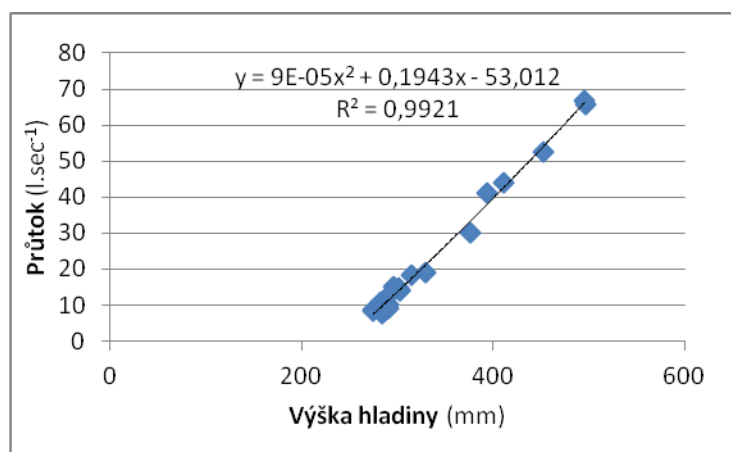
V průběhu roku 2013 bylo na závěrných profilech modelových povodí realizováno sedm měření hydrometrickou vrtulí. Výsledky měření doplnily řadu hydrometrických měření z dřívějších let a umožnily tak zpřesňující výpočet konsumpčních křivek viz. grafy (Graf 3 až 5) potažmo průtoků modelových povodí Mlýnského, Horského a Bukového potoka.



Graf 3 Konsumpční křivka Mlýnského potoka s rovnicí regrese a hodnotou spolehlivosti R^2



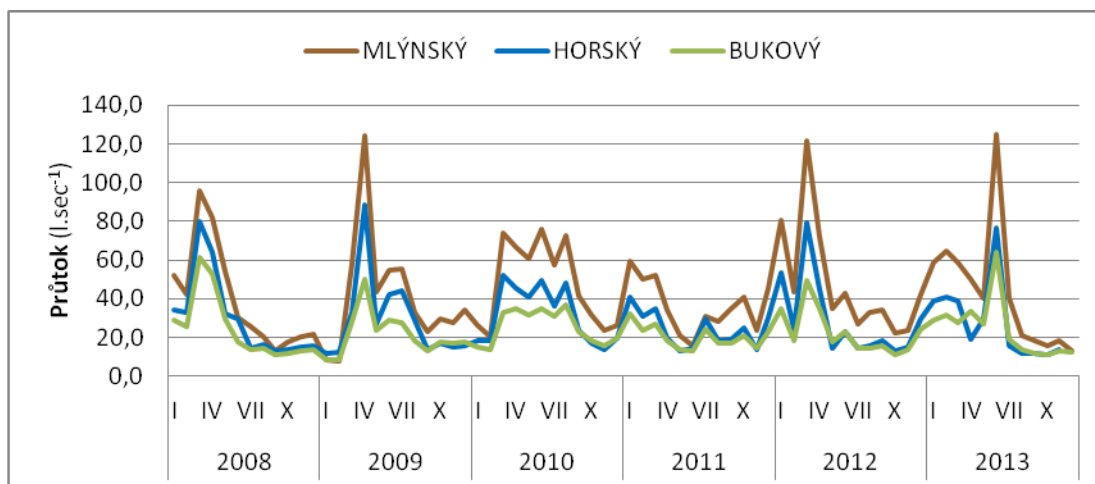
Graf 4 Konsumpční křivka Horského potoka s rovnicí regrese a hodnotou spolehlivosti R^2



Graf 5 Konsumpční křivka Bukového potoka s rovnicí regrese a hodnotou spolehlivosti R^2

Období zvýšených (intenzivních) srážek je ve vztahu k zvýšeným průtokům, jak ukazuje graf (Graf 6). Je patrné, že za sledované období došlo k několika významnějším srážko–odtokovým událostem. Zaznamenané zvýšení hodnot průtoků koresponduje s hodnotami naměřených srážek. Intenzivnější srážky mají zásadní vliv na navýšení odtoku. Nadprůměrné hodnoty průtoku začátkem roku (v jarních měsících) mohou být způsobeny nasycením profilu z tání sněhu. Je zřejmé, že průtok závěrným profilem povodí Mlýnského potoka převyšuje zbylá dvě povodí. Naopak průtok z povodí Bukového potoka je za celou dobu pozorování nejnižší. V měsíčním průměru nejvyšší průtok měl Mlýnský potok v březnu 2008 ($95,8 \text{ l.s}^{-1}$), dubnu 2009 ($124,5 \text{ l.s}^{-1}$), březnu 2012 ($121,4 \text{ l.s}^{-1}$) a v červnu 2013 v době povodní ($124,8 \text{ l.s}^{-1}$).

Podobné to bylo na potocích Horském a Bukovém. Březen 2008 (79,8 resp. 61,3 l.s^{-1}), duben 2009 (88,2 resp. 50,1 l.s^{-1}), březen 2012 (79,5 resp. 49,4 l.s^{-1}) a červen 2013 (76,4 resp. 63,8 l.s^{-1}).



Graf 6 Průměrný měsíční průtok v modelových povodích

Porovnáním průměrných ročních průtoků všech sledovaných povodí za období 2008-2013 se zabývá tabulka (Tab. 1). Nejvodnatější bylo povodí Mlýnského potoka (v průměru $43,1 \text{ l.s}^{-1}$). Malý rozdíl byl pak v povodích Horského a Bukového potoka ($28,6$ resp. $24,5 \text{ l.s}^{-1}$). V průměru nejvyšších hodnot odtoku za rok bylo na Mlýnském povodí dosaženo v roce 2012 ($48,2 \text{ l.s}^{-1}$), nejnižších v roce 2011 ($36,5 \text{ l.s}^{-1}$). Na Horském povodí byl nejvyšší roční průměrný odtok v roce 2010 ($31,9 \text{ l.s}^{-1}$), nejnižší v roce 2011 ($24,1 \text{ l.s}^{-1}$). Povodí Bukového potoka bylo nejvodnatější v roce 2009 ($26,6 \text{ l.s}^{-1}$), průměrně nejmenší odtok byl v letech 2008 a 2013, shodně $24,4 \text{ l.s}^{-1}$.

Tabulka 1 Průměrný roční průtok jednotlivých povodí v l.sec⁻¹

	2008	2009	2010	2011	2012	2013	průměr
Mlýnský	40,8	41,7	48,1	36,5	48,2	43,7	43,1
Horský	29,9	29,1	31,9	24,1	28,8	27,9	28,6
Bukový	24,4	26,6	25,7	20,6	25,5	24,4	24,5

Jak dokumentuje tabulka (Tab. 1) podíl vody, který byla jednotlivá povodí v průběhu let 2008 - 2013 schopna průměrně zadržet se výrazně liší. V povodí Horského a Bukového potoka bylo zadrženo do 61 resp. 70% vody z celkových spadlých srážek. U povodí Mlýnského potoka je podíl zadržené vody výrazně nižší a to pouze 30. %. Zde se dá předpokládat částečný vliv systematického odvodnění provedeného v minulosti.

Hodnoty srážko-odtokové bilance za období 2008-2013 pro povodí Mlýnského potoka jsou uvedeny v tabulce (Tab. 2). Na srážky byl nejvíce bohatý rok 2008 (celkem 1023 mm) , naopak nejméně srážek bylo zaznamenáno v roce 2011 (845 mm). Nejvyšší průměrný odtok byl zaznamenán v roce 2010 (723 mm), což činí 72% celkového objemu spadlých srážek. Nejmenší průměrný odtok byl v roce 2011 (514mm) a činil 61% objemu naměřených srážek. Průměrná hodnota ročního úhrnu srážek za sledované období byla 933mm, průměrný odtok 654mm. Z povodí Mlýnského potoka odteklo za hodnocené období v průměru 70% z celkového objemu vody spadlé ve srážkách.

Tabulka 2 Srážko - odtoková bilance v povodí Mlýnského potoka

	2008	2009	2010	2011	2012	2013	průměr
Srážky (mm)	1023	945	999	845	904	881	933
Odtok (mm)	697	590	723	514	714	686	654
Odtok/Srážky	0,68	0,62	0,72	0,61	0,79	0,78	0,70

Roční úhrny srážek a celkového odtoku z povodí Horského potoka za období 2008-2013 jsou uvedeny v tabulce (Tab. 3). Nejvíce srážek bylo naměřeno v roce 2008 (1204mm), nejméně pak v roce 2011 (994mm). Vody nejvíce odteklo v roce 2008 (488mm), nejméně v roce 2011 (345mm). Nejvyšší hodnota poměru odtoku ke srážkám byla v roce 2008, nejnižší v roce 2011. Průměrně za celé období spadlo 1097mm srážek, z toho odteklo 428mm.

Tabulka 3 Srážko – odtoková bilance Horský potok

	2008	2009	2010	2011	2012	2013	průměr
Srážky (mm)	1204	1112	1175	994	1063	1036	1097
Odtok (mm)	488	429	466	345	423	415	428
Odtok/Srážky	0,41	0,39	0,40	0,35	0,40	0,40	0,39

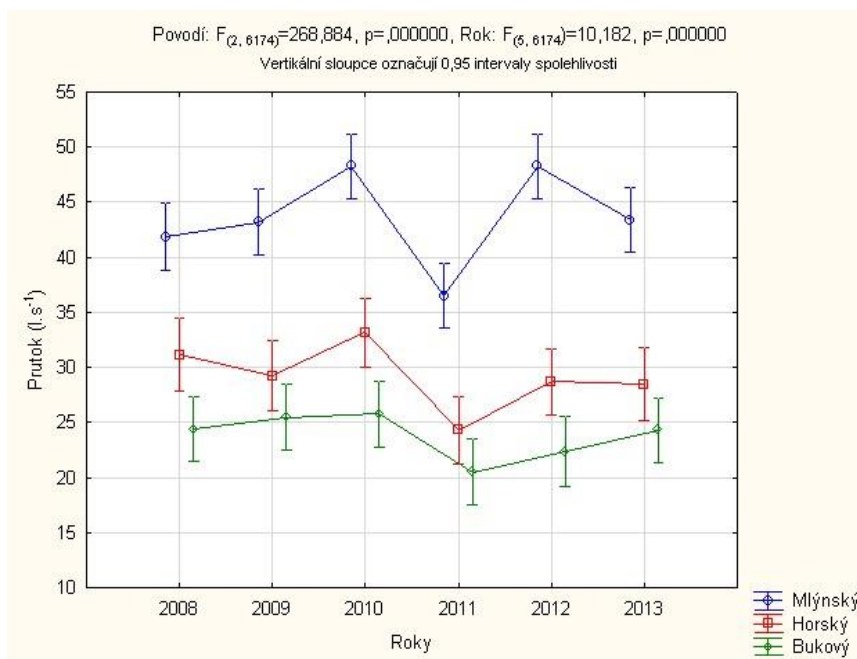
Jak uvádí tabulka (Tab. 4), v povodí Bukového potoka byly nejintenzivnější srážky zaznamenány v roce 2008 (1204mm), nejméně v roce 2011 (994mm). Největší odtok byl v roce 2008 (392 mm), nejmenší v roce 2011 (298 mm). Největšího poměru mezi odtokem a srážkami bylo dosaženo v roce 2013 (0,36), nejmenšího v roce 2011 (0,30). Průměrné hodnoty za sledované období činily 1097 mm srážek a 397 mm odtoku. Hodnota poměru byla 0,33.

Tabulka 4 Srážko – odtoková bilance Bukový potok

	2008	2009	2010	2011	2012	2013	průměr
Srážky (mm)	1204	1112	1175	994	1063	1036	1097
Odtok (mm)	392	382	378	298	377	375	367
Odtok/Srážky	0,33	0,34	0,32	0,30	0,35	0,36	0,33

Největší poměr mezi odtokem a srážkami byl naměřen na Mlýnském potoce v roce 2012 (0,79), nejmenší v roce 2011 (0,61). Na Horském potoce bylo tento poměr 0,41 v roce 2008 a 0,35 v roce 2011 na Bukovém pak 0,36 v roce 2013 a 0,3 v roce 2011.

Jak je vidět na grafu (Graf 7), jednotlivá povodí se od sebe za období 2008-2013 statisticky průkazně liší (povodí $F=268,884$, $p=,0000$; rok $F=10,182$, $p=,0000$). Všechna tři povodí se liší od sebe (Tab. 5). Nejvyšší hodnoty průtoku byly naměřeny v povodí Mlýnského potoka, kde se průměrná hodnota průtoku se pohybuje okolo 43 l.s^{-1} . U Horského se průměrná hodnota průtoku se pohybuje okolo 29 l.s^{-1} . Průtok Bukového se pohybuje okolo $23,8 \text{ l.s}^{-1}$. Statisticky průkazně se liší i roky mezi sebou ($F=10,182$, $p=,0000$), ředevším rok 2011, kdy došlo k výraznému poklesu průtoku na všech povodích, nejvíce na Mlýnském potoce. V tomto roce byl nižší úhrn srážek (Tab. 1 až 3).



Graf 7 Meziroční porovnání průtoků a rozdílnost mezi povodími v letech 2008 – 2013

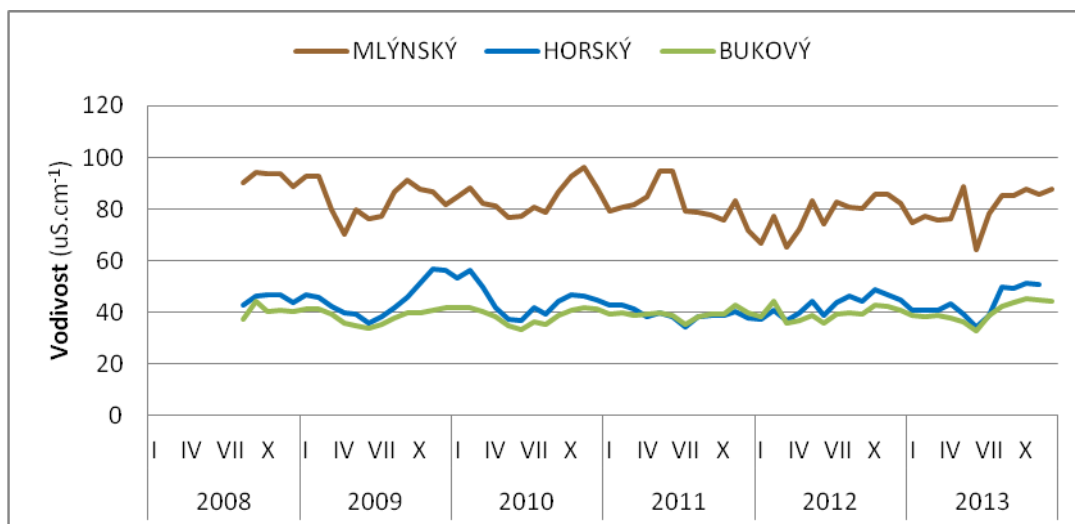
Tabulka 5 Statistická průkaznost rozdílnosti mezi povodími (průměrné denní průtoky 2008-2013). Hodnota v závorce je průměr ($l.s^{-1}$), červené hodnoty jsou statisticky průkazné.

Tukeyův HSD test; proměnná průtok				
Č. buňky	Lokalita	1 (43,595)	2 (29,073)	3 (23,836)
1	Mlýnský		0,000022	0,000022
2	Horský	0,000022		0,000022
3	Bukový	0,000022	0,000022	

4.3 Výsledky měření vodivosti

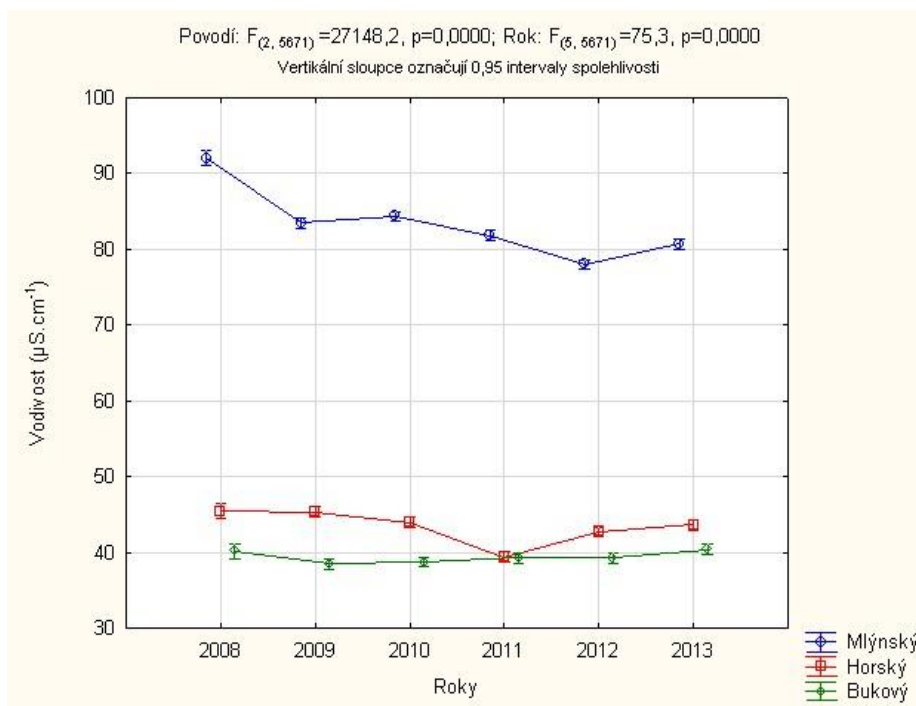
Zvýšený průtok z povodí se projevil na hodnotách vodivosti viz. příloha tabulky (Příloha I Tab. 7–24). Celkově nadprůměrné hodnoty vodivosti byly zaznamenány u Mlýnského potoka od druhé poloviny 2008 do února 2009 ($88 - 94 \mu S.cm^{-1}$), podzimních měsících 2010 ($93 - 96 \mu S.cm^{-1}$), v květnu a červnu 2011

($95 \mu\text{S}\cdot\text{cm}^{-1}$) a u Horského na přelomu roku 2009 – 2010 ($50 - 57 \mu\text{S}\cdot\text{cm}^{-1}$). Naopak podprůměrné hodnoty byly zaznamenány u Horského v dubnu 2009 ($70 \mu\text{S}\cdot\text{cm}^{-1}$), prosinci 2011 a dubnu 2012 ($72 \mu\text{S}\cdot\text{cm}^{-1}$) a červnu 2013 ($64 \mu\text{S}\cdot\text{cm}^{-1}$). Podprůměrné hodnoty vodivosti měly i potoky Horský a Bukový a to v květnu 2009 (36 resp. $30 \mu\text{S}\cdot\text{cm}^{-1}$) a v květnu 2013 (35 resp. $33 \mu\text{S}\cdot\text{cm}^{-1}$).



Graf 8 Průměrná měsíční hodnoty vodivosti v modelových povodích

Statisticky průkazná odlišnost mezi povodími byla zjištěna také pro hodnoty vodivosti ($F=27148,2$, $p=0,0000$) (Graf 9), kdy vodivost Mlýnského potoka byla výrazně vyšší než vodivost Horského a Bukového potoka. Všechna povodí se od sebe statisticky průkazně liší (Tab. 6). Průměrná vodivost Mlýnského potoka kolísá okolo $82 \mu\text{S}\cdot\text{cm}^{-1}$. Vodivost Horského potoka se pohybuje okolo $43 \mu\text{S}\cdot\text{cm}^{-1}$, vodivost Bukového potoka kolísá okolo $39,4 \mu\text{S}\cdot\text{cm}^{-1}$. Tato dvě povodí se od sebe statisticky průkazně neliší. Rozdíl ve vodivosti potoků byl nalezen také při meziročním porovnání ($F=75,3$, $p=0,0000$), zejména v prvním roce sledování byla vodivost na všech potocích vyšší a v následujícím roce více či méně klesala.

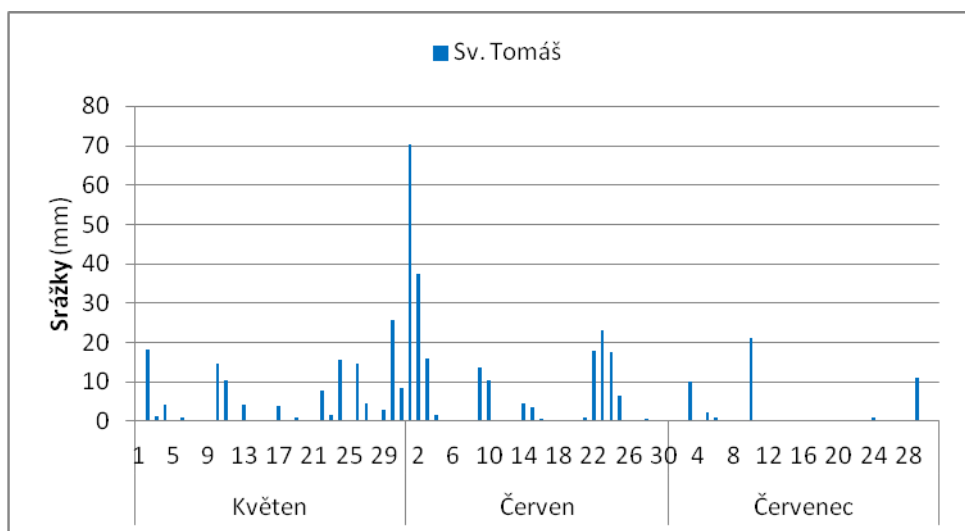


Graf 9 Meziroční porovnání vodivosti a rozdílnost mezi povodími v letech 2008-2013.

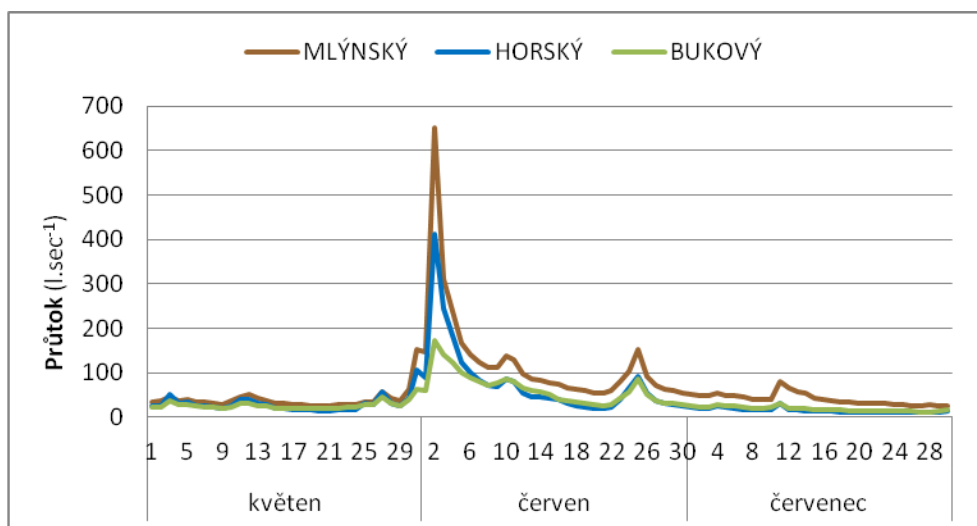
Tabulka 6 Statistická průkaznost rozdílnosti mezi povodími (průměrné denní vodivosti 2008-2013). Hodnota v závorce je průměr ($\mu\text{S}\cdot\text{cm}^{-1}$), červené hodnoty jsou statisticky průkazné.

Tukeyův HSD test; proměnná vodivost				
Č. buňky	Lokalita	1 (82,464)	2 (43,096)	3 (39,337)
1	Mlýnský		0,000022	0,000022
2	Horský	0,000022		0,000022
3	Bukový	0,000022	0,000022	

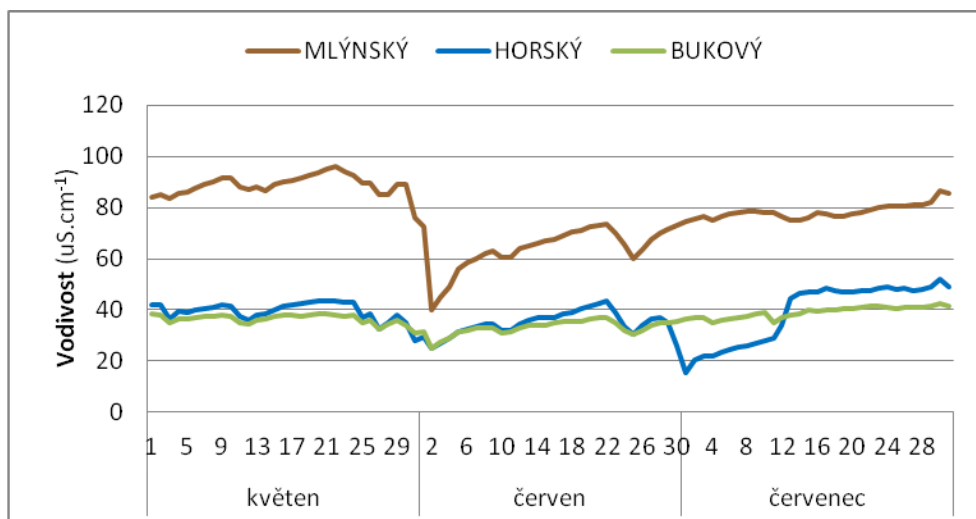
Grafy 10 až 12 pak v denním zobrazení hodnot dosažených za období květen, červen a červenec 2013 detailněji zobrazují průběh srážek, průtoku vody závěrným profilem a hodnot vodivosti na sledovaných povodích Mlýnský, Horský a Bukový. Grafy slouží k přesnějšímu vyjádření sledovaných ukazatelů a jsou ve vazbě na předchozí pojednání uvedené v grafech 1, 5 a 7 jejich komentářích.



Graf 10 Denní hodnoty srážek v květnu až červenci 2013 (zdroj: ČHMÚ)



Graf 11 Denní hodnoty průtoku vody v povodích Mlýnský, Horský a Bukový v květnu až červenci 2013



Graf 12 Denní hodnoty vodivosti v povodích Mlýnský, Horský a Bukový v květnu až červenci 2013

Podle Kuříka a Hrádka (2002) je povodí základní hydrologickou oblastí, v které se zkoumá odtokový proces, zjišťuje vzájemný vztah bilančních prvků a je to území uzavřené z hydrologické stránky. Na modelových povodích Mlýnského, Horského a Bukového potoka byly zkoumány výše pojednané parametry.

Zaznamenané zvýšení hodnot průtoků ve sledovaném období koresponduje s hodnotami naměřených srážek a je ve shodě s vyjádřením Gergela a kol. (1994), zmiňujícím roli vody v krajině, zemědělském ekosystému a výměnu energetických toků mezi živými a neživými organickými a anorganickými složkami v půdě.

Intenzivnější srážky mají zásadní vliv na navýšení odtoku. Nadprůměrné hodnoty průtoků začátkem roku (v jarních měsících) jsou způsobeny nasycením profilu z tání sněhové pokrývky. Z naměřených výsledků je zřejmé, že průtok závěrným profilem povodí Mlýnského potoka převyšuje zbylá dvě povodí. Němec (1965) uvádí, že v bezlesém povodí někdy nastávají po lijácích a sněhovém tání povrchové odtoky více než 10násobné.

Nejvyšší hodnoty průtoků vody se projevily na povodí Mlýnského potoka. Tato lokalita je charakterizována převážně pastevním vegetačním pokryvem. Podle Matouška (2010) obecně ale platí, že povrchový odtok je dominantní a právě on způsobuje náhlé zvýšení průtoků v toku a často ovlivňuje průběh a velikost povodně.

Jednotlivá povodí se od sebe v meziročním porovnání průtoků za období 2008-2013 statisticky průkazně liší (povodí $F=268,884$, $p=,0000$; rok $F=10,182$, $p=,0000$). Na srážky byl nejvíce bohatý rok 2008 (celkem 1023 mm), naopak nejméně srážek bylo zaznamenáno v roce 2011 (845 mm), kdy během listopadu nebyly zaznamenány srážky žádné a stal se tak nejsušším měsícem v celém hodnoceném období.

Vodní režim experimentálních povodí dobře charakterizují odtokové koeficienty v Tab. 2 až 4. Na Horském potoce byla maximální hodnota poměru 0,41 v roce 2008, minimální 0,35 v roce 2011. Bukový potok dosáhl maximální hodnoty 0,36 v roce 2013 a minimální 0,33 v roce 2011. Na pastevním způsobem využívaném povodí Mlýnského potoka byl nejvyšší poměr srážko-odtokové bilance v roce 2013 a to 0,78. Nejnižší 0,61 pak v roce 2011. Nízké hodnoty koeficientu srážko-odtokové bilance na všech třech povodích v roce 2011 mohou být způsobeny podprůměrným srážkovým úhrnem tohoto roku. Podíl vody, který byla jednotlivá povodí schopna zadržet, se výrazně liší. Odvodněná pastvina byla schopna zadržet v průměru 30% veškeré srážkové vody, zatímco povodí s mokřadem, mezofilním ladem a lesní povodí 61, resp. 70% vody. Důvodem relativně nízkého poměru mezi odtokem a srážkami Horského a Bukového potoka je pravděpodobně podobný krajinný kryt. Kultury, jako les a louky, které jsou zastoupeny na sledovaných povodích poskytují kryt půdy trvalý. V lese dochází k významné ztrátě srážkové vody jejím zachycením na listech a větvích stromů, odkud se voda vypaří. U povodí Mlýnského potoka se dá předpokládat částečný vliv systematického odvodnění provedeného v minulosti.

Krešl (2001) zmiňuje, že z menších povodí je přirozeně větší odtok než z povodí velkých. Rovněž lze konstatovat, že čím je menší povodí toku, tím nerovnoměrněji je rozdělen i odtok v roce.

Ve srovnání průměrného srážko-odtokového poměru byl zjištěn malý rozdíl mezi povodími Horského (0,39) a Bukového potoka (0,33). To může být dáno mozaikou krajinného krytu, která oproti povodí Mlýnskému (0,7) sestává z podstatně větší plochy lesa, mokřadu a mezofilního lada. Povodí odvodněné pastviny tedy vykazuje zhoršení krajinných funkcí, které se projevují nižším podílem zadržené vody v povodí a také horší kvalitou odtékající vody.

Zvýšený průtok z povodí se projevil na hodnotách vodivosti. Celkově nadprůměrné hodnoty vodivosti byly zaznamenány u Mlýnského potoka od druhé poloviny 2008 do února 2009. Statisticky průkazná odlišnost mezi povodími ($F=27148,2$, $p=0,0000$) byla zjištěna také pro hodnoty vodivosti, kdy vodivost odtékající vody Mlýnského potoka (charakterizováno chudším vegetačním pokryvem, tvořeným převážně travním porostem pastvin a minimální plochou lesa) byla výrazně vyšší než průkazně nižší vodivost povodích s vyšším zastoupením lesa Horského a Bukového potoka.

Závislost vodivosti na odtoku vody v průběhu roku je pravděpodobně přímým vlivem velikosti srážek. Je odrazem množství rozpuštěných iontů a nepřímo tak vyjadřuje obsah minerálních látek obsažených v odtékající vodě ze sledovaných povodí. Jako příklad může sloužit období květen až červenec 2013. Srážkově nadprůměrný konec května a začátek června měly za následek pozdější povodňovou vlnu. V období června byl zaznamenán zvýšený měsíční srážkový úhrn 224 mm (stanice ČHMÚ Svatý Tomáš) a následné zvýšení průtoků: Mlýnský $124,8 \text{ l.s}^{-1}$, Horský $76,4 \text{ l.s}^{-1}$ a Bukový $63,8 \text{ l.s}^{-1}$ a nízké hodnoty vodivosti: Mlýnský $64 \mu\text{S.cm}^{-1}$, Horský $35 \mu\text{S.cm}^{-1}$ a Bukový $33 \mu\text{S.cm}^{-1}$.

5 Závěr

Práce navazuje na dlouhodobá sledování pracoviště ZF JU na modelových povodích Mlýnský, Horský a Bukový na Šumavě a vyhodnocuje rozdíly ve vodní bilanci a odnosu rozpuštěných látek v závislosti na způsobu hospodaření v povodí v letech 2008 - 2013. Srovnání průměrného srážko-odtokového poměru na povodích prokázalo malý rozdíl mezi povodími Horského (0,39) a Bukového potoka (0,33). K tomu významně přispívá způsob využití krajiny v povodích, kde jsou zastoupeny větší plochy lesa, mokřadů a přirozené sukcese. Povodí odvodněných pastvin (Mlýnský s průměrným srážko-odtokovým poměrem 0,7) vykazuje zhoršení sledovaných parametrů, které jsou vyjádřeny nižším podílem zadržené vody v povodí a také vyšším podílem rozpuštěných látek v odtékající vodě (vyšší vodivost).

Hodnoty vodivosti a jejich dynamika mohou vypovídat o hydrochemických procesech probíhajících v povodí. Nízká vodivost na povodích Horského a Bukového potoka (průměrně 43, resp. 39,4 $\mu\text{S}\cdot\text{cm}^{-1}$) ukazuje na dobrou schopnost povodí zadržovat látky v krajině, zatímco vyšší hodnoty vodivosti vod Mlýnského potoka (82 $\mu\text{S}\cdot\text{cm}^{-1}$) a jejich kolísání ukazují na zvýšené vymývání iontů z povodí.

Řešením bakalářské práce bylo potvrzeno, že způsob využití území se významným způsobem podílí na bilanci vody v povodí a kvalitě odtékající vody. V příštím období bude žádoucí provést hydrometrování na odtoku pro zpřesnění výpočtu průtoků za vysokých vodních stavů, kdy není dostatečný počet měření a zaměřit se na souvislost mezi výší odtoku a koncentrací jednotlivých iontů pro přesnější odhad látkových toků v modelových povodích.

6 Literatura

- Beven, K. J.: Rainfall – Run-off Modelling: The Primer. Chichester: John Wiley and Sons, 2001.
- Brom, J., Procházka, J., Rejžková, A.: Evaluation of Functional Properties of Various Types of Vegetation Cover Using Remotely Sensed Data Analysis. Soil & Water Res., 4, (Special Issue 2), 2009.
- Brutsaert, W. Hydrology: An Introduction. Cambridge U. Press, New York, 2005.
- Červený, J., Bohm, B.: Podnebí a vodní režim ČSSR. Praha: Státní zemědělské nakladatelství, 1984.
- Daňhelka, J. Hydrologie: hydrologické modely a nejistota předpovědí. Praha: Sborník prací ČHMÚ, 2007.
- Dijkma, R., Van Lanen, H. A. J., Aalders, P.: Variable groundwater catchment size in an area deep water tables. ERB and Northern European FRIEND Project 5 Conference. 2002
- Doležal, F., Soukup, M., Kulhavý, L.: Poznámky k hydrologii drenážního odtoku. Vědecké práce, Praha: VÚMOP, č. 11, 2000.
- Dub, O., Němec, J.: Hydrologie. Vydavatelství Enigma, Praha, 1995.
- Gergel, J., Jindra, J., Soukup, M., Stara, J.: Metodika 12/1994 : Hlavní zásady pro odběr a vyhodnocování kvality povrchových vod odtékajících ze zemědělsky využívaných povodí. Výzkumný ústav meliorací a ochrany půdy Praha, 1994.
- Hanák, P., Klimeš, F.: Optimální způsob hospodaření a využití bezlesí pravobřežní části Lipna. Dílčí závěrečná zpráva k úkolu 20/95, ZF JU, České Budějovice, 81 p. 1996.
- Hlavínek, P., Říha, J.: Jakost vody v povodí. Nakladatelství Cerm, Brno, 2004.
- Hubačiková, V.: Hydrologie. Brno. Mendelova zemědělská a lesnická univerzita, 2009.
- Chábera S.: Neživá příroda. Jihočeská vlastivěda řada A. Jihočeské nakladatelství České Budějovice, 1985.
- Janeček, M.: Ochrana zemědělské půdy před erozi. Metodika. 1. vyd. Praha: Powerprint, 2012.
- Jeniček, M.: Modelování srážko-odtokových procesů na malých a středně velkých povodích. 1985

- Juračková, P. Hydraulické parametry hornin v oblasti Dolní Rožínky. Bakalářská práce. 2007.
- Kadlec, K. : Snímače průtoku–principy, vlastnosti a použití (část 1). Automa: časopis pro automatizační techniku. Praha: FCC Public. 2006
- Kemel, M.: Klimatologie, meteorologie, hydrologie. Skriptum FS ČVUT Praha, 1996.
- Kravka, M.: Lesnického a krajinářské hydrologie a hydrauliky. Brno: Mendelova Zemědělská a lesnické univerzita, 2009.
- Krešl, J.: Hydrologie. Brno. Mendelova zemědělská a lesnická univerzita v Brně, 2001.
- Kříž, V. : Hydrometrie. Státní pedagogické nakladatelství v Praze, 1988.
- Kudrna, K.: Zemědělské soustavy. Praha, SZN, 1979.
- Kuřík, P., Hrádek, F.: Hydrologie: Skriptum ČZU LF. Praha: 2002.
- Kvítek, T., Gergel, J., Ondr, P., Zámešková, K.: Zemědělské meliorace, 1st ed.; Jihočeská univerzita, Zemědělská fakulta: České Budějovice, 2006.
- Lischke, P., Frank, V.: Hydrologie, meteorologie, pedologie. Vysoká škola chemicko – technologická v Praze. Praha, 1988.
- Maidment, D. R.: Handbook and Hydrology. United states of America: McGraw-Hill, 1993.
- Matoušek, V.: Poznávání odtokových vlastností malých povodí za regionálních dešťů. Praha: Výzkumný ústav vodohospodářský T. G. Masaryka, 2010.
- Melioris, L., Mucha, I., Pospíšil, P.: Poznávání odtokových vlastností malých povodí za regionálních dešťů. Bratislava: ALFA – nakladatelství technickej a ekonomickej literatury, 1986.
- Munzar, J., Krška, K., Nedelka, M., Pejml, K.: Malý průvodce meteorologií. Mladá fronta, Praha, 1989.
- Němec, J.: Inženýrská hydrologie, Státní nakladatelství technické literatury, 1964
- Nypl, V., Kuráž, V.: Hydrologie, meteorologie, pedologie II. Vysoká škola chemicko – technologická v Praze. Praha 1992.
- Pelikán V.: Hydrologická měření. Státní nakladatelství technické literatury, Praha, 1988.
- Peters, D. L., Prowse, T. D.: Regulation effects on the lower Peace River. Canada: Hydrological processes, 15 (16), 2001.

- Philip, B. B.: Hydrology and floodplain analysis. New York: Addison – Wesley Publishing Company, 1988.
- Pitter, P.: Hydrochemie. Vysoká škola chemicko-technologická v Praze: Vydavatelství VŠCHT Praha, 2009.
- povodích. In: Langhamer, J. Povodně a změny v krajině. Praha: PřF UK, 2007, s. 101-109. ČSN 736530 – Názvosloví hydrologie, 1985.
- Procházka, J., Brom, J., Vácha, A., Musil, M.: Monitoring látkových toků tří malých povodí na Šumavě. In: Brych, K., Tesař, M.: Hydrologie malého povodí 2014. Ústav pro hydrodynamiku AV ČR, ČHMÚ. 2014
- Procházka, J., Hakrová, P., Pokorný, J., Pecharová, E., Hezina, T., Wotavová, Šíma, M., Pechar, L.: Vliv hospodaření na vegetaci a toky energie, vody a látek v malých povodích na Šumavě. – Silva Gabreta 6. 2001.
- Procházka, J., Hakrová, P., Pražáková, D., Pecharová, E., Pokorný, J.: Hodnocení revitalizace Mlynského potoka I.-úvodní Studie Restoration of Mlynsky stream I.-preliminary study. Silva Gabreta, 3. 1999.
- Ripl, W.: Management of water cycle and energy flow for ecosystem control: the energy.transport.reaction (ETR) model. Ecological Modelling, 1995.
- Sanetník, J., Filip, J.: Meliorace . Vysoká škola zemědělská v Brně: Brno, 1991.
- Serrano, E. S.: Hydrology for engineers, Geologists and Environmental Professionals, HydroScience Inc., Lexington, Kentucky, 1997.
- Shaw, E. M.: Hydrology in Practice. London: Spon Press, 1994.
- Sklenička, P.: Základy krajinného plánování. 2. vyd. Praha: Naděžda Skleničková, 2003.
- Soukup, M., Hrádek, F.: Optimální regulace povrchového odtoku z povodí. Praha: Ústav meliorací a ochrany půdy, 1999, s. 98.
- Svoboda, F.: Meliorační stavby. SNTL Praha 1961.
- Šilar, J.: Hydrologie v životním prostředí. VŠB – Technická univerzita Ostrava, Ostrava, 1996.
- Štamberová, M., Michalová, M., Mikšovský J., Prchalová, H.: Vodní zdroje v České Republice. Brno: Výzkumný úřad vodohospodářský TGM Brno, 1998.
- Vopravil, J., Khel, T., Vrabcová, T., Havelková, L., Procházková, E., Novotný, I., Novák, P., Fučík, P., Duffková, R., Jacko, K., Tylová, J., Hodek, T.: Vliv činnosti člověka na krajinu českého venkova s důrazem na vodní režim zadržování vody v krajině: (metodický postup). 1. vyd. Praha: VUMOP, 2011.

Zhang, L., Walker, G. R., Fleming, M.: Surface water balance for recharge estimation. CSIRO Publishing, Australia, 2002.

Žoužela, M., Šulc, J.: Metodický návod pro výpočty nejistot při provádění měření za účelem stanovení průtoků a posuzování funkční způsobilosti měřidel, 2. vydání, LVV FAST VUT Brno, 2001.

Internetové zdroje:

ČKSVV (2009): Hydrometrické vrtule. Dostupné na:
<http://cksvv.vuv.cz/hydrometricke-vrtule>, [9.4.2013].

PARS Aqua, s.r.o. (2004): Odborný článek o měření průtoku. Dostupná na:
<http://www.pars-aqua.cz/clanek.html>, [9.4.2013].

Normy:

ČSN EN ISO 748 - Hydrometrie - Měření průtoku kapalin v otevřených korytech použitím vodoměrných vrtulí nebo plováků. Český normalizační institut. 2008.

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

Zákon č. 254/2001 Sb. Zákon o vodách a o změně některých zákonů

7 Příloha I Tabulková část

Tabulka 7 Průměrné měsíční hodnoty za rok 2013 - Mlýnský

	Hladina mm	Průtok l.sec ⁻¹	Vodivost μS.cm ⁻¹	Teplota vody °C	Teplota vzduchu °C
leden	275	59	75	3,3	-3,3
únor	280	65	77	3,0	-4,0
březen	276	59	76	3,2	-2,4
duben	270	50	76	5,6	5,0
květen	260	40	89	8,4	9,1
červen	318	125	64	9,6	12,2
červenec	261	40	78	10,5	14,6
srpen	243	21	85	10,8	14,1
září	240	18	85	9,6	9,4
říjen	237	16	88	7,9	5,6
listopad	240	18	86	5,9	1,2
prosinec	235	13	88	3,4	-3,3
Rok	261	44	81	7	5

Tabulka 8 Průměrné měsíční hodnoty za rok 2013 - Horský

	Hladina mm	Průtok l.sec ⁻¹	Vodivost μS.cm ⁻¹	Teplota vody °C	Teplota vzduchu °C
leden	462	39	41	1,9	-2,58
únor	469	41	41	1,4	-3,2
březen	462	39	41	1,7	-0,6
duben	410	19	43	9,7	-1,4
květen	434	30	39	7,8	9,6
červen	522	76	35	9,3	12,7
červenec	378	16	39	10,2	16,0
srpen	353	12	50	10,4	14,8
září	353	12	49	8,9	9,7
říjen	347	11	51	7,1	6,3
listopad	346	14	51	5,5	3,1
prosinec					
Rok	412	28	44	6,7	5,9

Tabulka 9 Průměrné měsíční hodnoty za rok 2013 - Bukový

	Hladina mm	Průtok l.sec ⁻¹	Vodivost μS.cm ⁻¹	Teplota vody °C	Teplota vzduchu °C
leden	360	29	39	1,2	-3,4
únor	372	32	38	0,8	-4,0
březen	356	28	39	1,0	-2,2
duben	378	33	38	3,6	4,7
květen	354	27	37	7,5	9,5
červen	486	64	33	9,2	13,1
červenec	323	19	39	10,7	16,2
srpen	300	13	42	11,0	14,8
září	295	12	44	8,9	9,7
říjen	291	11	45	6,8	6,0
listopad	299	13	45	4,2	1,1
prosinec	298	13	45	1,6	-3,1
Rok	342	24	40	5,5	5,2

Tabulka 10 Průměrné měsíční hodnoty za rok 2012 - Mlýnský

	Hladina mm	Průtok l.sec ⁻¹	Vodivost μS.cm ⁻¹	Teplota vody °C	Teplota vzduchu °C
leden	293	81	67	2,9	-2,7
únor	264	44	77	2,3	-7,9
březen	321	121	65	3,7	2,0
duben	287	72	72	6,1	5,1
květen	256	35	83	8,9	10,3
červen	262	43	74	10,4	13,5
červenec	249	27	83	11,3	14,6
srpen	253	33	81	11,6	14,2
září	255	35	80	10,3	10,1
říjen	244	23	86	8,0	4,4
listopad	245	23	86	6,0	1,3
prosinec	260	43	82	3,6	-3,0
Rok	266	48	78	7	5

Tabulka 11 Průměrné měsíční hodnoty za rok 2012 - Horský

	Hladina mm	Průtok l.sec ⁻¹	Vodivost μS.cm ⁻¹	Teplota vody °C	Teplota vzduchu °C
leden	504	53	37	1,5	-2,4
únor	420	24	41	1,3	-6,5
březen	549	79	37	2,1	2,3
duben	481	45	40	5,0	6,1
květen	371	14	44	8,1	11,4
červen	404	23	39	9,9	13,9
červenec	372	15	44	11,1	14,6
srpen	371	16	46	11,0	14,6
září	386	18	44	9,6	10,2
říjen	362	13	49	7,0	4,9
listopad	375	15	47	4,8	1,8
prosinec	420	30	45	2,3	-2,3
Rok	418	29	43	6,2	5,7

Tabulka 12 Průměrné měsíční hodnoty za rok 2012 - Bukový

	Hladina mm	Průtok l.sec ⁻¹	Vodivost μS.cm ⁻¹	Teplota vody °C	Teplota vzduchu °C
leden	384	35	38	0,6	-5,9
únor	456	52	44	0,5	-12,5
březen	437	49	36	2,0	1,6
duben	384	35	37	4,4	5,1
květen	318	18	39	8,1	10,9
červen	338	23	36	9,9	14,2
červenec	306	15	39	11,0	15,2
srpen	304	14	40	11,3	15,0
září	309	16	39	9,6	10,2
říjen	292	11	43	6,6	4,7
listopad	302	14	42	4,3	1,5
prosinec	342	24	41	1,5	-3,1
Rok	348	25	40	5,8	4,7

Tabulka 13 Průměrné měsíční hodnoty za rok 2011 - Mlýnský

	Hladina mm	Průtok l.sec ⁻¹	Vodivost μS.cm ⁻¹	Teplota vody °C	Teplota vzduchu °C
leden	274	60	79	2,8	-4,0
únor	269	50	81	2,7	-4,0
březen	271	52	82	3,7	0,9
duben	255	34	85	7,0	6,8
květen	243	21	95	9,2	9,9
červen	238	16	95	10,7	13,2
červenec	251	31	79	11,1	12,7
srpen	250	28	79	11,6	14,3
září	255	35	78	10,7	11,2
říjen	261	41	76	8,0	4,7
listopad	246	24	83	5,5	-0,3
prosinec	265	45	72	4,0	-0,6
Rok	256	36	82	7	5

Tabulka 14 Průměrné měsíční hodnoty za rok 2011 - Horský

	Hladina mm	Průtok l.sec ⁻¹	Vodivost μS.cm ⁻¹	Teplota vody °C	Teplota vzduchu °C
leden	460	41	43	1,6	-3,2
únor	439	31	43	1,2	-3,0
březen	449	35	41	2,1	1,5
duben	399	20	38	6,1	7,5
květen	360	13	40	7,8	10,7
červen	368	14	38	9,5	12,9
červenec	425	29	34	10,4	12,7
srpen	382	18	38	11,0	14,7
září	390	19	39	10,1	11,3
říjen	414	25	39	7,1	5,3
listopad	368	14	40	4,1	0,7
prosinec	439	30	38	2,6	-0,5
Rok	408	24	39	6,1	5,9

Tabulka 15 Průměrné měsíční hodnoty za rok 2011 - Bukový

	Hladina mm	Průtok l.sec ⁻¹	Vodivost μS.cm ⁻¹	Teplota vody °C	Teplota vzduchu °C
leden	373	32	39	1,1	-4,0
únor	353	23	40	1,0	-3,4
březen	353	27	39	1,7	1,0
duben	320	18	39	5,6	6,9
květen	302	14	40	7,8	10,3
červen	299	13	39	10,0	13,8
červenec	344	25	36	10,4	13,4
srpen	316	17	38	11,1	14,7
září	316	17	40	10,0	11,2
říjen	331	21	40	6,8	4,9
listopad	303	14	43	3,8	0,1
prosinec	348	25	40	2,4	-1,0
Rok	330	21	39	6,0	5,7

Tabulka 16 Průměrné měsíční hodnoty za rok 2010 - Mlýnský

	Hladina mm	Průtok l.sec ⁻¹	Vodivost μS.cm ⁻¹	Teplota vody °C	Teplota vzduchu °C
leden	248	27	85	2,6	-6,8
únor	242	20	88	3,0	-4,1
březen	283	74	82	2,8	-0,8
duben	283	66	81	6,2	4,9
květen	278	61	77	8,5	9,2
červen	289	76	77	10,0	12,8
červenec	273	58	81	11,3	15,4
srpen	287	73	79	11,4	13,5
září	262	41	87	9,3	8,2
říjen	253	32	93	7,3	3,9
listopad	245	24	96	5,9	1,6
prosinec	248	26	88	3,0	-6,6
Rok	266	48	84	7	4

Tabulka 17 Průměrné měsíční hodnoty za rok 2010 - Horský

	Hladina mm	Průtok l.sec ⁻¹	Vodivost μS.cm ⁻¹	Teplota vody °C	Teplota vzduchu °C
leden	391	18	53	1,7	-4,5
únor	394	18	57	2,1	1,3
březen	462	52	50	1,5	-0,4
duben	476	45	42	5,0	6,0
květen	472	41	37	7,8	9,2
červen	489	49	37	9,8	13,0
červenec	434	36	42	11,1	15,0
srpen	488	48	39	11,3	13,1
září	415	23	44	8,7	8,1
říjen	387	17	47	6,3	4,3
listopad	370	14	46	4,9	2,3
prosinec	399	20	45	1,8	-5,7
Rok	431	32	45	6,0	5,1

Tabulka 18 Průměrné měsíční hodnoty za rok 2010 - Bukový

	Hladina mm	Průtok l.sec ⁻¹	Vodivost μS.cm ⁻¹	Teplota vody °C	Teplota vzduchu °C
leden	308	15	42	0,6	-6,3
únor	302	14	42	0,9	-3,8
březen	374	33	41	0,9	-1,0
duben	383	35	38	4,1	5,0
květen	370	31	35	7,4	9,3
červen	385	35	33	9,6	13,6
červenec	368	31	36	11,5	16,5
srpen	392	37	35	11,1	13,8
září	339	23	39	8,4	8,2
říjen	319	18	41	5,8	4,2
listopad	309	15	42	4,5	1,8
prosinec	326	20	41	0,8	-6,8
Rok	348	26	39	5,5	4,5

Tabulka 19 Průměrné měsíční hodnoty za rok 2009 - Mlýnský

	Hladina mm	Průtok l.sec ⁻¹	Vodivost μS.cm ⁻¹	Teplota vody °C	Teplota vzduchu °C
leden	227	9	93	2,0	-7,4
únor	229	8	93	2,2	-4,0
březen	274	58	80	2,8	0,3
duben	319	124	70	6,1	7,5
květen	264	43	80	9,0	10,5
červen	272	55	75	10,0	12,0
červenec	274	55	77	11,0	14,0
srpen	254	33	87	11,2	14,6
září	245	23	91	10,0	10,6
říjen	251	30	88	8,1	5,0
listopad	249	28	87	6,3	2,3
prosinec	255	34	81	4,0	-3,2
Rok	259	42	84	7	5

Tabulka 20 Průměrné měsíční hodnoty za rok 2009 - Horský

	Hladina mm	Průtok l.sec ⁻¹	Vodivost μS.cm ⁻¹	Teplota vody °C	Teplota vzduchu °C
leden	354	12	47	1,4	-5,7
únor	361	13	46	1,8	-3,3
březen	446	33	42	1,5	0,2
duben	545	88	40	5,0	7,8
květen	427	27	39	8,3	10,5
červen	462	42	36	9,3	11,7
červenec	483	44	39	10,8	13,5
srpen					
září	365	13	46	10,0	10,7
říjen	381	17	50	6,4	4,0
listopad	392	15	57	5,3	2,9
prosinec	401	16	56	2,7	-2,3
Rok	420	29	45	5,7	4,5

Tabulka 21 Průměrné měsíční hodnoty za rok 2009 - Bukový

	Hladina mm	Průtok l.sec ⁻¹	Vodivost μS.cm ⁻¹	Teplota vody °C	Teplota vzduchu °C
leden	368	31	41	0,5	-6,5
únor	626	46	42	0,7	-3,9
březen	358	28	40	1,1	0,3
duben	439	50	36	4,1	7,4
květen	342	24	35	8,0	10,5
červen	361	29	34	9,2	12,5
červenec	356	28	36	10,8	14,9
srpen	320	18	38	11,2	15,1
září	300	13	40	9,7	10,9
říjen	317	18	40	6,5	4,5
listopad	315	17	41	4,8	2,5
prosinec	318	18	41	1,8	-3,7
Rok	368	27	39	5,7	5,4

Tabulka 22 Průměrné měsíční hodnoty za rok 2008 - Mlýnský

	Hladina mm	Průtok l.sec ⁻¹	Vodivost μS.cm ⁻¹	Teplota vody °C	Teplota vzduchu °C
leden	271	52			-2,2
únor	263	42			-0,9
březen	304	96			-0,2
duben	304	95			4,9
květen	273	54			10,3
červen	252	30			13,8
červenec	247	25			14,6
srpen	242	21	90	10,0	13,8
září	235	13	94	9,5	8,9
říjen	240	18	94	7,7	4,5
listopad	240	21	94	5,7	0,4
prosinec	243	22	88	3,6	-3,0
Rok	259	41	92	7	5

Tabulka 23 Průměrné měsíční hodnoty za rok 2008 - Horský

	Hladina mm	Průtok l.sec ⁻¹	Vodivost μS.cm ⁻¹	Teplota vody °C	Teplota vzduchu °C
leden	450	34			-1,2
únor	449	33			-0,2
březen	554	80			0,1
duben	527	64			5,3
květen		0			
červen	430	29			12,3
červenec	371	14			13,3
srpen	376	17	43	9,2	13,1
září	360	13	46	8,6	8,7
říjen	367	14	47	6,8	4,9
listopad	372	15	47	4,8	1,1
prosinec	379	16	44	2,4	-2,2
Rok	421	27	45	6,4	5,0

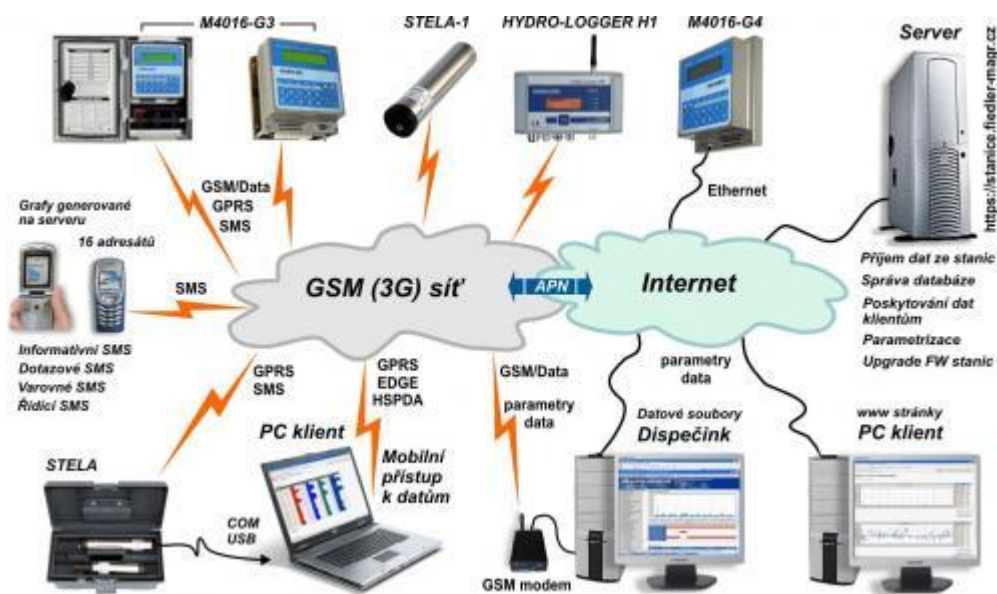
Tabulka 24 Průměrné měsíční hodnoty za rok 2008 - Bukový

	Hladina mm	Průtok l.sec ⁻¹	Vodivost μS.cm ⁻¹	Teplota vody °C	Teplota vzduchu °C
leden	361	29			-1,8
únor	352	26			-1,0
březen	481	61			0,3
duben	451	53			4,9
květen	364	30			11,1
červen	317	17			14,4
červenec	302	14			14,9
srpen	303	14	37	9,9	13,9
září	290	11	44	8,6	8,8
říjen	294	12	41	6,6	4,9
listopad	298	13	41	4,3	0,9
prosinec	301	14	40	1,7	-2,8
Rok	343	24	41	6,2	5,7

8 Příloha II Obrazová část



Obr. 1 Jednotka M4016 – G (zdroj: <http://www.fiedler-magr.cz>)



Obr. 2 Způsob přenosu dat z telemetrické stanice (zdroj: <http://www.fiedler-magr.cz>)