

# JIHOČESKÁ UNIVERZITA V ČESKÝCH BUDĚJOVICÍCH

## ZEMĚDĚLSKÁ FAKULTA

Studijní program: N4101 Zemědělské inženýrství

Studijní obor: Agroekologie

Katedra: Katedra krajinného managementu

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

### DIPLOMOVÁ PRÁCE

## Vliv zemědělské činnosti na vybrané fyzikálně chemické parametry povrchových vod

Vedoucí diplomové práce: Ing. Václav Nedbal, Ph.D.

Konzultant diplomové práce: Ing. Martina Kobesová

Autor diplomové práce: Bc. Aneta Mikešová

České Budějovice, 2018

JIHOČESKÁ UNIVERZITA V ČESKÝCH BUDĚJOVICÍCH

Fakulta zemědělská

Akademický rok: 2017/2018

## ZADÁNÍ DIPLOMOVÉ PRÁCE

(PROJEKTU, UMĚLECKÉHO DÍLA, UMĚLECKÉHO VÝKONU)

Jméno a příjmení: **Bc. Aneta MIKEŠOVÁ**  
Osobní číslo: **Z16417**  
Studijní program: **N4101 Zemědělské inženýrství**  
Studijní obor: **Agroekologie - Péče o krajinu**  
Název tématu: **Vliv zemědělské činnosti na vybrané fyzikálně chemické parametry povrchových vod**  
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 :

Diplomová práce se bude zabývat využitím zemědělské krajiny v zájmovém území Novohrad-ska a jeho vlivem na vybrané fyzikálně chemické parametry tekoucích vod. Cílem práce bude porovnat rozdíly fyzikálně chemických parametrů v jednotlivých subpovodích s rozdílným zemědělským obhospodařováním. Diplomová práce navazuje na bakalářskou práci.

Cíle práce jsou:

- seznámení se s problematikou chemického zatížení povrchových vod
- vypracování literární rešerše
- seznámení se s metodikou odběrů a mapováním land use
- analýza vybraných fyzikálně chemických parametrů v jednotlivých subpovodích s rozdílným zemědělským obhospodařováním
- statistická analýza a vyhodnocení dat

Rozsah grafických prací: 5 - 10 str. grafů, tabulek a fotografií

Rozsah pracovní zprávy: 60 stran textu

Forma zpracování diplomové práce: tištěná/elektronická

Seznam odborné literatury:

Chapin F. S. III., Matson P. A., Mooney H. A. (2002): Principles of Terrestrial Ecosystem

Ecology. Springer Science and Business Media, New York, 436 s.

Pitter P. (2015): Hydrochemie. Praha: Vydavatelství VŠCHT Praha, 792 s.

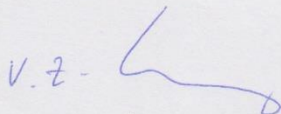
Schlesinger W. H. (1997): Biogeochemistry - an analysis of global change. San Diego, California, Academic Press, 588 s.

Vedoucí diplomové práce: Ing. Václav Nedbal, Ph.D.

Katedra krajinného managementu

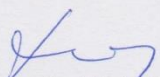
Datum zadání diplomové práce: 24. listopadu 2017

Termín odevzdání diplomové práce: 30. dubna 2018



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

JIHOČESKÁ UNIVERZITA  
V ČESKÝCH BUDĚJOVICÍCH  
ZEMĚDĚLSKÁ FAKULTA  
studijní oddělení  
Studentůvká 1668, 370 05 České Budějovice



doc. Ing. Pavel Ondry, CSc.  
vedoucí katedry

V Českých Budějovicích dne 24. listopadu 2017

## **Prohlášení**

Prohlašuji, že v souladu s § 47b zákona č. 111/1998 Sb. v platném znění souhlasím se zveřejněním své diplomové 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.

Dne 20.4. 2018

Podpis Bc. Aneta Mikešová

## **Poděkování**

Tímto bych chtěla vyjádřit své poděkování vedoucímu diplomové práce Ing. Václavu Nedbalovi, Ph.D., za jeho vedení, odbornou pomoc, velkou ochotu a trpělivost při zpracování práce. Poděkování patří také konzultantce práce Ing. Martině Kobesové za cenné rady. Dále bych chtěla poděkovat své rodině za důvěru, podporu a vytvoření dobrého zázemí pro studium.

## **Abstrakt**

Náplní diplomové práce bylo statisticky vyhodnotit vliv způsobu hospodaření a krajinného pokryvu na vybrané hydrochemické parametry povrchových vod říční sítě v Novohradských horách a zjištění možného vlivu zemědělství na hodnoty těchto parametrů. Modelové území je tvořeno horními a dolními subpovodími Paseckého, Bedřichovského a Váčkového potoka. Odběrová místa zahrnovala zemědělsky obdělávané pozemky, ale i lesní ekosystémy. Práce je zaměřena především na tyto parametry: vodivost, dusičnanový dusík ( $\text{N-NO}_3^-$ ), nerozpuštěné látky ( $\text{NL}_{105}$ ) a fosforečnanový fosfor ( $\text{P-PO}_4^{3-}$ ), tedy především parametry způsobující eutrofizaci vod. Změny těchto parametrů byly monitorovány v období let 2014 – 2017.

Změny v chemismu mezi horním a dolním odběrovým místem jednoho potoka byly prokázány ve všech tocích u vodivosti a dusičnanového dusíku ( $\text{N-NO}_3^-$ ). Na základě výsledků lze konstatovat, že povrchové vody v zájmovém území jsou ovlivňovány zemědělskou činností, nejedná se však o intenzivní formu zemědělské činnosti.

**Klíčová slova:** povrchová voda, hydrochemie, využití krajiny, zemědělství, lesní ekosystémy, eutrofizace, eroze, dusičnany, fosforečnany

## **Abstract**

The aim of this diploma thesis was a statistical evaluation of the impact of farming methods and the land cover on hydrochemical parameters of surface waters drainage patterns in Novohradské mountains and identify the possible impact of agriculture on the values of these parameters. The area for the evaluation consists of lower and upper parts of the basin of Pasecký, Bedřichovský and Váčekový stream. Sampling sites include agriculturally cultivated land, but also forest ecosystems. The work is mainly focused on the following parameters: conductivity, nitrate nitrogen ( $\text{N-NO}_3^-$ ), suspended solids ( $\text{NL}_{105}$ ) and phosphate phosphorus ( $\text{P-PO}_4^{3-}$ ), which are parameters causing eutrophication of water. The parameters changes were analysed for the years 2014 - 2017.

Significant differences were observed in the all three streams in the water chemistry between upper and lower parts of the watersheds of conductivity and nitrate nitrogen ( $\text{N-NO}_3^-$ ). The results confirmed that the farming has a significant influence on the water quality in the Pasecký, Bedřichovský and Váčekový stream although it is an extensive farming.

**Key words:** surface water, water chemistry, land use, agriculture, forest ecosystems, eutrophication, erosion, nitrates, phosphates

# Obsah

1. Úvod.....	10
1.1 Cíle práce.....	11
2. Literární rešerše .....	11
2.1 Voda .....	11
2.2 Voda v krajině .....	12
2.3 Povrchové vody .....	13
2.4 Ochrana povrchových vod.....	14
2.5 Vybrané ukazatele čistoty vody .....	15
2.5.1 Vodivost .....	15
2.5.2 Dusičnany.....	16
2.5.3 Nerozpuštěné látky.....	17
2.5.4 Fosforečnany .....	17
2.6 Vliv člověka na krajinu .....	18
2.6.1 Land use .....	18
2.6.2 Zemědělství .....	18
2.6.3 Lesní hospodářství .....	20
2.7 Následky vlivu člověka na krajinu .....	21
2.7.1 Eroze .....	22
2.7.2 Eutrofizace .....	24
3. Materiály a metody .....	25
3.1 Zájmové území .....	26
3.2 Vymezení užšího zájmového území .....	28
3.2.1 Pasecký potok .....	28
3.2.2 Bedřichovský potok .....	29
3.2.3 Váčkový potok .....	30
3.3 Metodika.....	31
3.3.1 Odběry vzorků.....	31
3.3.2 Zpracování vzorků .....	32
3.3.3 Zpracování zjištěných dat .....	32
4. Výsledky .....	33
4.1 Pasecký potok.....	33
4.2 Bedřichovský potok.....	38
4.3 Váčkový potok .....	42



5.	Diskuze .....	48
5.1	Vodivost .....	48
5.2	Dusičnanový dusík .....	50
5.3	Nerozpuštěné látky .....	52
5.4	Fosforečnanový fosfor .....	54
6.	Závěr .....	56
7.	Literatura.....	58

## 1. Úvod

Voda je základní složkou přírody a je existenčně nezbytná pro život na této planetě. Lidmi je voda využívána odjakživa, problémem je ovšem znečišťování vody při nejrůznějších aktivitách. V některých případech se jedná o znečištění zcela vědomé. Dochází k vypouštění odpadních vod do toků a dalšímu znečišťování, které může mít zásadní dopad na chemismus vody. Její znečištění může mít zásadní dopad pro mnoho organismů, včetně člověka. Péče o vodní zdroje a zabránění jejich dalšímu znečišťování je velmi zásadní téma, kterému je přikládána stále větší důležitost. Voda má zcela nenahraditelnou funkci v krajině a uskutečňují se v ní transportní a chemické reakce. Důležité jsou nejen hlavní vodárenské toky, ale i toky menší, které sice vedou menší množství vody krajinou, ale již jejich znečištění může mít negativní dopad na okolní ekosystémy i kvalitu vod ve větších řekách.

V dnešní době je stále těžší udržet kvalitu povrchových vod pro současné i budoucí generace. Kvůli nárůstu populace stoupá nejen spotřeba vody, ale dochází i ke stále většímu zintenzivňování zemědělství, jež přináší větší potřebu hnojiv, především dusíkatých a fosforečných, které se následně mohou při nevhodném využívání nebo nadměrné aplikaci dostat do povrchových i podzemních vod. Problémem jsou i pěstované plodiny, u kterých je kladen stále větší důraz na co největší výnos. Velmi často pěstované mělce kořenící obilniny jsou odkázány na dodávání dostatečných dávek fosforu a dusíku, které mohou velmi rychle využít. Plošně pěstovaná kukuřice je také hnojena vysokými dávkami dusíku pro získání požadovaného výnosu, zároveň ale nezabraňuje v dostatečné míře smyvu půdy při atmosférických srážkách a následkem čehož dochází k vyplavování dusíku z půdy.

Ve své diplomové práci se zabývám právě vlivem zemědělského hospodaření a rozložení vegetačního pokryvu v subpovodí tří sledovaných toků na chemické složení povrchových vod. Jednotlivé toky se nacházejí v zemědělsky obhospodařovaném povodí, ale i v lokalitách s minimálním vlivem zemědělství na krajinu. V rámci zpracování práce byly sledovány hydrochemické parametry vod, které byly následně porovnány s jednotlivými vlivy působícími v daném subpovodí.

## 1.1 Cíle práce

seznámení se s problematikou chemického zatížení povrchových vod

- vypracování literární rešerše
- seznámení se s metodikou odběrů a mapováním land use
- analýza vybraných fyzikálně chemických parametrů v jednotlivých subpovodích s rozdílným zemědělským obhospodařováním
- statistická analýza a vyhodnocení dat

## 2. Literární rešerše

### 2.1 Voda

Voda je spolu se vzduchem základní složkou přírody podmiňující život na planetě Zemi. Veškerá voda na Zemi se nazývá hydrosféra. Hydrosféra zahrnuje vodu obsaženou v atmosféře, povrchovou vodu, podpovrchovou vodu i vodu nacházející se v organismech (Šilar, 1996). Forman a Godron (1993) uvádí, že více než 70 % zemského povrchu je pokryto vodou. Sladká voda tvoří pouhých 3 % celkové zásoby vody na Zemi, z čehož jsou dvě třetiny vázány ve sněhu a ledu (Moldan, 2009). V řekách a jezerech se nachází pouze 0,27% celosvětového objemu sladké vody (Stejskal, 2006). Celkový objem vody na Zemi je odhadován asi na 1,5 mld. km<sup>3</sup> (Polášková a kol., 2011)

Mezi podstatné děje související s vodou patří bezesporu její hydrologický cyklus (Krštel, 2001), který se uskutečňuje ve všech sférách zemského systému (Němec, 2006) a je ovlivňován především sluneční energií (Tvrdková a kol., 2005). Rozlišujeme velký a malý oběh vody. Velký probíhá mezi oceánem a pevninou, malý se odehrává na pevnině (Kravčík a kol., 2007).

Rovnováha mezi srážkami a výparem v rámci malého vodního oběhu se liší podle regionu a pokryvu zemského povrchu (Schlesinger, 1997). Další důležitou vlastností vody je její roztažnost, která je důležitá především pro vodní organismy. Voda při 3,98 °C dosahuje maximální hustoty v kapalném skupenství. Taková vodní hmota pak např. ve vodních nádržích klesá dolů a zabraňuje promrznutí vody až na

dno (Kvítek a kol., 2005). Za normálních podmínek je voda bez barvy a bez zápachu. Ve více vrstvách může být modrá (Pitter, 2015).

V současné době je lidmi ročně využito přes 4000 km<sup>3</sup> vody, z čehož je pro závlahu (především v rámci zemědělské výroby) využito 70-80 %, pro průmyslovou výrobu a zpracování 20 % a 6 % spotřeby vody je využito v domácnostech (Moldan, 2009).

## **2.2 Voda v krajině**

Vodní toky jsou zásadní složkou krajiny. Tlapák a kol. (1992) uvádí, že pokud toky vytváří hustou hydrografickou síť s vyrovnanými průtoky, mohou velmi významně ovlivňovat regionální klima, včetně malého koloběhu vody, obzvláště pokud je vhodně rozmístěna vegetace a půdy v povodí jsou využívány zemědělci v rámci správné zemědělské praxe. Voda v krajině dokáže při dostatečném zastoupení udržovat stabilitu ekosystémů díky svému dynamickému reagování na změny v systému (Zlatník, 1973). V krajině se nacházejí přirozené povrchové toky, u nichž koryto vzniklo přirozenou činností vody. Mezi přirozené povrchové vody patří řeky, potoky a bystřiny. Mohou se zde ovšem nacházet i toky umělé, jejichž koryta jsou dílem člověka, například kanály (Jůva a kol., 1984). Každý vodní tok má správce, který na něj dohlíží, případně rozhoduje o jeho změnách (Štěrba, 1986).

Voda má v krajině mnoho funkcí. Jednou z nejdůležitějších je funkce biologická. Spolu s půdou vytváří voda vhodné podmínky pro zajištění výživy člověka a dalších organismů. Další je funkce estetická a kulturní, kdy je důležitou součástí utváření krajinného rázu a působí jako podstatný přírodní a krajino tvorný činitel. Neméně důležitá je i hospodářská funkce vody, neboť voda je velmi využívanou komoditou v zemědělství, průmyslové výrobě a výrobě potravin, ale také pro potřeby obyvatelstva, jako je pití a hygiena. Je využívána i jako dopravní cesta pro přepravu surovin a jsou do ní vypouštěny odpadní vody.

### 2.3 Povrchové vody

Nejlépe jsou povrchové vody definovány zákonem č. 254/2001 Sb., o vodách. Dle tohoto zákona jsou povrchovými vodami vody přirozeně se vyskytující na zemském povrchu. Tento charakter neztrácejí, ani pokud protékají přechodně zakrytými úseky, přirozenými dutinami pod zemským povrchem, nebo v nadzemních vedeních. Útvar povrchové vody je vymezené soustředění povrchové vody v určitém prostředí, například v jezeru, ve vodní nádrži, nebo v korytě vodního toku. Povrchové vody můžeme dělit na vody stojaté, vody tekoucí a plošný povrchový odtok (Jůva, 1957). Podrobnější rozdělení povrchových vod dle Tolgyesyho a kol. (1989) je uvedeno v tabulce 1. Povrchový odtok vzniká, pokud voda svým objemem přesáhne vsakovací schopnost půdy, akumulaci půdního povrchu a výpar (Hrádek, 1982). V České republice jsou rozhodujícím zdrojem vody atmosférické srážky (Kršel, 2001).

	Tekoucí vody (lotické)	Stojaté vody (lentické)
Stálé (eustatické)	Prameny, horní a dolní toky řek	Jezera
Nestálé (astatické)	Střední toky řek v nížinách	Rybníky, bažiny, rašeliniště

Tabulka 1: Rozdělení povrchových vod (Tolgyesy a kol., 1989)

U povrchových vod je hodnocena jejich čistota do pěti jakostních tříd. Rozdělení jakostních tříd s nevhodnějším způsobem využití vod je uvedeno v tabulce 2 dle ČSN 75 7221 „Klasifikace jakosti povrchových vod“.

Jakostní třída	Využití
I. třída – velmi čistá voda	Voda vhodná pro potravinářský průmysl, vodárenské účely a koupaliště
II. třída – čistá voda	Voda vhodná pro průmyslovou výrobu, vodárenské účely, vodní sporty a chov ryb
III. třída – znečištěná voda	Voda vhodná pro průmyslovou výrobu. Má nízkou krajnotvornou hodnotu
IV. třída – silně znečištěná voda	Voda vhodná pouze pro omezené účely
V. třída – velmi znečištěná voda	Voda není vhodná k využití

Tabulka 2: Rozdělení vod dle jakostních tříd (Strnadová a Janda, 1995)

## 2.4 Ochrana povrchových vod

Ochrana vody, její kvality i množství, je nesmírně důležité opatření preventivního charakteru, jejímž cílem je zachování její využitelnosti pro současné generace, ale i pro generace budoucí. Dle Štamberové (1998) je preventivní ochrana vodních zdrojů především před znečištěním je doporučován a prosazován i ze strany mezinárodních institucí.

Povrchové vody jsou podstatné pro správné fungování ekologického systému krajiny. Lidskou činností dochází k narušování povrchových vod jak znečišťováním, tak úpravami toků a odtokem vody z území. Zdroje vod musí být chráněny především před antropologickým poškozením (Dýrová, 1974). Důležité je pečovat o povrchové vody v rámci celého povodí. Podstatné je také stanovení limitů znečištění vod a následná kontrola toků a nádrží v krajině (Rámcová směrnice o vodě, 2000/60/ES). Ochranu vod řeší i zákon č. 254/2001 Sb. o vodách, který řeší například nakládání s povrchovými vodami, užívání povrchových vod k plavbě, či vypouštění odpadních vod do povrchových vod.

Nejdůležitější cíle ochrany povrchových vod jsou snížení přímého povrchového odtoku atmosférických srážek z povodí, zabránění eroznímu smyvu a následným splavením látek, především ze zemědělsky využívaných ploch, které ohrožují čistotu vody a mohou nenávratně narušit okolní ekosystémy (Janeček a kol., 2005). Simon (2000) uvádí, že právě kvůli zemědělství a jeho vlivu na vodní toky byla přijata tzv. nitrátová směrnice. Na území členských států Evropské unie musí být dle této směrnice určeny vody, které byly, nebo by mohly být, znečištěny dusičnany pocházející ze zemědělské výroby. Směrnice také zavádí tzv. kodex dobré zemědělské praxe, kterým by se měli zemědělci řídit.

Zásady dobré zemědělské praxe obsahují určitá pravidla a ustanovení směřující ke snížení dusičnanů ve vodách. Nabádají k aplikaci hnojiv na pole ve vhodném období, doporučují neaplikovat hnojiva na zaplavené, zmrzlé či sněhem pokryté půdy, a naopak nedoporučují aplikaci hnojiv na velmi strmé či podmáčené plochy a plochy v blízkosti vodních toků. Dále je v nich doporučená kapacita a konstrukce zásobníků pro statková hnojiva a postupy pro aplikaci umělých a statkových hnojiv, včetně jednotlivých dávek, které zajistí maximální využití látek

rostlinami a dojde k minimálnímu vyplavení látek z půdy (Směrnice Rady 91/676/EHS).

Zásadní v ochraně vod před znečištěním jsou i protierozní opatření, mezi něž patří například zatravnění či zalesňování půdních bloků na erozně ohrožených svazích s mělkou půdou, úprava osevních postupů s vyšším zastoupením krycích plodin a meziplodin, dodávání dostatečného množství organické hmoty do půdy, včasný termín výsevu, pásové střídání plodin, dodržování postupu setí a sázení „po vrstevnici“ a omezení pojezdu těžké agrotechniky po pozemcích, což zabrání utužování půdy (Výzkumný ústav vodohospodářský T. G. Masaryka, 2015).

## 2.5 Vybrané ukazatele čistoty vody

V přírodě se nevyskytuje chemicky naprosto čistá voda. Veškerá voda na Zemi obsahuje rozpuštěné i nerozpuštěné látky. Složení vod je ovlivněno přírodními faktory, jako jsou geomorfologické, půdní a klimatické vlivy, ale i antropogenními faktory, jako je osídlení, zemědělství a průmysl (Ahearn a kol., 2005). Složení vody a její prostředí se mění po proudu řeky, obzvláště v zemědělské a urbanizované krajině (Forman a Godron, 1993). Nejzákladnějšími ukazateli čistoty vody jsou vodivost, koncentrace živin a organických látek a celkový obsah nerozpuštěných látek. Z živin jsou velmi důležité fosforečnany a dusičnany, které se jako limitující živiny pro růst rostlin aplikují ve velkých množstvích jako zemědělská hnojiva a představují tak důležitý potenciální polutant pro povrchové vody.

### 2.5.1 Vodivost

Vodivost neboli elektrická konduktivita, je nepřímým vyjádřením koncentrace rozpuštěných látek v iontové formě ve vodě (Horáková a kol., 1989), což znamená, že čím více je ve vodě rozpuštěných látek, tím je vyšší její schopnost vést elektrický proud. Jednotkou vodivosti je siemens (S). V hydrochemické praxi se využívá jednotka vodivosti vztažená k délce, má tedy jednotku  $\text{mS}\cdot\text{m}^{-1}$  či  $\mu\text{S}\cdot\text{cm}^{-1}$  (Pitter, 2015).

Konduktivita je dle Horákové a kol. (1989) základní aditivní vlastností roztoků elektrolytů. Disociací elektrolytů vznikají ionty, které přenášejí elektrický proud. Stanovená konduktivita vody udává nepřímo obsah iontů, a tím i koncentraci rozpuštěných disociovaných látek. Elektrická konduktivita je velmi ovlivňována

i teplotou roztoku. Následkem změny teploty o 1°C dochází ke změně vodivosti o 2%.

Takzvaná vodivostní voda, což je nejčistší forma této tekutiny, má při 25°C vodivost 0,0005 mS.m<sup>-1</sup>, která je způsobena elektrickou disociací samotných molekul H<sub>2</sub>O. Vodivost povrchových vod se pohybuje od 5 mS.m<sup>-1</sup> do 50 mS.m<sup>-1</sup> (Pitter, 2015).

Elektrická konduktivita vody by měla být sledována dlouhodoběji pro její schopnost prokázat změny v koncentraci rozpuštěných látek, což je důležitý ukazatel kvality vod (Horáková a kol., 1989). Na úroveň elektrické konduktivity má ovšem vliv i aktuální vodnost sledovaného toku. Při vyšší vodnosti může být snížena zátěž elektrolyty díky naředění, čímž dochází k okamžitému poklesu hodnot vodivosti. Tento pokles se ovšem pozvolně navrácí do původních hodnot (Langhammer, 2002).

### 2.5.2 Dusičnany

Dusík se ve vodách dle Hartmana a kol. (1998) vyskytuje v organické i anorganické formě, a to především ve formě amonných iontů (NH<sub>4</sub><sup>+</sup>), dusitanových iontů (NO<sub>2</sub><sup>-</sup>) a dusičnanových iontů (NO<sub>3</sub><sup>-</sup>). Pro život organismů je dusík podstatný pro tvorbu proteinů, včetně genetické informace, ale ve vysokých koncentracích ve vodách je zdraví nebezpečný pro člověka. Dusičnany nejsou přímo škodlivé a dochází k jejich vylučování, mohou se ovšem v trávicím traktu redukovat na dusitany, které jsou toxické především pro kojence, kvůli snížení schopnosti krve nést kyslík (Hrabánková, 2016). Při vyšších teplotách a pH může být dusík po přechodu ze své formy amonných kationtů v amoniak toxický i pro ryby v tocích (Lellák a Kubíček, 1991).

Dusičnany patří mezi hlavní anionty v povrchových vodách (Horáková, 2007). V přírodě vznikají dusičnany při nitrifikaci amoniakálního dusíku, antropogenním zdrojem jsou dusíkatá hnojiva využívaná v zemědělství a emise vzniklé spalováním fosilních paliv, ze kterých se následně dusičnany dostávají do půdy a vod spolu s atmosférickými srážkami (Lellák a Kubíček, 1991).

Dusičnany nejsou ve vodách příliš stabilní a snadno podléhají biochemickým přeměnám (Pitter, 2015), zatímco za anaerobních podmínek se dusičnany stabilními stávají (Heteša a Kočková, 1998). Dusičnany vykazují sezonní variabilitu. Obvykle



jsou vyšší na jaře, protože nejsou odebírány rostlinami z půdy a poté dochází k jejich vyplavování následkem tání sněhu (Kvítek a kol., 2005).

Dle nařízení vlády 401/2015 Sb. je limitní hodnotou dusičnanového dusíku pro povrchové vody roční průměr  $5,4 \text{ mg.l}^{-1} \text{ N-NO}_3^-$ .

### **2.5.3 Nerozpuštěné látky**

Nerozpuštěné látky jsou látky přirozeně se vyskytující v povrchových vodách. Jsou to veškeré tuhé látky, které je možné odstranit filtrací, či odstředěním. Jejich koncentrace jsou udržovány turbulencí vodního sloupce v nádržích, potocích a řekách (Adámek a kol., 2008). Horáková a kol. (1989) dělí nerozpuštěné látky na vzplývavé, usaditelné a neusaditelné. Adámek a kol. (2008) uvádí, že vyšší koncentrace nerozpuštěných látek ve vodách mohou způsobovat zakalení vody, které brání správnému průběhu fotosyntézy. Nerozpuštěné látky mohou být nebezpečné i kvůli uvolňování kontaminantů, navázaných na svém povrchu, jako jsou těžké kovy, některé pesticidy a živiny. Pokud se jedná o nerozpuštěné látky usaditelné, může docházet také k zanášení koryt a nádrží. Dle nařízení vlády 401/2015 Sb. je limitní roční průměrnou hodnotou nerozpuštěných látek  $20 \text{ mg.l}^{-1}$ .

### **2.5.4 Fosforečnany**

Fosfor je jednou z nepostradatelných živin pro živé organismy. Je to limitující prvek pro růst řas (Chapman, 1996). Do povrchových vod se fosforečnany dostávají přirozenou cestou, například rozpouštěním a vyluhováním některých půd, zvětralých hornin a minerálů (Pitter, 2015). Mezi antropogenní zdroje fosforu se řadí především fosforečnanová průmyslová hnojiva a statková hnojiva, ale mohou se uvolňovat i z odpadních vod obsahující prací prášky a jiné čisticí prostředky (Heteša a Kočková, 1998). Vyšší obsah fosforu spolu s dusíkem způsobuje nadměrný růst fytoplanktonu a eutrofizaci (Šafaříčková a Pešata, 2006).

Během roku dochází k periodickým změnám koncentrací fosforu. Tento jev je způsoben chemickými, sorpčními a biochemickými procesy, které způsobují vertikální stratifikaci fosforu ve vodním sloupci (Pitter, 2009), následkem čehož jsou obvykle nejvyšší hodnoty koncentrace fosforečnanů naměřené v zimních měsících (Heteša a Kočková, 1998).

## **2.6 Vliv člověka na krajinu**

### **2.6.1 Land use**

Využívání půdy neboli land use je dynamický pojem. Zahrnuje analýzu historického i aktuálního stavu krajiny a hodnocení krajiny pro jednotlivé způsoby využití (Sklenička, 2003). Pojem využívání krajiny je projev lidského působení v prostoru a čase. Zahrnuje historický, hospodářský a kulturní potenciál a spočívá na kompromisu mezi přírodními podmínkami, dostupnými technickými možnostmi a dosavadními poznatky člověka (Žigrai, 1983). Mander a kol., (1998) uvádí, že změna využívání půdy a management krajiny jsou základní parametry mající vliv na hydrologický systém krajiny, což potvrzuje i Chapin a kol. (2002). Pro správné fungování hydrologických systémů je podstatné plánování povodí, pro což je důležité pochopení vztahů mezi využíváním půdy a kvalitou povrchových vod (Opdam a kol., 2002). V krajině České republiky došlo od druhé poloviny 20. století k velkým změnám. Většina těchto změn byla uskutečněna primárně pro řešení aktuálních potřeb, které ovšem nejsou ve velké většině v souladu s přírodními principy (Laštůvka a Krejčová, 2001). V současné době již téměř neexistuje přírodní krajina, lidskou činností byla přeměněna na krajinu kulturní. Kulturní krajinu dělíme dle převládajícího využívání na zemědělskou, lesní, urbanizovanou, průmyslovou, rybníční a rekreační (Sklenička, 2003).

Rozšiřování ploch se zemědělským, lesnickým a urbanizovaným využitím vede k zásadním změnám v životním prostředí, jako je změna klimatu, kontaminace podzemní a povrchové vody, zvětšující se plošný povrchový odtok a s ním související utužení půdy a eroze, snížení retenční schopnosti povodí, snížení biodiverzity a změny v atmosféře (Schanze, 2003).

### **2.6.2 Zemědělství**

Zemědělství je nejrozšířenějším způsobem výroby na světě a nejrozšířenější způsob využití zemského povrchu. Téměř 36 % zemské plochy slouží k zemědělství (Pretty, 1998). Na území Evropy se od neolitické revoluce pěstovala především pšenice, následně i ječmen. Tyto plodiny vyžadovaly sušší půdy, kvůli čemuž docházelo k vysoušení zemědělské krajiny a na obrovských plochách tak vznikaly kulturní stepi. Po tak závažné změně krajiny došlo i ke změně klimatu, ubylo srážek a bylo nakonec potřeba zemědělskou půdu zavlažit (Pokorný, 2007). Další změny

nastaly v novověku, kdy došlo k rozšíření přírodních i umělých hnojiv a pesticidů a ke šlechtění rostlin pro vyšší výnosy (Kravčík, 2007), což postupně vedlo ke stále většímu znečištění vodních zdrojů (Samsonová a kol., 2005).

Zemědělská krajina je tvořena především ornou půdou, ale také trvalými travními porosty (Lipský, 1999), ale nachází se v ní i různé krajinné prvky, které vznikaly převážně samovolně, například zarůstáním volných ploch mezi jednotlivými poli či vědomým vynecháváním neúrodných, kamenitých či podmáčených ploch. Krajinné prvky jsou důležité nejen pro svou případnou estetickou funkci, ale především pro ochranu půdy před erozí a udržení biodiverzity v krajině (Marada a kol., 2010). Semorádová (1998) uvádí, že zemědělství se v krajině projevuje změnou reliéfu a estetického vzhledu krajiny, ovlivňováním atmosféry a ovlivňováním vodního režimu krajiny, například urychlením odtoku vody z krajiny. Tyto změny následně vytvářejí podmínky pro vznik vodní a větrné eroze, což má následně vliv na kvalitu povrchových i podzemních vod.

Zemědělství je spojeno s koloběhem živin, energie a dalších látek (Vaněk a kol. 2002). V rámci konvenčního zemědělství, které zajišťuje vysokou produkci plodin, je nutné pravidelně dodávat živiny do půdy pro dosažení požadovaného výnosu (Rychter a Římovský, 1996). Dochází ke stále většímu zvyšování dodatečných vstupů látek. Jedná se především o hnojiva, pesticidy a závlahu. Právě kvůli často nadměrné aplikaci těchto látek následně dochází k vymývání živin z půdy povrchovým odtokem. Následkem bývají plošná i bodová znečištění povrchových vod (Šarapatka a Urban, 2003).

Dle Synáčkové (1994) můžeme zdroje znečištění ze zemědělství rozdělit na živočišnou výrobu, do níž se řadí odpady z velkochovů, úniky látek při skladování kejdy a močůvky a odpady ze silážování. Dalším zdrojem znečištění je rostlinná výroba, kde má vliv především aplikace průmyslových hnojiv a jako poslední zdroj znečištění uvádí úniky ropných látek při skladování a manipulaci.

Jedním z největších polutantů pro vodní toky je hnojivo. Hnojivo je pojem vymezený v zákoně o hnojivech č. 156/1998 Sb., kde je definováno jako látka obsahující živiny pro výživu kulturních rostlin a lesních dřevin, dále pro udržení či zlepšení půdní úrodnosti a pro příznivý vliv na výnos či kvalitu produkce. Dle Hrušky (2004) se mohou hnojiva dělit ze tří základních hledisek. Prvním je účinnost,

dle které se hnojiva dělí na hnojiva přímá a pomocné látky. Dalším hlediskem dělení je původ, tedy zda jsou minerální, či statková. Posledním hlediskem je skupenství, podle kterého se dělí na tuhá a kapalná.

Minerálními hnojivy jsou látky obvykle pocházející z chemického průmyslu a často obsahují vyšší podíl živin (Vaněk a kol, 2002). Hlušek (2004) uvádí, že se minerální hnojiva dělí na jednosložková, minerální hnojiva, která obsahují jednu hlavní živinu a vícesložková hnojiva, která jsou složena z alespoň dvou živin v různých poměrech. Dále můžeme minerální hnojiva dělit dle převládající látky ve složení, a to na dusíkatá, fosforečná, vápenatá, draselná a hořečnatá. Dusíkatá hnojiva dále dělíme na nitrátová, amonná, amoniakální a amidová (Hlušek, 2004). Problém u dusíkatých hnojiv je především v jejich vyplavování z půdy, pokud jsou aplikována při špatných meteorologických podmínkách. Fosforečná hnojiva, která jsou rozpustná ve vodě označujeme jako superfosfáty (Richter a Hlušek., 1996).

Statková hnojiva pocházejí obvykle ze zemědělských podniků. Uvolňování živin ze statkových hnojiv je pozvolnější a trvá obvykle déle, než u hnojiv minerálních (Vaněk a kol., 2002). Mezi statková hnojiva se řadí hnůj, kejda a močůvka (Šarapatka a kol., 2006). Statková hnojiva nemají tak negativní vliv na znečištění půdy a vod, kromě kejdy, která při přehnojení může zůstat na povrchu půdy, následkem čehož může dojít ke splachu deštěm (Tlapák a kol., 1992). Statková hnojiva, především hnůj, jsou ovšem prospěšná nejen z hlediska dodání látek do půdy pro podporu růstu plodin, ale i pro celkové zlepšování půdní struktury dodáváním organických látek do půdy (Škarda, 1982).

### **2.6.3 Lesní hospodářství**

Lesní porosty jsou plochy nad 0,5 ha, kde stromy musí mít dřevnaté kmeny více než pět metrů vysoké a koruny tvoří v souvislém zápoji alespoň 10 % plochy území (Food and Agriculture Organization (FAO), 2000). Les je základní přírodní médium a vegetační útvar, který vytváří přirozený potenciál krajiny (Kender, 2000). Lesní porosty dříve pokrývajících značnou část území České republiky se v dnešní době nachází pouze na 33,3 % rozlohy státu. Lesní ekosystémy jsou ovlivněné skladbou půdy, přítomností vody v krajině a vertikálním členěním krajiny. Druhová rozmanitost lesů je nižší, než by byla v přirozeném stavu. V současné době jsou lesy tvořeny z 23 % listnatými stromy, zatímco v přirozeném stavu by listnaté stromy

tvořit až 65 % jejich celkové rozlohy. Tak malé zastoupení listnatých stromů v lesních ekosystémech je způsobeno zakládáním monokulturních porostů (Trnka, 2007). K zalesňování zemědělsky využívaných ploch dochází například kvůli protierozní ochraně, zvýšení retenční funkce (Jiráček, 1998), zlepšení mikroklimatu v regionu a pro ekonomické účely (Černý a kol., 1995).

Zákon o lesích č. 289/1995 Sb. dělí lesy dle funkcí na lesy ochranné, zvláštního určení a hospodářské. Ochranný les je takový, který se nachází na velmi nepříznivém území, například na prudkém svahu, na stanovišti s vysokým obsahem nestabilních náplav či písků, lesy v klečovém vegetačním stupni a vysokohorské lesy pod hranicí stromové vegetace. Lesy zvláštního určení jsou takové, které se nacházejí na území národních parků a přírodních rezervací a lesy nacházející se v pásmu hygienické ochrany vodních zdrojů a v ochranném pásmu zdrojů léčivých, přírodních a stolních minerálních vod. Lesy hospodářské jsou všechny ostatní lesy nesplňující podmínky pro zařazení do kategorie lesů ochranných či zvláštního určení.

Vesterdal a kol. (1995) uvádí, že lesní povrch je tvořen vrstvami odumřelé organické hmoty, ve kterých dochází ke hromadění živin v nedostupných formách pro rostliny. Díky biogeochemickým procesům při rozkladu těchto vrstev ovšem dochází k mineralizaci organicky vázaných živin, díky čemuž mohou být následně znovu využity rostlinami. Opad listnatých stromů je v oblastech s nižšími atmosférickými srážkami jeden z nejzásadnějších způsobů návratu živin zpět do půdy (Campo a kol., 2001). Živiny, především minerální dusík, jsou vyplavovány do povrchových vod zásadně více z jehličnatých lesů (Hruška a Cienciala, 2001). V humusových vrstvách z opadu stromů je ve velkém množství akumulován organický fosfor (Šantrůčková, 2001), který je z velké většiny následně rozdělen mezi jednotlivé ekosystémové složky během vývoje porostu (Brandtberg a kol., 2010). Dalším podstatným faktorem ovlivňujícím kvalitu povrchových vod je kořenový systém rostlin v lesním porostu, který zabraňuje únikům vody díky zvyšování vsaku do půdy a odváděním přebytečné vody kořeny (Válek, 1977).

## **2.7 Následky vlivu člověka na krajinu**

V první polovině 20. století byla na dnešním území České republiky v zemědělství převažující malovýroba a rozptýlená živočišná výroba. Voda byla zajišťována ze studní a místních vodních zdrojů. Odpady vzniklé živočišnou výrobou

byly sloučeny a zapraveny do půdy (Němec, 2006). V 60. letech 20. století došlo k revoluci v zemědělství. Ta byla způsobena pokrokem v mechanizaci a technice, genetice rostlin, rozvojem agrochemie a stále větším tlakem na výnos plodin, kvůli vzrůstu populace. Docházelo ke zvyšování dávek hnojiv a pesticidů, čímž byla poškozována půda i povrchové vody v krajině (Götz a Novotná, 1996). V 50. letech minulého století docházelo ke scelování pozemků do rozlehlých lánů a rozorávání mezí a zásadním změnám ve způsobu hospodaření s vodou (Němec, 2006). V 90. letech minulého století bylo zejména znečištění povrchových vod vnímáno jako zásadní problém životního prostředí. Většina povrchových toků byla silně znečištěná, ale docházelo i ke kontaminaci vod podzemních (Volaufová, 2008).

### **2.7.1 Eroze**

Pojem „eroze“ pochází z latiny, je odvozeno od slova „erodere“, což znamená „rozhlodávat“. Eroze je definována jako rozrušování litosféry a pedosféry pohybující se hmotou erogenního původu (Janeček a kol, 2005). Půdní erozi lze podrobněji popsat jako proces oddělování, transportu a následného ukládání půdy. Tento proces je ovlivňován abiotickými faktory. Eroze je dlouhodobý činitel modelující povrch zemského povrchu během všech geologických dob (Kvítek a kol., 2006).

Půda je degradována především větrnou a vodní erozí. Eroze je ovlivňována faktory, jako jsou sklon a délka svahu, charakter klimatu, půdní textura, struktura a obsah organické hmoty, využití půdy a vegetační pokryv půdy. Mocnost ornice je erozí snižována, v extrémních případech může docházet i k zániku orníční a podorníční vrstvy, čímž je následně omezena ekologická funkce půdy (Sánka a Materna, 2004). Uvolněné částice půdy následně znečišťují povrchové vody ve formě sedimentů či zasypávají a poškozují technická zařízení a zemědělské kultury (Buzek, 1983). Částice půdy často obsahují látky znečišťující vodní zdroje a způsobují zakalení povrchových vod. Také mohou zanášet dna nádrží a koryta toků a tím snižovat jejich průtočnou kapacitu (Janeček a kol, 2005).

Erozi můžeme dělit dle činitele tento proces způsobující na vodní, větrnou, ledovcovou, sněhovou, zemní a antropogenní (Holý, 1994). Jednotlivé druhy eroze se obvykle vyskytují kombinovaně (Kvítek, 2006).

Vodní eroze ohrožuje více než 50 % zemědělských ploch na území České republiky (Kvítek a Tipl, 2003). V nenarušených přírodních podmínkách probíhá eroze velmi pozvolna s minimálními škodlivými důsledky. V zemědělsky využívané krajině se ovšem erozní procesy mnohonásobně zrychlují a mají daleko větší dopad na krajinu (Pasák, 1984). Problémy s vodní erozí se výrazně zvýšily v minulém století vlivem kolektivizace pozemků a intenzifikaci zemědělské výroby (Uhlířová a Mazín, 2005). Určující vliv na intenzitu a průběh vodní eroze mají jednoznačně srážky, především příválové deště. Při silných deštích dochází k silnému povrchovému odtoku a vlivem kinetické energie dešťových kapek může docházet k vymršťování půdních částic až do výšky 40 centimetrů, především pokud není povrch půdy krytý vegetací (Buzek, 1983). Pokud je déšť příliš intenzivní a vsakovací schopnost půdy nestačí, dojde k povrchovému odtoku vody, který transportuje částice uvolněné dešťovými kapkami a dále rozrušuje půdní povrch. Odtok vody z prudkých srážek je erozně nebezpečný především na sklonitém reliéfu s nerozpustným podložím (Holý, 1994).

Opatření proti vodní erozi jsou zásadní v procesu ochrany půdy před smyvem. Ve všech vyspělých státech je kladen stále větší důraz na zapojení těchto opatření do péče o půdu (Janeček a kol, 2005). Protierozní opatření je soubor technických, agrotechnických a organizačních řešení, které se vzájemně doplňují, respektují požadavky na zemědělskou výrobu, ale zároveň respektují i přírodní procesy v krajině.

Mezi hlavní účely ochrany půdy před erozí patří ochrana povrchu půdy před účinky prudkých atmosférických srážek, omezení unášecí síly vody a soustředěného povrchového odtoku, podpora vsaku vody do půdy a zlepšení soudržnosti půdy a zachycení smyté zeminy. Mezi technická opatření patří vytváření teras, mezí, polní cesty, zatravněné a vsakovací pásy či nádrže (Kvítek a kol., 2005). Mezi agrotechnická opatření patří setí a sázení plodin ve vhodném termínu a upravený osevnický postup zajišťující zapojený vegetační pokryv po co nejdelší dobu. V tabulce 3 jsou uvedeny příklady jednotlivých kultur a intenzita vodní eroze na pozemcích s těmito rostlinami. Mezi agrotechnická opatření dále patří vhodné zpracování půdy s co nejméně pojezdy po ploše a agrotechnické operace jako je mulčování či důlkování (Kvítek, 2006).

<b>Kultura</b>	<b>Intenzita vodní eroze</b>
Okopaniny	100 %
Pšenice	75 %
Strniště	10 %
Neohrazené pastviny	5–10 %
Zapojený travní porost	0,001 – 1 %
Lesní porost	0,001 – 1 %

*Tabulka 3: Příklady jednotlivých kultur a jejich vliv na intenzitu vodní eroze (Holý, 1994)*

### **2.7.2 Eutrofizace**

Slovo eutrofizace pochází z řeckých slov eu (hojný) a trophi (potrava, živina). Eutrofizace je jev, při němž dochází k přesycení vodního prostředí minerálními živinami, především fosforem a dusíkem (Šafaříčková a Pešata, 2006). Pitter (2015) uvádí, že jedním z prvků způsobující eutrofizaci je také křemík. Eutrofizace se projevuje především ve stojatých vodách, ale ani v povrchových vodách nejde o výjimečnou záležitost. Ve vodních tocích je ovšem složitější, protože vývoj fytoplanktonu je závislý na hydrologických parametrech toku měnících se od pramene k ústí.

Tento proces podmiňuje primární produkci řas a sinic ve vodách, které následně odumírají a dochází k jejich rozkladu mikroorganismy (Straškrabová a kol., 1999). Rozvojem řas a sinic jsou vytlačovány vyšší rostliny, na kterých mohou být závislí někteří bezobratlí (Šafaříčková a Pešata, 2006). Při rozkladu organických látek tvořených odumřelými řasami a sinicemi dochází k vyčerpání rozpuštěného kyslíku ve vodě, důsledkem čehož dochází k poškození prostředí dalších vodních organismů, především ryb (Šimek, 2005). Souvislé koberce řas a sinic mohou způsobovat problémy v lodní dopravě a snižují možnosti využití vodních nádrží a toků pro rekreaci (Šimek, 2005). Při teplotě vody nad 11 °C již vznikají vhodné podmínky pro rozvoj eutrofizace (Tlapák a kol., 1992).

Eutrofizaci můžeme dělit na přírodní a kulturní. Přírodní eutrofizace je způsobena přírodními procesy, jako je například hromadění živin v dolních pásmech vodních toků. Kulturní eutrofizace je způsobena vlivem činností člověka, především narušováním koloběhu fosforu a dusíku (Šafaříčková a Pešata, 2006). Významnými



znečišťovateli povrchových vod a původci eutrofizace jsou zemědělství a vypouštění odpadních vod do povrchových vod (Lallák a Kubiček, 1991).

Dle obsahu živin se mohou povrchové vody dělit do tří skupin, a to na oligotrofní vody, které jsou chudé na živiny, mezotrofní vody, které jsou středně bohaté na živiny a eutrofní, které obsahují velké množství živin. V mezotrofních vodách žije nejvíce živočichů (Kočička a kol., 2000). Jednotlivé stupně trofie povrchových vod popisuje tabulka 4.

Stupeň trofie povrchových vod	Úživnost vody	Trofický potenciál (obsah biomasy mg.l-1)
Ultraoligotrofní	Velmi slabě úživná až neúživná	<5
Oligotrofní	Slabě úživná	5–50
Mezotrofní	Středně úživná	50–200
Eutrofní	Silně úživná	200-500
Polytrofní	Velmi silně úživná	500-1000
Hypertrofní		>1000

Tabulka 4: Stupně trofie vod (Kalač a kol., 2010).

Ochrana vod před eutrofizací spočívá na stejném principu, jako ochrana vod před vodní erozí. Tyto dva procesy spolu úzce souvisí, protože spolu se splachem půdy erozním procesem se dostávají do vod kromě půdních částic i živiny obsažené v půdě (Polášková, 2011). Vliv na eutrofizaci vod má i dokrmování ryb v rybochovných rybnících (Kalač a kol., 2010).

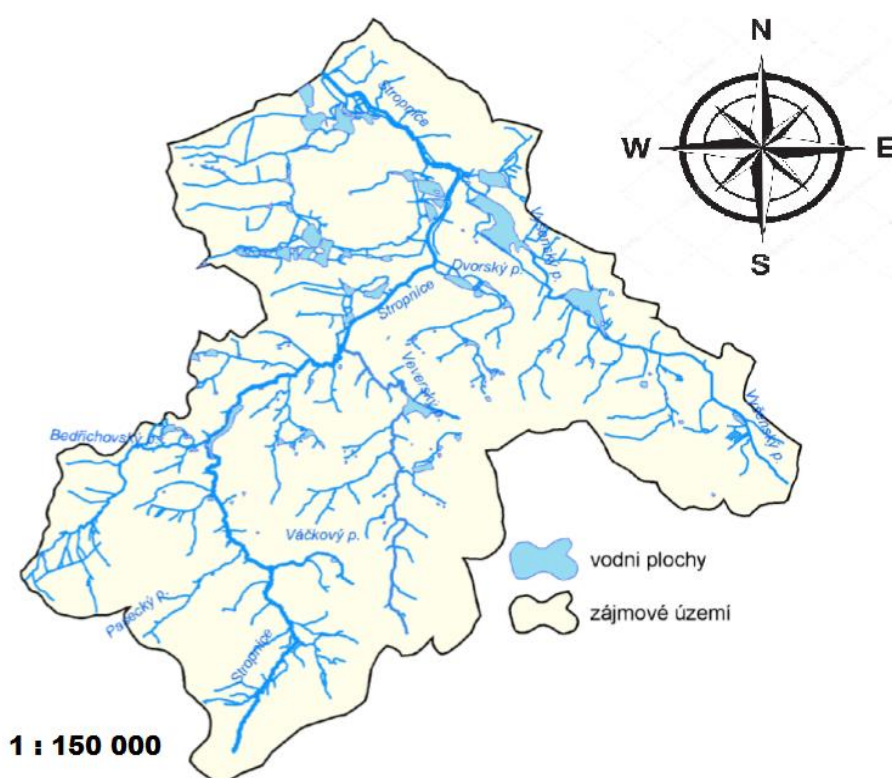
### 3. Materiály a metody

Pro zpracování diplomové práce byly vybrány tři potoky, a to Pasecký, Bedřichovský a Váčkový. Povodí jednotlivých toků se lišila svým využitím krajiny a vegetačním pokryvem. Pasecký potok se nachází v nejméně zemědělsky využívané krajině, kde byly zastoupeny především lesy a luční porosty. Povodí Bedřichovského zahrnuje lesy, luční porosty i ornou půdu. Povodí Váčkového potoka je tvořeno z více než poloviny lesním porostem, ale je zde i největší zastoupení orné půdy. Na každém toku byl vymezen horní a dolní uzávěrový profil toku, ze kterých byla odebírána voda k dalšímu zpracování a porovnání. Horní uzávěrové profily

byly umístěny v lesním subpovodí, zatímco dolní uzávěrové profily byly umístěny v zemědělsky více zatíženém subpovodí. Díky odlišnostem mezi subpovodími ve využití krajiny bylo možné porovnat vliv zemědělské činnosti na kvalitu povrchových vod.

### 3.1 Zájmové území

Novohradské hory jsou součástí Šumavské subprovincie. Ta se dělí na dvě oblasti, a to Šumavskou a Novohradskou. Novohradská oblast se dále dělí na Novohradské hory a Novohradské podhůří. Novohradské hory vznikly díky vlivu tektonických pohybů na přelomu křídý a paleogenu (Papáček, 2003). Díky nepropustnému podloží, dostatku srážek a velkým plochám lesních porostů se nachází na území Novohradských hor hustá říční síť (Mikulová a kol., 2000), jak můžeme vidět na obrázku 1. Novohradské hory jsou důležitou oblastí z hlediska pramenů významných jihočeských řek a to Stropnice, Malše, Lužnice a Černé. Novohradské hory jsou příkladem pohoří s charakteristickým reliéfem rozčleněným erozními procesy.



Obr. 1: Říční síť Novohradských hor v zájmovém území povodí řeky Stropnice (Hellebrandová, 2006).

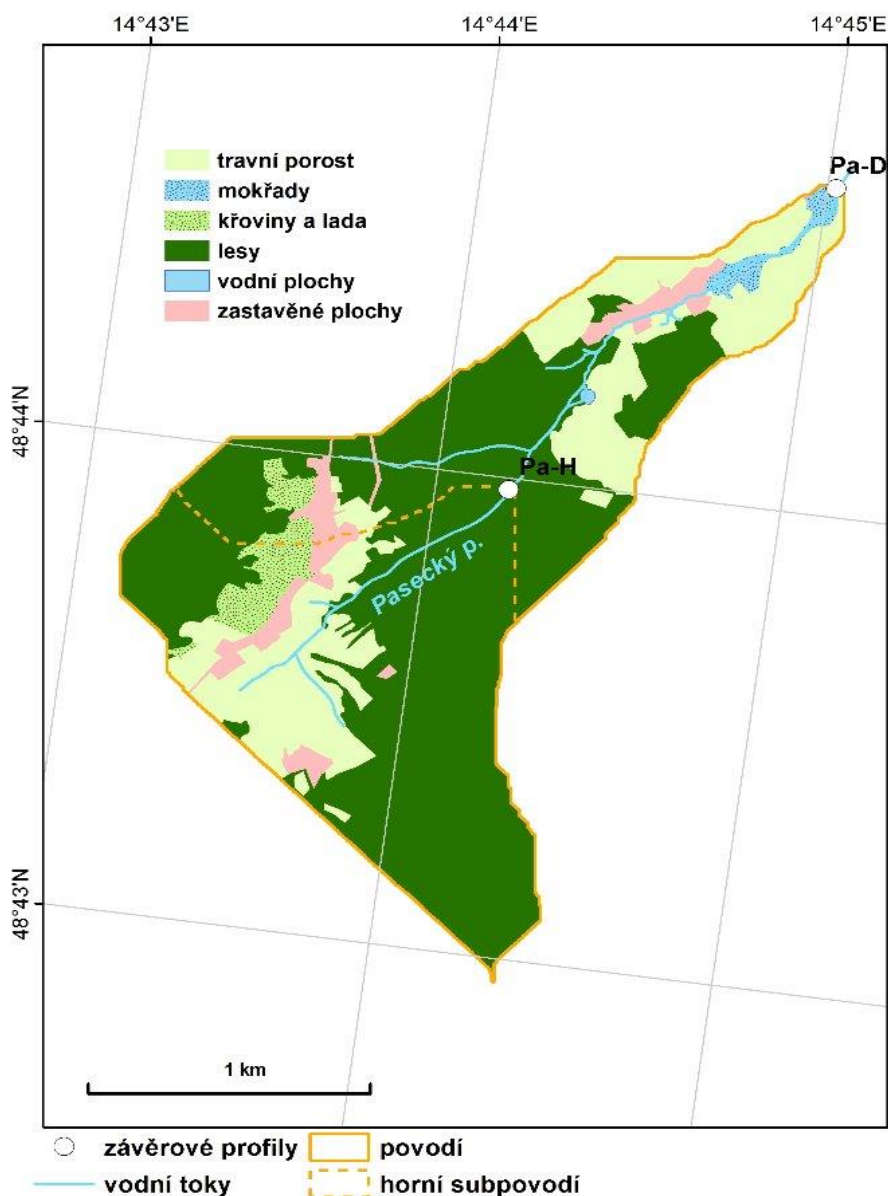
Nejvyšší bod zájmového území, hora Vysoká, se nachází ve výšce 1034 m.n.m., nejnižší bod, niva řeky Stropnice u Tomkova mlýna, se nachází ve výšce 420 m.n.m. (Chábera, 1985). Ze zemědělského hlediska se území řadí do bramborářské výrobní oblasti. Půdy jsou zde kyslejší hnědé půdy, středně těžké, hlinitopísčité až hlinité (Mikulová a kol., 2000). Území se nachází v mírně teplé oblasti s průměrnými teplotami okolo 7°C. Průměrné úhrny srážek činí 750 mm (Bodlák a kol., 2008). Hellebrandová (2006) uvádí, že Novohradské hory jsou mimořádné pro svou zachovalou přírodu bez větších zásahů člověka do krajiny. Tuto skutečnost připisuje poloze hor, které se nachází v bývalém pohraničním pásmu. V roce 2000 byly Novohradské hory vyhlášeny za Přírodní park.

V Novohradských horách se nachází velké množství vodních biotopů i díky zastoupení téměř všech typů povrchových vod mírného pásu a množstvím atmosférických srážek (Fraňková, 2010). Atmosférické srážky jsou zde během roku příznivě rozloženy. Téměř 67 % atmosférických srážek spadne od začátku dubna do konce září (Bodlák, 2011). Rozmanitost vod v Novohradských horách je ovlivněna i geologickým podkladem a reliéfem krajiny (Fraňková, 2010).

## 3.2 Vymezení užšího zájmového území

### 3.2.1 Pasecký potok

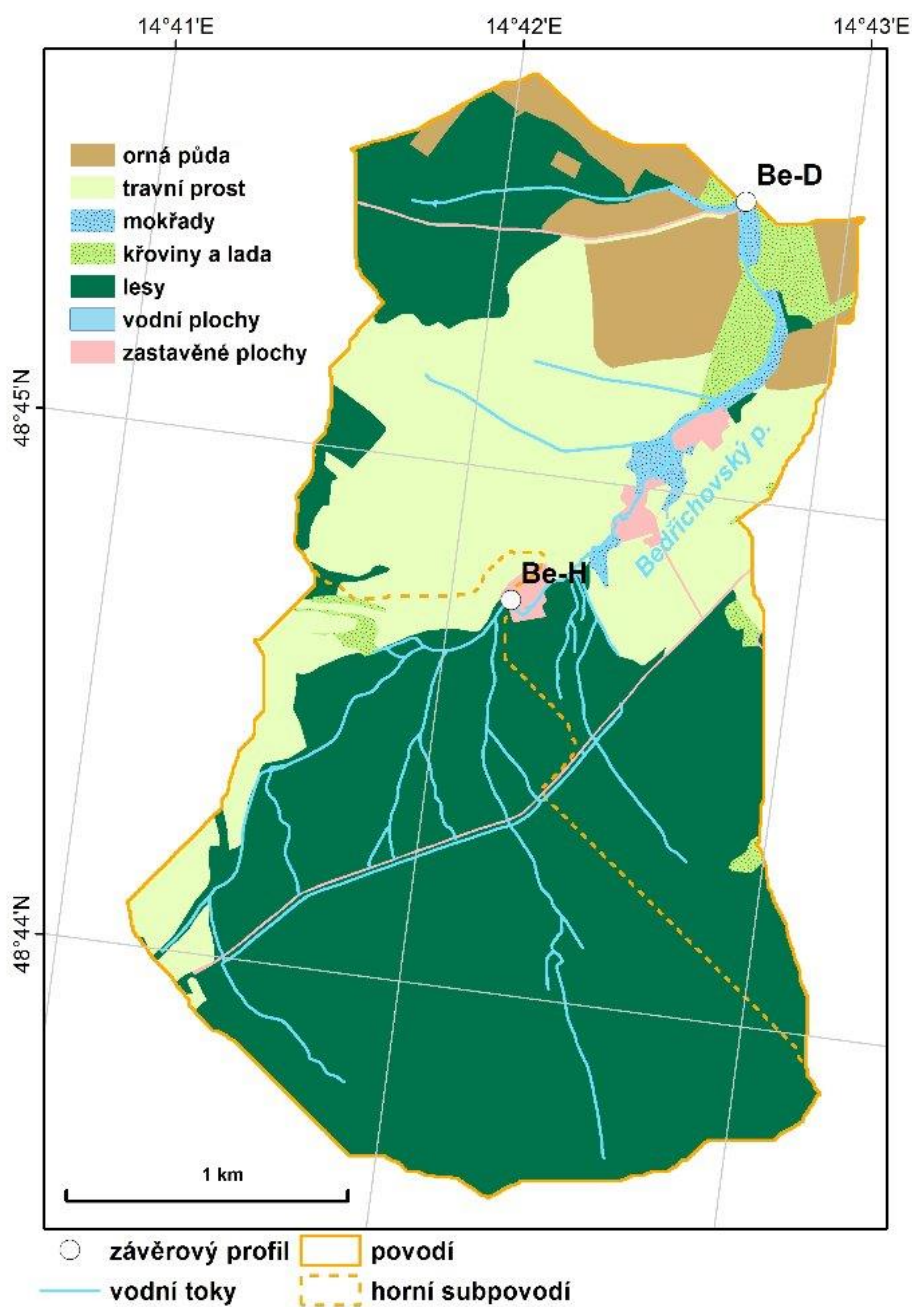
Pasecký potok je levostranný přítok řeky Stropnice. Jeho povodí je převážně lesní a luční. Část subpovodí je tvořena zastavěnými plochami, kterými je částečně potok veden. Jak lze vidět na obr. 2, horní uzávěr Paseckého potoka se nachází v lesním porostu, dolní uzávěr pak v lučném porostu. Přesné rozlohy jednotlivých využití v povodí jsou uvedeny v tabulce 5.



Obr. 2: Povodí Paseckého potoka (Nedbal, 2017).

### 3.2.2 Bedřichovský potok

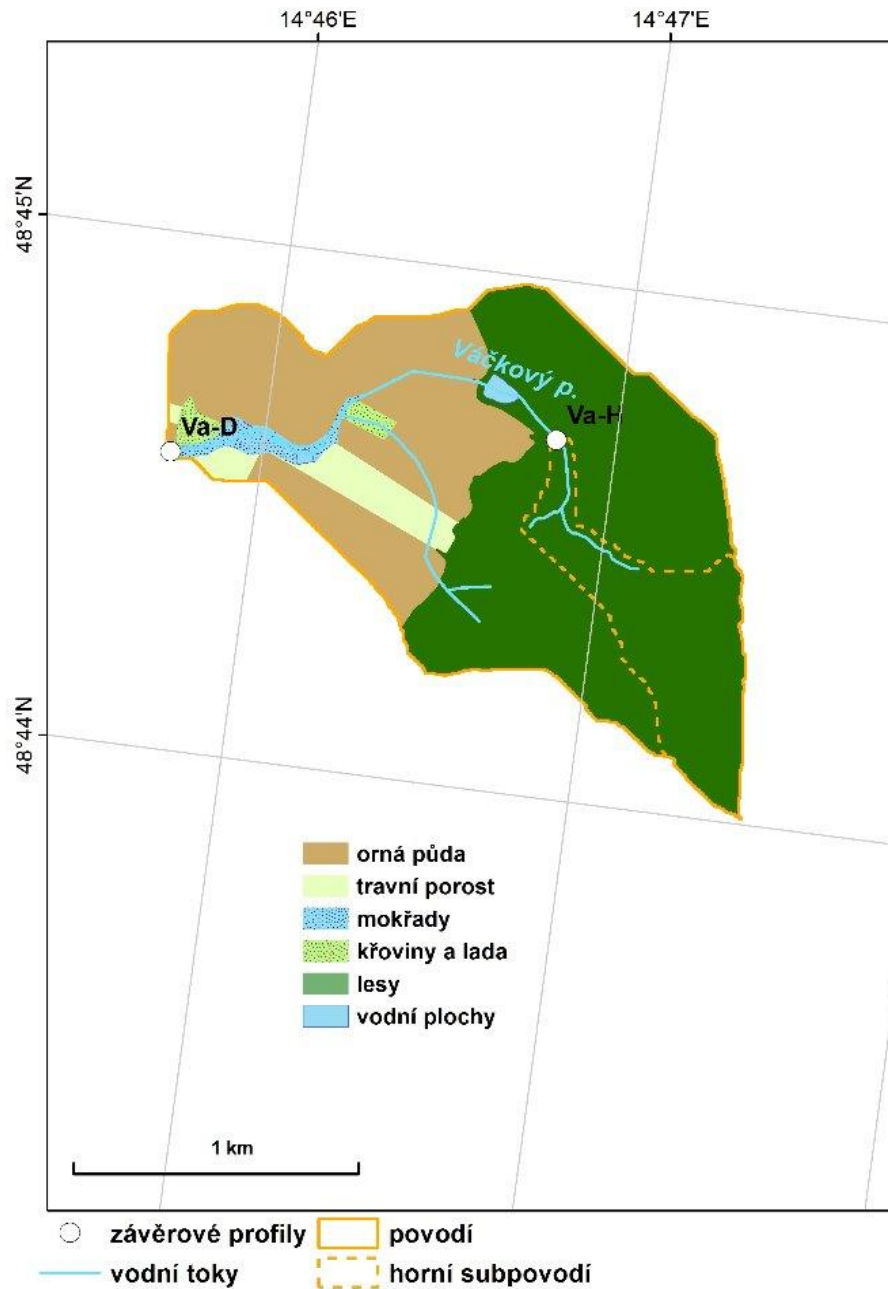
Bedřichovský potok je levostranný přítok řeky Stropnice. Jeho povodí je tvořeno převážně lesními a lučními porosty, ale část tvoří i orná půda, jak lze vidět na obr. 3. V subpovodí Bedřichovského potoka se takto nachází zastavěné plochy, ale v menším měřítku než v subpovodí Paseckého potoka. Přesné rozlohy jednotlivých využití v povodí jsou uvedeny v tabulce 5.



Obr. 3: Povodí Bedřichovského potoka (Nedbal, 2017).

### 3.2.3 Váčkový potok

Váčkový potok je pravostranný přítok řeky Stropnice. Rozloha povodí je 213,1 ha. Polovina území povodí Váčkového potoka je tvořena lesními porosty, třetina území pak ornou půdou. Jak lze vidět na obr. 4, v povodí Váčkového potoka se nenacházejí zastavěné plochy. Přesné rozlohy jednotlivých využití v povodí jsou uvedeny v tabulce 5.



Obr. 4: Povodí Váčkového potoka (Nedbal, 2017)

Typ land coveru	Pasecký potok		Bedřichovský potok		Váčkový potok	
	(ha)	%	(ha)	%	(ha)	%
Orná půda	0	-	47,9	7,15 %	67	31,44 %
Travní porost	70,6	24,96 %	171,1	25,55 %	9,7	4,55 %
Mokřady	4	1,41 %	9,2	1,37 %	4,6	2,16 %
Křoviny a lada	10,7	3,78 %	19,3	2,88 %	3	1,41 %
Lesy	182,4	64,50 %	410,8	61,35 %	127,7	59,92 %
Vodní plochy	0,2	0,07 %	0	-	1,1	0,52 %
Zastavěné plochy	14,9	5,27 %	11,3	1,69 %	0	-
Celkem	282,8		669,6		213,1	

Tab. 5: Přesné rozlohy jednotlivých ploch a jejich využití v povodí toků (Nedbal, 2014).

### 3.3 Metodika

#### 3.3.1 Odběry vzorků

Na Paseckém, Bedřichovském i Váčkovém potoce byly stanoveny dva uzávěrové profily. Odběrová místa byla zvolena pro svou schopnost reprezentovat variabilitu krajiny a různé aspekty jejího využití. Tyto uzávěrové profily od sebe oddělují horní a dolní subpovodí toku, které se odlišují svým krajinným pokryvem. Celkem se jednalo o 6 odběrových stanovišť, které zahrnují jak vodu protékající lesními ekosystémy (horní uzávěry toků), tak vodu protékající zemědělsky využívanými plochami (dolní uzávěry toků). Vzorky byly odebírány z horních i dolních uzávěrů toků každý měsíc během let 2014 až 2017.

Vzorky byly odebírány postupem, který minimalizoval jejich znehodnocení například zvířením sedimentu v korytech toků. Voda byla odebírána do polyethylenových lahví o objemu 2 litry, které byly řádně označeny dle místa odběru. Lahve byly před konečným odběrem vypláchnuty vodou z daného potoka, aby nedošlo ke znehodnocení vzorků cizími látkami, které mohly v lahvích zůstat. Voda byla odebírána proti směru toku asi 10 cm pod hladinou. V případě nedostatečného množství vody v korytě byla voda odebírána z hladiny. Po odebrání vzorků všech sledovaných toků byly lahve převezeny do laboratoře, kde byly následně uskladněny v chladu, aby bylo zabráněno biochemickým procesům, které by mohly kvalitu vod dodatečně změnit.

### 3.3.2 Zpracování vzorků

Analýza odebraných vzorků vody se uskutečnila nejpozději jeden den po provedení odběru v Laboratoři aplikované ekologie v Českých Budějovicích.

Zjišťovanými parametry v odebraných vzorcích byla vodivost, koncentrace dusičnanů, konkrétně dusičnanového dusíku ( $\text{N-NO}_3^-$ ), obsah nerozpuštěných látek ( $\text{NL}_{105}$ ) a fosforečnany, konkrétně fosforečnanový fosfor ( $\text{P-PO}_4^{3-}$ ).

Ke stanovení vodivosti byly použity konduktometry WTW (MultiLab P5, P4 a 720).

Obsah nerozpuštěných látek ( $\text{NL}_{105}$ ) ve vzorcích byl stanoven filtrací odebraných vod přes WhatmanGF/C filtr o průměru 55 mm obsahující skleněná vlákna, která jsou schopná zachytit částice velké minimálně 1,2  $\mu\text{m}$ . Nerozpuštěné látky, které se zachytily na filtru, byly určeny jako sušina při sušení při teplotě 105  $^\circ\text{C}$ .

Hodnoty koncentrace dusičnanového dusíku ( $\text{N-NO}_3^-$ ) a fosforečnanového fosforu ( $\text{P-PO}_4^{3-}$ ) byly zjištěny pomocí spektrofotometrické detekce s využitím metody průtokové injekční analýzy. Tato metoda byla provedena v automatickém analyzátoru FIAstar MT 5000 a FIAstar MT 5012 Foss-Tecator.

### 3.3.3 Zpracování zjištěných dat

Data hodnot vodivosti a koncentrací dusičnanového dusíku ( $\text{N-NO}_3^-$ ), nerozpuštěných látek ( $\text{NL}_{105}$ ) a fosforečnanového fosforu ( $\text{P-PO}_4^{3-}$ ) v odebraných vzorcích z Paseckého, Bedřichovského a Váčkového potoka byla statisticky zpracována v programu Statistica CZ 12. V rámci základní popisné statistiky byl stanoven průměr, směrodatná chyba a rozsah neodlehých hodnot. Data byla následně porovnáována z hlediska časového vývoje a odlišností mezi jednotlivými uzávěry toků.

Pro porovnání odlišnosti obsahu zvolených parametrů mezi vodami horních a dolních uzávěrů toků Paseckého, Bedřichovského i Váčkového potoka byly použity Wilcoxonovy párové testy s hladinou významnosti  $p = 0,05$ .



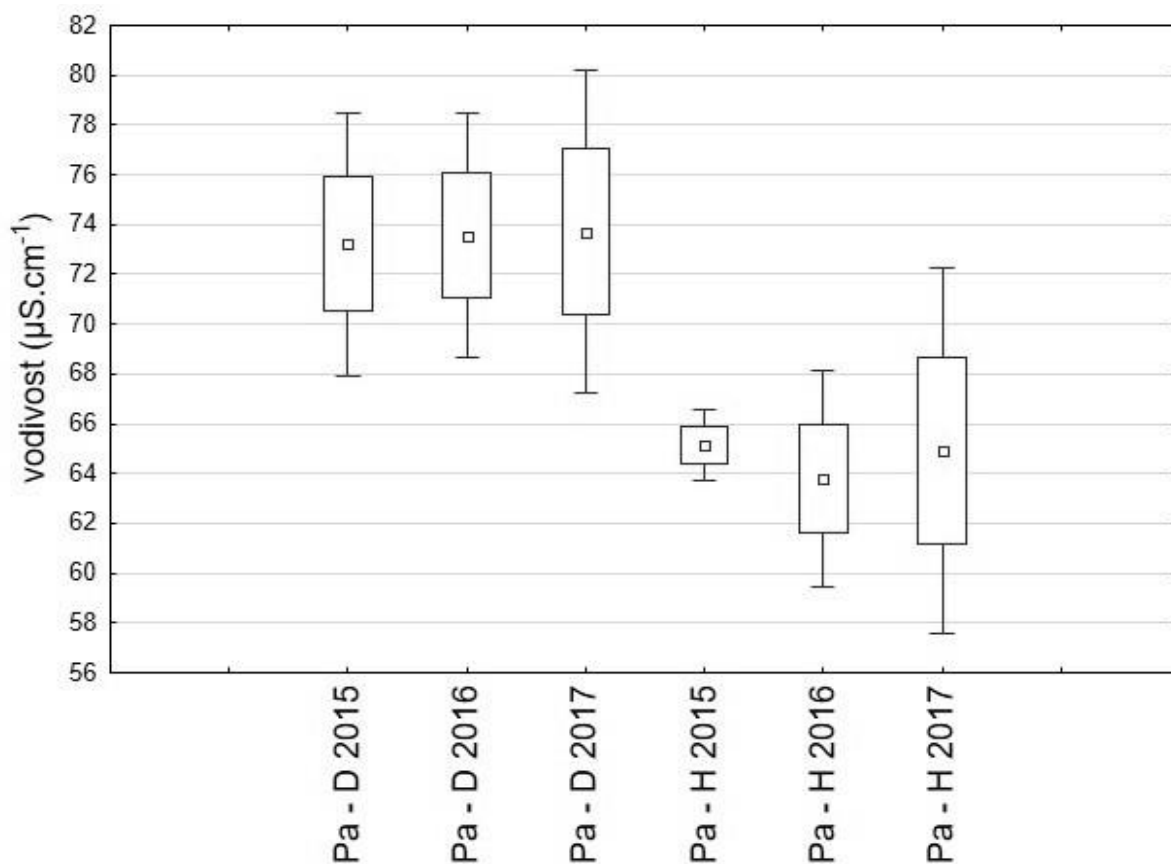
## 4. Výsledky

Pro zpracování diplomové práce byly vybrány a hodnoceny 4 parametry povrchových vod určující kvalitu vod, a to vodivost, obsah dusičnanů, nerozpuštěných látek (NL<sub>105</sub>) a obsahu fosforečnanů. Zpracovaná data jsou z období od listopadu 2014 do října 2017. V grafech jsou data uspořádána po jednotlivých hydrologických rocích trvajících vždy od 1. listopadu do 31. října.

### 4.1 Pasecký potok

#### Vodivost

Hodnoty vodivosti (obr. 5) během hydrologického roku 2015 se pohybovaly v rozmezí od 71,0  $\mu\text{S}\cdot\text{cm}^{-1}$  do 79,5  $\mu\text{S}\cdot\text{cm}^{-1}$  na dolním uzávěru Paseckého potoka a od 63,9  $\mu\text{S}\cdot\text{cm}^{-1}$  do 65,5  $\mu\text{S}\cdot\text{cm}^{-1}$  na horním uzávěru Paseckého potoka. V druhém hydrologickém roku (2016) se hodnoty pohybovaly od 70,3  $\mu\text{S}\cdot\text{cm}^{-1}$  do 76,5  $\mu\text{S}\cdot\text{cm}^{-1}$  na dolním uzávěru a od 58,5  $\mu\text{S}\cdot\text{cm}^{-1}$  do 66,9  $\mu\text{S}\cdot\text{cm}^{-1}$  na horním uzávěru. Během hydrologického roku 2017 se naměřené hodnoty dolního uzávěru Paseckého potoka pohybovaly od 66,1  $\mu\text{S}\cdot\text{cm}^{-1}$  do 79,0  $\mu\text{S}\cdot\text{cm}^{-1}$ , hodnoty horního uzávěru se pohybovaly od 55,4  $\mu\text{S}\cdot\text{cm}^{-1}$  do 72,1  $\mu\text{S}\cdot\text{cm}^{-1}$ . Na dolním uzávěru toku jsou hodnoty ve všech třech hydrologických obdobích poměrně vyrovnané, zatímco na horním uzávěru toku postupně stoupá rozkolísanost hodnot, tedy rozdíl nejvyšší a nejnižší naměřené hodnoty. Hodnoty vodivosti se vždy v daném roce mezi horním a dolním uzávěrem statisticky významně liší (Wilcoxonův párový test,  $p < 0.05$ ).

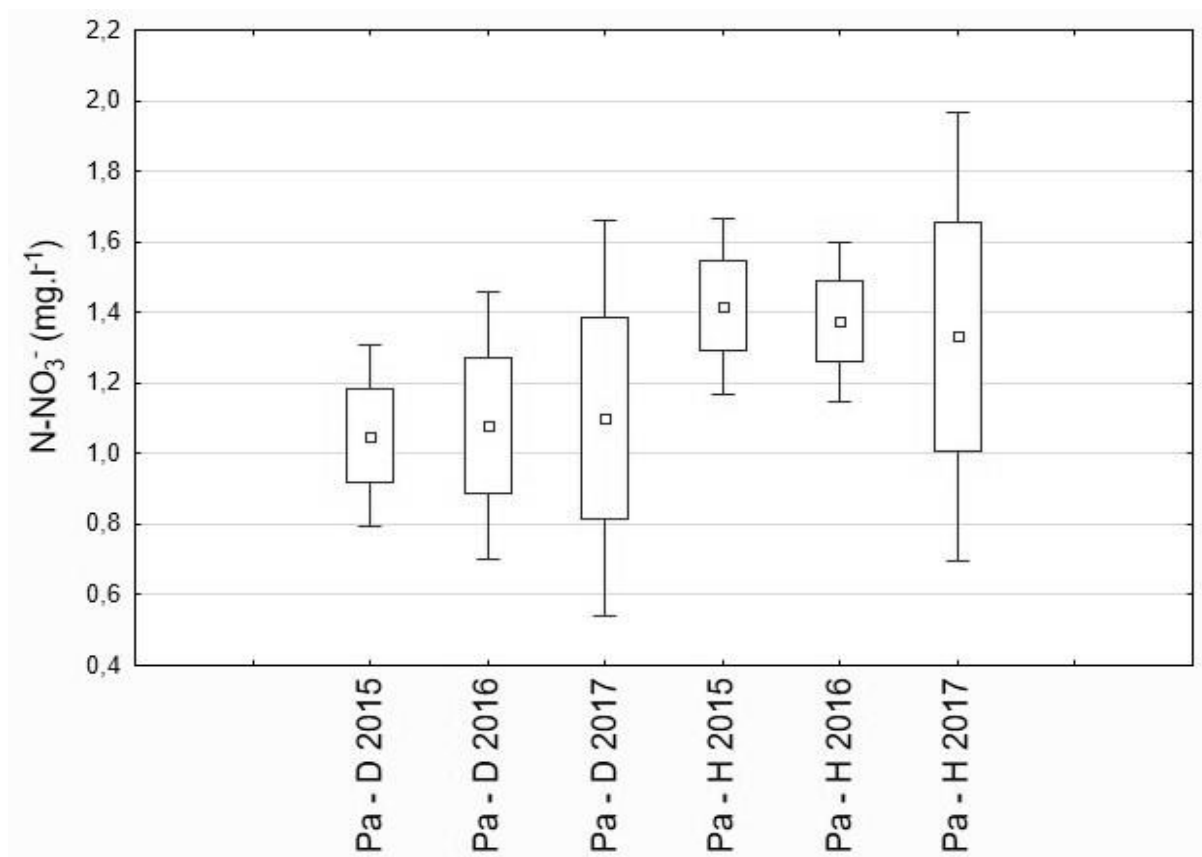


Obr. 5: Hodnoty vodivosti (průměr, směrodatná chyba, rozsah neodlehých hodnot) ve vodách Paseckého potoka odebíraných na dolním i horním uzávěru toku během hydrologických roků od listopadu 2014 do října 2017. Popis Pa – D nebo Pa – H označuje soubor dat z dolního nebo horního uzávěru Paseckého potoka s rokem převažujícím hydrologickým roce. Hodnoty se vždy v daném roce mezi horním a dolním uzávěrem statisticky významně liší (Wilcoxonův párový test,  $p < 0.05$ ).

### Dusičnanový dusík

Koncentrace dusičnanového dusíku (obr. 6) pro Pasecký potok jsou v dolním a horním odběrovém místě odlišné. Naměřené hodnoty se v dolním uzávěru během hydrologického roku 2015 pohybovaly od  $0,520 \text{ mg.l}^{-1}$  do  $1,576 \text{ mg.l}^{-1}$  a v horním uzávěru od  $1,165 \text{ mg.l}^{-1}$  do  $1,625 \text{ mg.l}^{-1}$ . V druhém hydrologickém roce (2016) se hodnoty N-NO<sub>3</sub> pohybovaly od  $0,851 \text{ mg.l}^{-1}$  do  $1,484 \text{ mg.l}^{-1}$  na dolním uzávěru toku a od  $1,199 \text{ mg.l}^{-1}$  do  $1,558 \text{ mg.l}^{-1}$  na horním uzávěru toku. Během hydrologického roku 2017 byl zjištěn největší rozptyl naměřených hodnot. Na dolním uzávěru toku se hodnoty N-NO<sub>3</sub> pohybovaly od  $0,520 \text{ mg.l}^{-1}$  do  $1,576 \text{ mg.l}^{-1}$ , na horním uzávěru toku od  $0,839 \text{ mg.l}^{-1}$  do  $1,601 \text{ mg.l}^{-1}$ . Hodnoty naměřené na horním uzávěru toku během jednotlivých hydrologických roků jsou vždy vyšší než

na dolním uzávěru. Hodnoty se vždy v daném roce mezi horním a dolním uzávěrem statisticky významně liší (Wilcoxonův párový test,  $p < 0.05$ ).

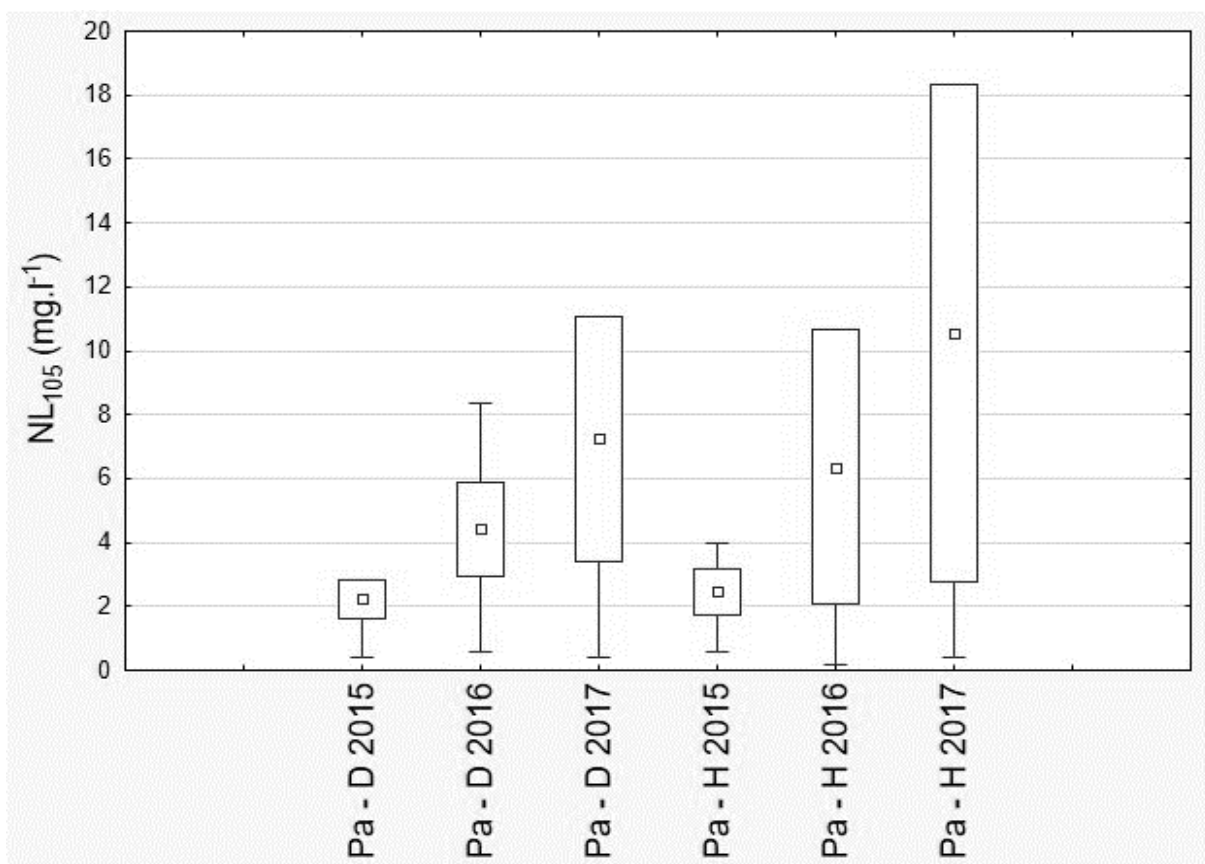


Obr. 6: Obsah  $N-NO_3^-$  (průměr, směrodatná chyba, rozsah neodlehých hodnot) ve vodách Paseckého potoka odebíraných na dolním i horním uzávěru toku během hydrologických roků od listopadu 2014 do října 2017. Popis Pa – D nebo Pa – H označuje soubor dat z dolního nebo horního uzávěru Paseckého potoka s rokem převažujícím v hydrologickém roce. Hodnoty se vždy v daném roce mezi horním a dolním uzávěrem statisticky významně liší (Wilcoxonův párový test,  $p < 0.05$ ).

### Nerozpuštěné látky

Obsah nerozpuštěných látek (obr. 7) na dolním uzávěru Paseckého potoka je vždy nižší než na horním uzávěru. V prvním hydrologickém roce (2015) byly naměřeny hodnoty od  $0,4 \text{ mg.l}^{-1}$  do  $4,8 \text{ mg.l}^{-1}$  na dolním uzávěru a od  $0,6 \text{ mg.l}^{-1}$  do  $6,0 \text{ mg.l}^{-1}$  na horním uzávěru toku. V druhém hydrologickém roce (2016) se hodnoty pohybovaly od  $0,6 \text{ mg.l}^{-1}$  do  $17,0 \text{ mg.l}^{-1}$  na dolním uzávěru a od  $0,2 \text{ mg.l}^{-1}$  do  $49,4 \text{ mg.l}^{-1}$  na horním uzávěru toku. Nejvyšší hodnoty byly naměřeny během hydrologického roku 2017, na dolním uzávěru toku od  $0,4 \text{ mg.l}^{-1}$  do  $48,4 \text{ mg.l}^{-1}$ , na horním uzávěru toku od  $0,4 \text{ mg.l}^{-1}$  do  $95,6 \text{ mg.l}^{-1}$ . Tyto vysoké hodnoty ( $48,4$

mg.l<sup>-1</sup> u Pa-D 2017, 49,4 mg.l<sup>-1</sup> u Pa-H 2016 a 95,6 mg.l<sup>-1</sup> u Pa-H 2017) jsou naměřeny pouze jednorázově. Obvyklá koncentrace nerozpuštěných látek se pohybuje od 0,2 mg.l<sup>-1</sup> do 11,2 mg.l<sup>-1</sup>. Znárodnění dat na obrázku X zobrazuje tendenci nárůstu koncentrace nerozpuštěných látek ve vodě. Hodnoty se vždy v daném roce mezi horním a dolním uzávěrem statisticky významně neliší (Wilcoxonův párový test,  $p > 0.05$ ).

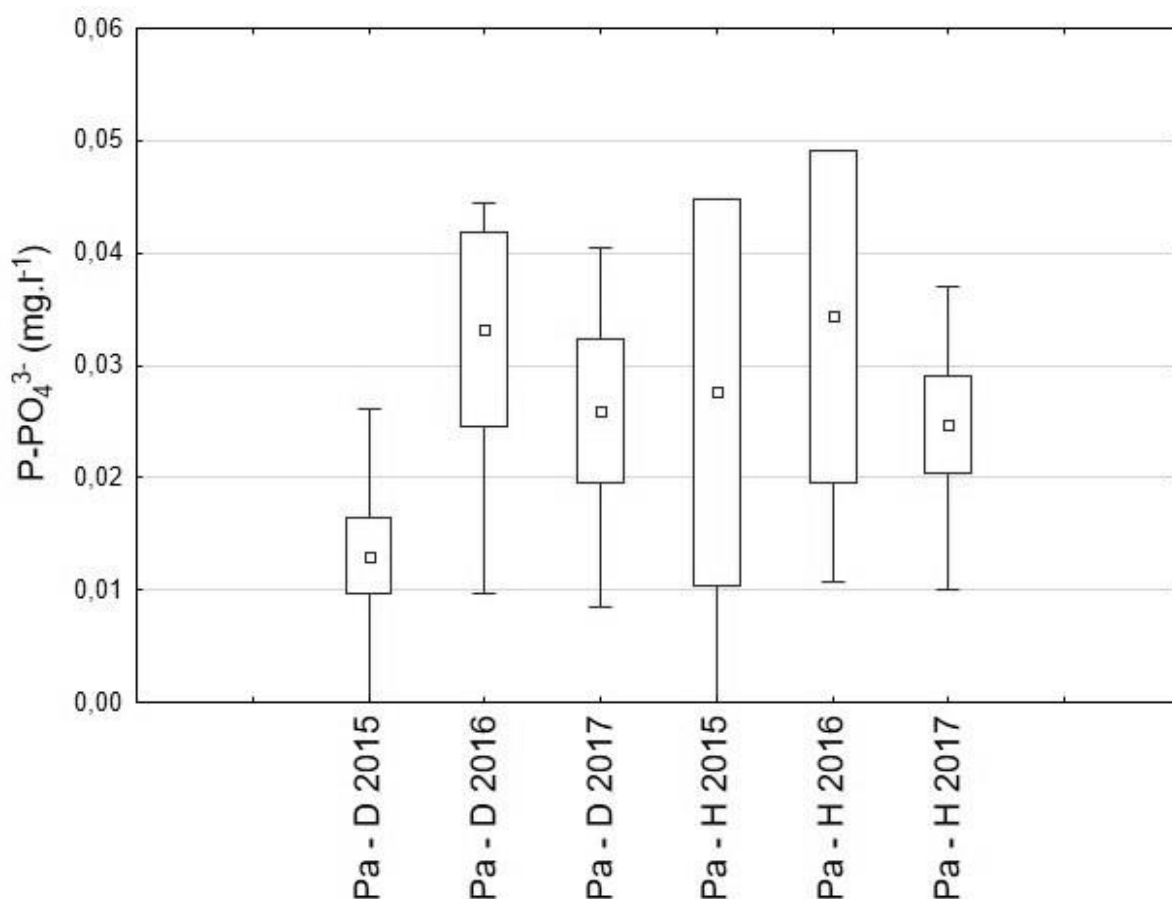


Obr. 7: Koncentrace nerozpuštěných látek (průměr, směrodatná chyba, rozsah neodlehých hodnot) ve vodách Paseckého potoka odebíraných na dolním i horním uzávěru toku během hydrologických roků od listopadu 2014 do října 2017. Popis Pa – D nebo Pa – H označuje soubor dat z dolního nebo horního uzávěru Paseckého potoka s rokem převažujícím v hydrologickém roce. Hodnoty se vždy v daném roce mezi horním a dolním uzávěrem statisticky významně neliší (Wilcoxonův párový test,  $p > 0.05$ ).

### Fosforečnanový fosfor

V prvním zkoumaném hydrologickém roce (2015) byly hodnoty P-PO<sub>4</sub><sup>3-</sup> poměrně nízké, pohybovaly se od 0,004 mg.l<sup>-1</sup> do 0,026 mg.l<sup>-1</sup> na dolním uzávěru toku a od 0,001 mg.l<sup>-1</sup> do 0,018 mg.l<sup>-1</sup> na horním uzávěru toku. V měsíci duben roku 2015 byla na horním uzávěru toku naměřena extrémní hodnota 0,146 mg.l<sup>-1</sup>,

kteřá ovlivňuje konečný výkres grafu statistiky. Z grafu (obr. 8) je evidentní nárůst koncentrace fosforečnanového fosforu v hydrologickém roce 2016. Koncentrace dolního uzávěru toku se v tomto hydrologickém roce pohybovaly od 0,009 mg.l<sup>-1</sup> do 0,113 mg.l<sup>-1</sup>, koncentrace P-PO<sub>4</sub><sup>3-</sup> horního uzávěru roku byly od 0,001 do 0,180 mg.l<sup>-1</sup>. Během hydrologického roku 2017 došlo k mírnému poklesu koncentrace P-PO<sub>4</sub><sup>3-</sup> ve vodách. Hodnoty se pohybovaly od 0,008 mg.l<sup>-1</sup> do 0,088 mg.l<sup>-1</sup> na dolním uzávěru toku a od 0,009 mg.l<sup>-1</sup> do 0,064 mg.l<sup>-1</sup> na horním uzávěru. Obsah fosforečnanového fosforu ve vodě byl mezi jednotlivými roky poměrně nevyvážený, ovšem hodnoty se vždy v daném roce mezi horním a dolním uzávěrem statisticky významně neliší (Wilcoxonův párový test, p>0.05).

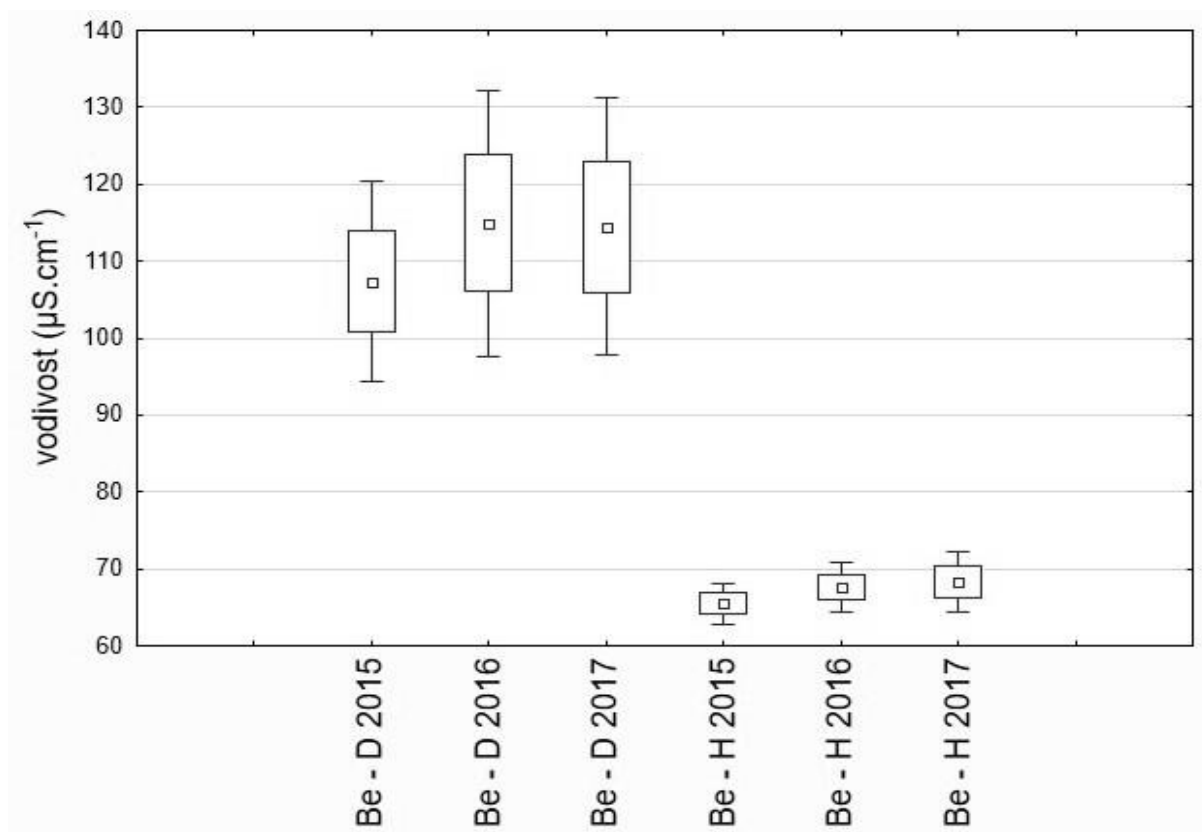


Obr. 8: Koncentrace fosforečnanového fosforu (průměr, směrodatná chyba, rozsah neodlehklých hodnot) ve vodách Paseckého potoka odebíraných na dolním i horním uzávěru toku během hydrologických roků od listopadu 2014 do října 2017. Popis Pa – D nebo Pa – H označuje soubor dat z dolního nebo horního uzávěru Paseckého potoka s rokem převažujícím v hydrologickém roce. Hodnoty se vždy v daném roce mezi horním a dolním uzávěrem statisticky významně neliší (Wilcoxonův párový test, p>0.05).

## 4.2 Bedřichovský potok

### Vodivost

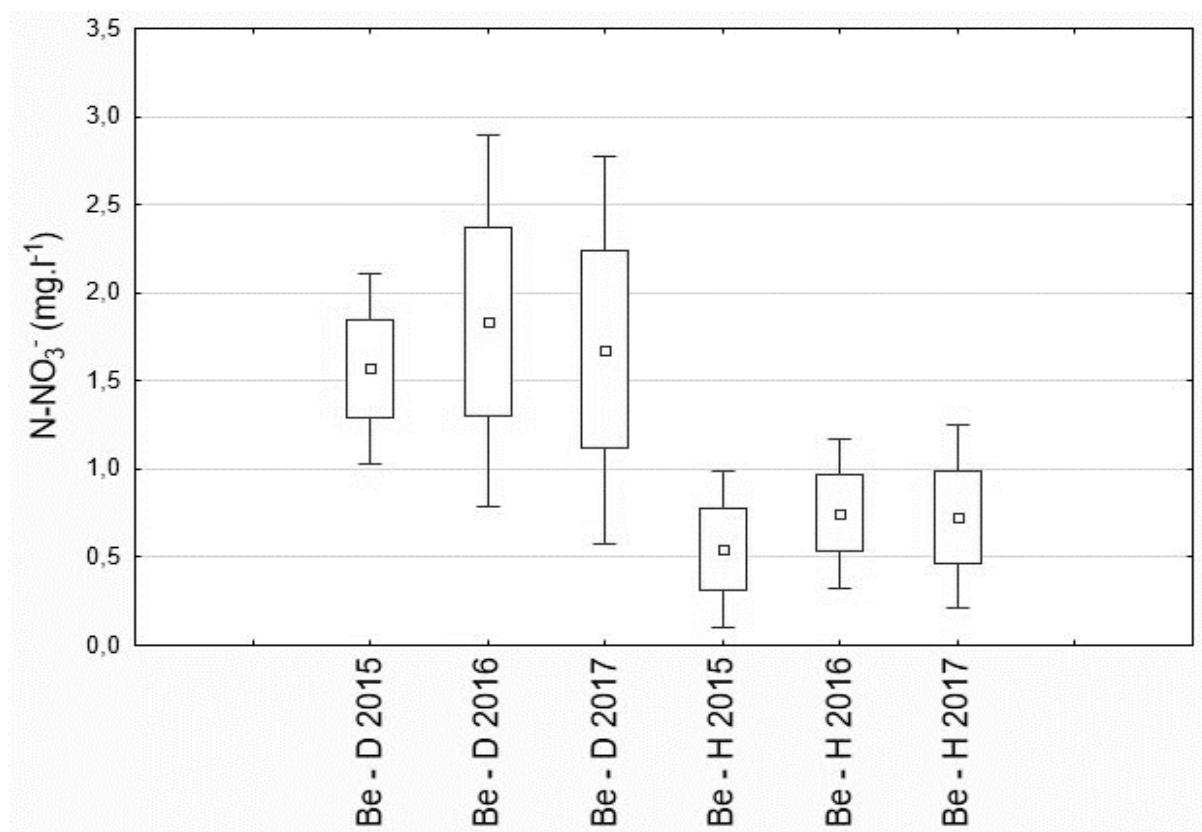
Rozdíly v hodnotách vodivosti jsou mezi dolním a horním uzávěrem Bedřichovského potoka poměrně výrazné (obr. 9). Během hydrologického roku 2015 se hodnoty vodivosti na dolním uzávěru pohybovaly od  $99,9 \mu\text{S}\cdot\text{cm}^{-1}$  do  $115,9 \mu\text{S}\cdot\text{cm}^{-1}$ , na horním uzávěru pak od  $63,7 \mu\text{S}\cdot\text{cm}^{-1}$  do  $68,1 \mu\text{S}\cdot\text{cm}^{-1}$ . Vodivost během hydrologického roku 2016 mírně stoupla. Naměřené hodnoty na dolním uzávěru byly od  $100,8 \mu\text{S}\cdot\text{cm}^{-1}$  do  $135,3 \mu\text{S}\cdot\text{cm}^{-1}$ , na horním uzávěru od  $63,8 \mu\text{S}\cdot\text{cm}^{-1}$  do  $70,5 \mu\text{S}\cdot\text{cm}^{-1}$ . Během třetího hydrologického roku (2017) se hodnoty vodivosti dolního uzávěru pohybovaly od  $99,3 \mu\text{S}\cdot\text{cm}^{-1}$  do  $127,4 \mu\text{S}\cdot\text{cm}^{-1}$  a na horním uzávěru od  $63,2 \mu\text{S}\cdot\text{cm}^{-1}$  do  $71,0 \mu\text{S}\cdot\text{cm}^{-1}$ . Hodnoty se vždy v daném roce mezi horním a dolním uzávěrem statisticky významně liší (Wilcoxonův párový test,  $p < 0.05$ ).



Obr. 9: Hodnoty vodivosti (průměr, směrodatná chyba, rozsah neodlehých hodnot) ve vodách Bedřichovského potoka odebíraných na dolním i horním uzávěru toku během hydrologických roků od listopadu 2014 do října 2017. Popis Pa – D nebo Pa – H označuje soubor dat z dolního nebo horního uzávěru Bedřichovského potoka s rokem převažujícím hydrologickým roce. Hodnoty se vždy v daném roce mezi horním a dolním uzávěrem statisticky významně liší (Wilcoxonův párový test,  $p < 0.05$ ).

## Dusičnanový dusík

Na obrázku 10 můžeme pozorovat velmi patrné rozdíly mezi horním a dolním uzávěrem Bedřichovského potoka. Průměry hodnot  $N-NO_3^-$  jsou vždy vyšší na dolním uzávěru toku, který se nachází v části povodí s ornou půdou. Hodnoty se zde během hydrologického roku 2015 pohybovaly od  $1,315 \text{ mg.l}^{-1}$  do  $1,978 \text{ mg.l}^{-1}$ . Na horním uzávěru toky byly naměřeny hodnoty od  $0,065 \text{ mg.l}^{-1}$  do  $0,869 \text{ mg.l}^{-1}$ . Během hydrologického roku 2016 byly na dolním uzávěru naměřeny hodnoty od  $1,336 \text{ mg.l}^{-1}$  do  $2,79 \text{ mg.l}^{-1}$  a na horním uzávěru byly naměřeny hodnoty od  $0,53 \text{ mg.l}^{-1}$  do  $1,153 \text{ mg.l}^{-1}$ . Během třetího hydrologického roku (2017) se hodnoty pohybovaly od  $0,748 \text{ mg.l}^{-1}$  do  $2,556 \text{ mg.l}^{-1}$  na dolním uzávěru toku a od  $0,338 \text{ mg.l}^{-1}$  do  $1,198 \text{ mg.l}^{-1}$  na horním uzávěru toku. Hodnoty se vždy v daném roce mezi horním a dolním uzávěrem statisticky významně liší (Wilcoxonův párový test,  $p < 0.05$ ).

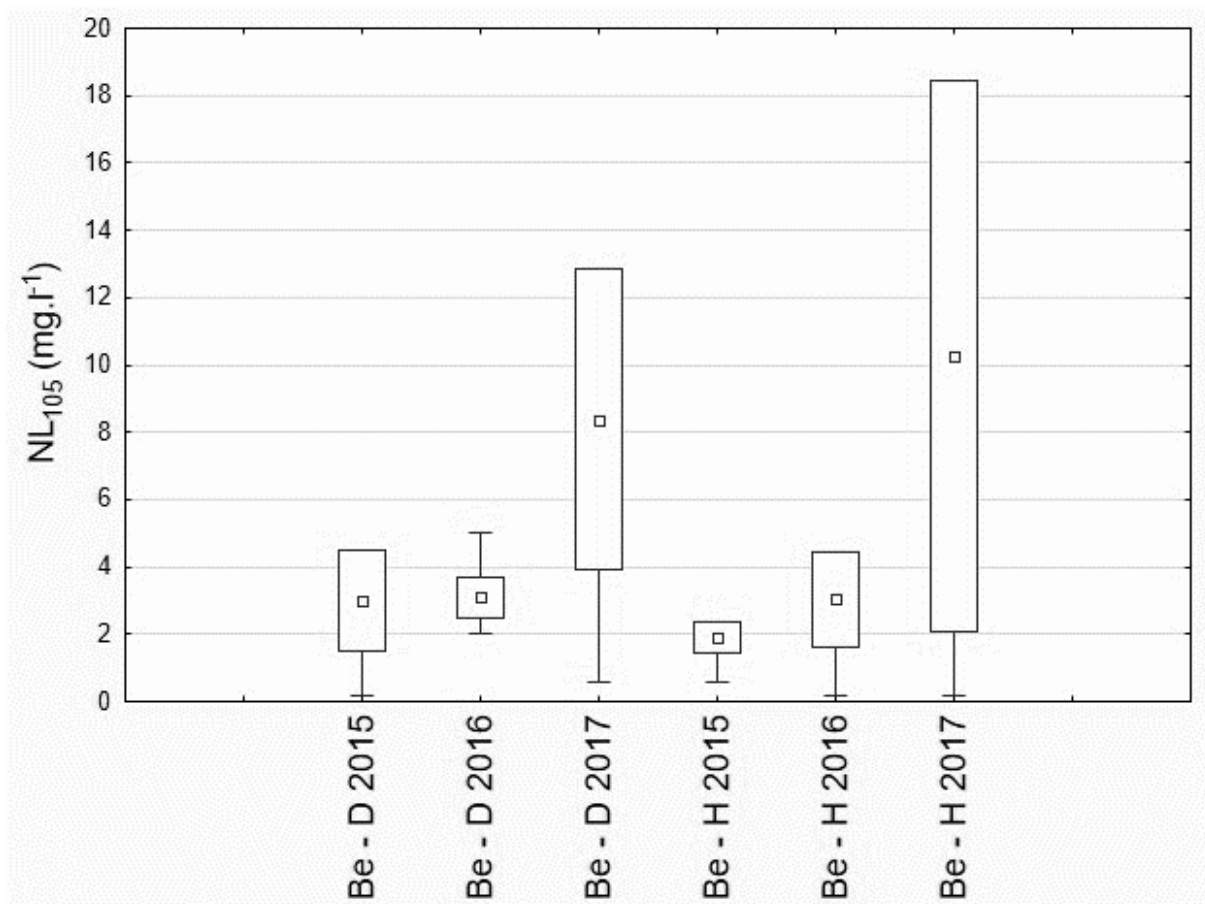


Obr. 10: Obsah  $N-NO_3^-$  (průměr, směrodatná chyba, rozsah neodlehých hodnot) ve vodách Bedřichovského potoka odebíraných na dolním i horním uzávěru toku během hydrologických roků od listopadu 2014 do října 2017. Popis Pa – D nebo Pa – H označuje soubor dat z dolního nebo horního uzávěru Bedřichovského potoka s rokem převažujícím v hydrologickém roce. Hodnoty se vždy v daném roce mezi horním a dolním uzávěrem statisticky významně liší (Wilcoxonův párový test,  $p < 0.05$ ).

## Nerozpuštěné látky

Na obrázku 11 můžeme pozorovat, že během prvního hydrologického roku (2015) se hodnoty koncentrace nerozpuštěných látek pohybovaly od 0,2 mg.l<sup>-1</sup> do 2,8 mg.l<sup>-1</sup> na dolním uzávěru toku a od 0,6 mg.l<sup>-1</sup> do 4,2 mg.l<sup>-1</sup> na horním uzávěru toku. Na horním uzávěru toku byla maximální hodnota NL<sub>105</sub> 13,3 mg.l<sup>-1</sup>, ale šlo pouze o jednorázový nárůst. Během hydrologického roku 2016 byly na dolním uzávěru toku naměřeny hodnoty od 0,4 mg.l<sup>-1</sup> do 6,2 mg.l<sup>-1</sup>, na horním uzávěru toku od 0,2 mg.l<sup>-1</sup> do 3,6 mg.l<sup>-1</sup>. Na horním uzávěru byl zjištěn jednorázový a krátkodobý nárůst koncentrace nerozpuštěných látek na 16,6 mg.l<sup>-1</sup>. Během třetího hydrologického roku (2017) se hodnoty koncentrace nerozpuštěných látek pohybovaly od 0,6 mg.l<sup>-1</sup> do 12,4 mg.l<sup>-1</sup> na dolním uzávěru toku a od 0,2 mg.l<sup>-1</sup> do 3,6 mg.l<sup>-1</sup> na horním uzávěru toku. V červenci 2017 byl naměřen jednorázový nárůst koncentrace NL<sub>105</sub> na 100 mg.l<sup>-1</sup> na horním uzávěru toku a na 56,2 mg.l<sup>-1</sup> na dolním uzávěru toku. Tyto krátkodobě zvýšené koncentrace nerozpuštěných látek v Bedřichovském potoce následně ovlivňují vykreslení statistických grafů na obrázku X. Hodnoty se vždy v daném roce mezi horním a dolním uzávěrem statisticky významně neliší (Wilcoxonův párový test, p>0.05).



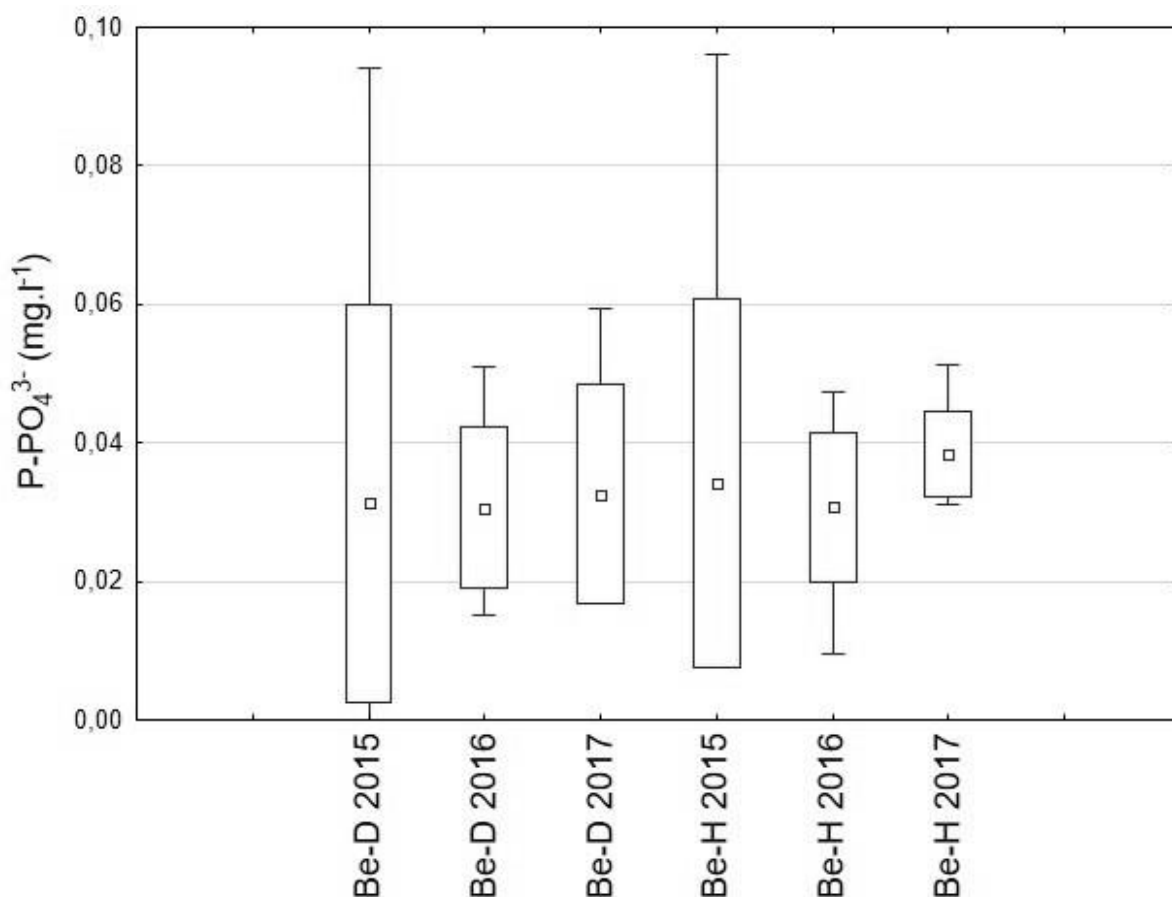


Obr. 11: Koncentrace nerozpuštěných látek (průměr, směrodatná chyba, rozsah neodlehých hodnot) ve vodách Bedřichovského potoka odebíraných na dolním i horním uzávěru toku během hydrologických roků od listopadu 2014 do října 2017. Popis Pa – D nebo Pa – H označuje soubor dat z dolního nebo horního uzávěru Bedřichovského potoka s rokem převažujícím v hydrologickém roce. Hodnoty se vždy v daném roce mezi horním a dolním uzávěrem statisticky významně neliší (Wilcoxonův párový test,  $p > 0.05$ ).

### Fosforečnanový fosfor

Hodnoty P-PO<sub>4</sub><sup>3-</sup> jsou poměrně vyvážené, jak můžeme vidět na obrázku 12. V prvním hydrologickém roce (2015) se hodnoty fosforečnanového fosforu pohybovaly od 0,014 mg.l<sup>-1</sup> do 0,094 mg.l<sup>-1</sup> na dolním uzávěru toku a od 0,008 mg.l<sup>-1</sup> do 0,096 mg.l<sup>-1</sup> na horním uzávěru toku. Během hydrologického roku 2015 byl zjištěn největší rozptyl naměřených hodnot. V druhém hydrologickém roce (2016) byly naměřeny hodnoty od 0,015 mg.l<sup>-1</sup> do 0,051 mg.l<sup>-1</sup> na dolním uzávěru toku a od 0,009 mg.l<sup>-1</sup> do 0,047 mg.l<sup>-1</sup> na horním uzávěru toku. Během hydrologického roku 2017 se na dolním uzávěru toku hodnoty fosforečnanového fosforu pohybovaly od 0,016 mg.l<sup>-1</sup> do 0,59 mg.l<sup>-1</sup> a na horním uzávěru toku se hodnoty pohybovaly

od  $0,031 \text{ mg.l}^{-1}$  do  $0,051 \text{ mg.l}^{-1}$ . Koncentrace fosforečnanového fosforu jsou na Bedřichovském potoce mnohem vyváženější než na Paseckém potoce. Hodnoty se vždy v daném roce mezi horním a dolním uzávěrem statisticky významně neliší (Wilcoxonův párový test,  $p > 0,05$ ).



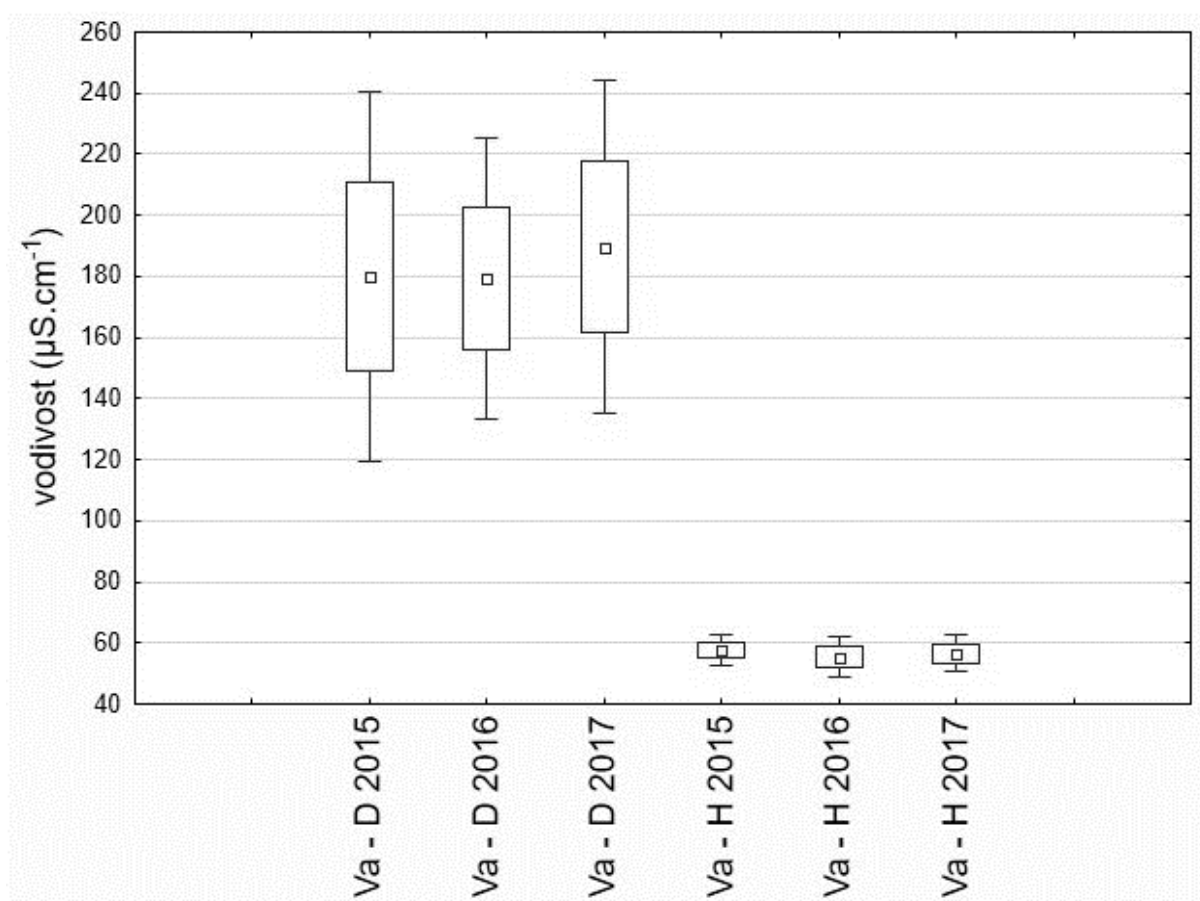
Obr. 12: Koncentrace fosforečnanového fosforu (průměr, směrodatná chyba, rozsah neodlehých hodnot) ve vodách Bedřichovského potoka odebíraných na dolním i horním uzávěru toku během hydrologických roků od listopadu 2014 do října 2017. Popis Pa – D nebo Pa – H označuje soubor dat z dolního nebo horního uzávěru Bedřichovského potoka s rokem převažujícím v hydrologickém roce. Hodnoty se vždy v daném roce mezi horním a dolním uzávěrem statisticky významně neliší (Wilcoxonův párový test,  $p > 0,05$ ).

### 4.3 Váčekový potok

#### Vodivost

Jak lze vidět na obrázku 13, vyšší hodnoty vodivosti byly naměřeny na dolním uzávěru Váčekového potoka během všech tří hydrologických roků. V prvním hydrologickém roce (2015) byly naměřeny hodnoty od  $132,9 \mu\text{S.cm}^{-1}$  do  $220,0$

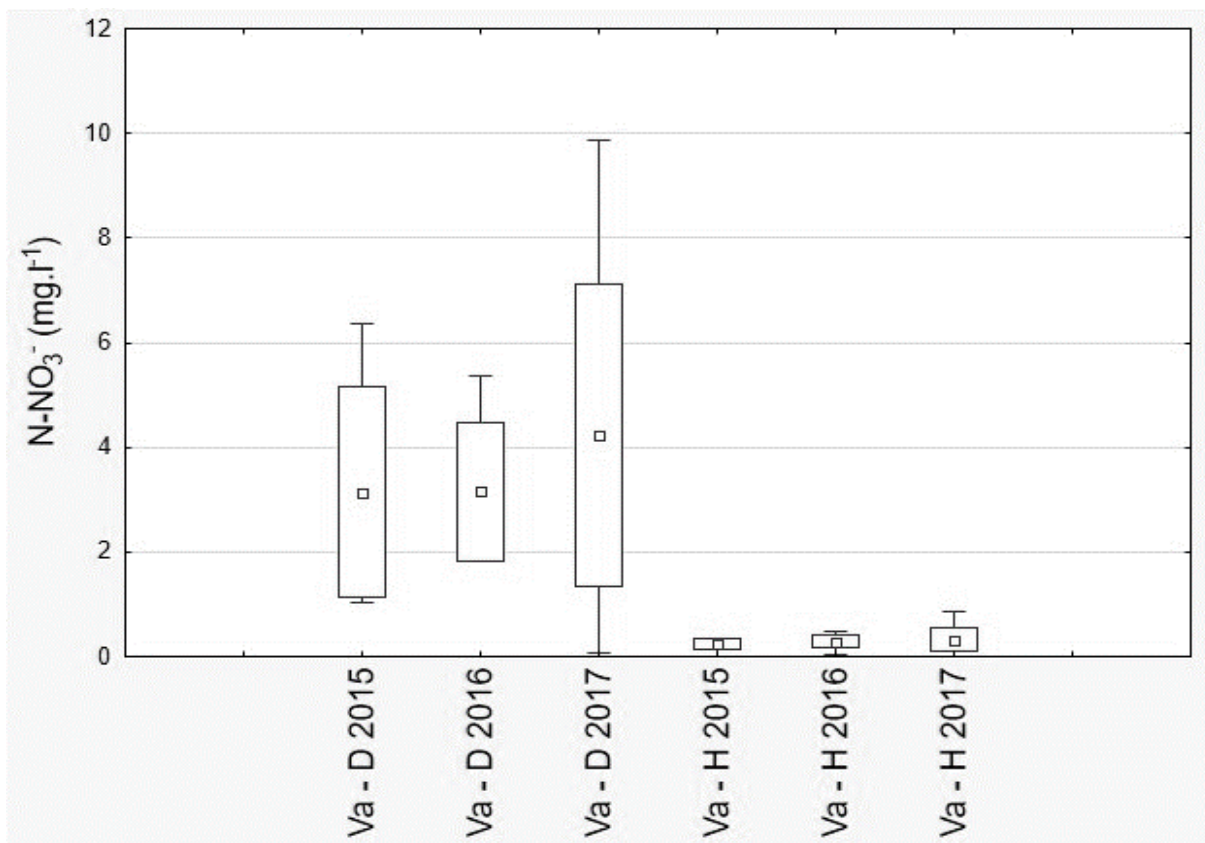
$\mu\text{S}\cdot\text{cm}^{-1}$  na dolním uzávěru toku a  $56,0 \mu\text{S}\cdot\text{cm}^{-1}$  do  $63,5 \mu\text{S}\cdot\text{cm}^{-1}$  na horním uzávěru toku. Během hydrologického roku 2016 se hodnoty vodivosti na dolním uzávěru Váčkového potoka pohybovaly od  $141,8 \mu\text{S}\cdot\text{cm}^{-1}$  do  $231,0 \mu\text{S}\cdot\text{cm}^{-1}$ , na horním uzávěru pak od  $46,8 \mu\text{S}\cdot\text{cm}^{-1}$  do  $60,0 \mu\text{S}\cdot\text{cm}^{-1}$ . Velké rozdíly byly zjištěny i během hydrologického roku 2017, kdy se naměřené hodnoty vodivosti pohybovaly od  $150,0 \mu\text{S}\cdot\text{cm}^{-1}$  do  $244 \mu\text{S}\cdot\text{cm}^{-1}$  na dolním uzávěru toku a od  $50,7 \mu\text{S}\cdot\text{cm}^{-1}$  do  $62,7 \mu\text{S}\cdot\text{cm}^{-1}$  na horním uzávěru toku. Vzhledem ke značným rozdílům mezi naměřenými hodnotami dolního a horního uzávěru Váčkového potoka lze konstatovat, že hodnoty se vždy v daném roce mezi horním a dolním uzávěrem statisticky významně liší (Wilcoxonův párový test,  $p < 0.05$ ).



Obr. 13: Hodnoty vodivosti (průměr, směrodatná chyba, rozsah neodlehých hodnot) ve vodách Váčkového potoka odebíraných na dolním i horním uzávěru toku během hydrologických roků od listopadu 2014 do října 2017. Popis Pa – D nebo Pa – H označuje soubor dat z dolního nebo horního uzávěru Váčkového potoka s rokem převažujícím hydrologickým roce. Hodnoty se vždy v daném roce mezi horním a dolním uzávěrem statisticky významně liší (Wilcoxonův párový test,  $p < 0.05$ ).

## Dusičnanový dusík

Jak můžeme vidět na obrázku 14, hodnoty dusičnanového dusíku naměřené na dolním uzávěru Váčkového potoka mají poměrně velký rozptyl, zatímco hodnoty naměřené na horním uzávěru mají rozptyl zcela minimální. Během prvního hydrologického roku (2015) se hodnoty N-NO<sub>3</sub> pohybovaly od 1,05 mg.l<sup>-1</sup> do 6,36 mg.l<sup>-1</sup> na dolním uzávěru toku a od 0,004 mg.l<sup>-1</sup> do 0,32 mg.l<sup>-1</sup> na horním uzávěru toku. Hodnoty dusičnanového dusíku naměřené během druhého hydrologického roku (2016) na dolním toku se pohybovaly od 1,84 mg.l<sup>-1</sup> do 5,35 mg.l<sup>-1</sup>, na horním toku pak od 0,041 mg.l<sup>-1</sup> do 0,41 mg.l<sup>-1</sup>. Během hydrologického roku 2017 byl na dolním i horním uzávěru toku zaznamenán největší rozptyl naměřených hodnot N-NO<sub>3</sub>. Hodnoty se pohybovaly od 0,058 mg.l<sup>-1</sup> do 9,87 mg.l<sup>-1</sup> na dolním uzávěru toku a od 0,97 mg.l<sup>-1</sup> do 0,86 mg.l<sup>-1</sup> na horním uzávěru toku. Hodnoty se vždy v daném roce mezi horním a dolním uzávěrem statisticky významně liší (Wilcoxonův párový test,  $p < 0.05$ ).

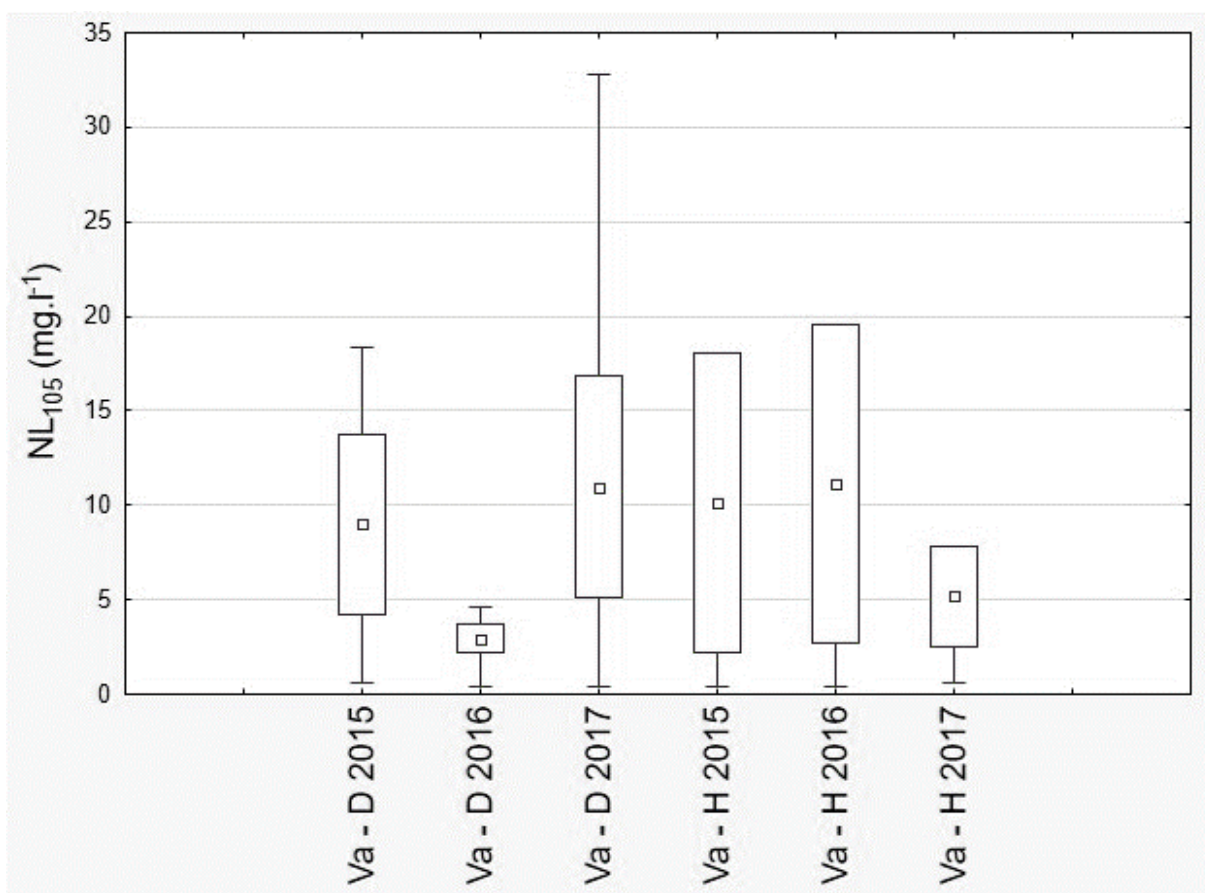


Obr. 14: Obsah  $N-NO_3^-$  (průměr, směrodatná chyba, rozsah neodlehých hodnot) ve vodách Váčkového potoka odebíraných na dolním i horním uzávěru toku během hydrologických roků od listopadu 2014 do října 2017. Popis Pa – D nebo Pa – H označuje soubor dat z dolního nebo horního uzávěru Váčkového potoka s rokem převažujícím v hydrologickém roce. Hodnoty se vždy v daném roce mezi horním a dolním uzávěrem statisticky významně liší (Wilcoxonův párový test,  $p < 0.05$ ).

### Nerozpuštěné látky

Na obrázku 15 můžeme vidět, že hodnoty horních a dolních uzávěrů Váčkového potoka jsou během jednotlivých hydrologických roků poměrně rozkolísané. Hodnoty  $NL_{105}$  se během prvního hydrologického roku (2015) pohybovaly na dolním uzávěru toku od  $0,6 \text{ mg.l}^{-1}$  do  $18,4 \text{ mg.l}^{-1}$  a na horním uzávěru toku od  $0,4 \text{ mg.l}^{-1}$  do  $5,4 \text{ mg.l}^{-1}$ . Během července 2015 byly naměřeny dvě neobvykle vysoké hodnoty a to  $39,0 \text{ mg.l}^{-1}$  na dolním uzávěru toku a  $49,6 \text{ mg.l}^{-1}$  na horním uzávěru toku. Tyto hodnoty se objevily pouze jednorázově. Během hydrologického roku 2016 se hodnoty nerozpuštěných látek pohybovaly od  $0,4 \text{ mg.l}^{-1}$  do  $8,0 \text{ mg.l}^{-1}$  na dolním uzávěru toku a od  $0,4 \text{ mg.l}^{-1}$  do  $5,6 \text{ mg.l}^{-1}$  na horním uzávěru toku. Na horním uzávěru byla opět naměřena neobvykle vysoká koncentrace  $NL_{105}$  během září 2016 a

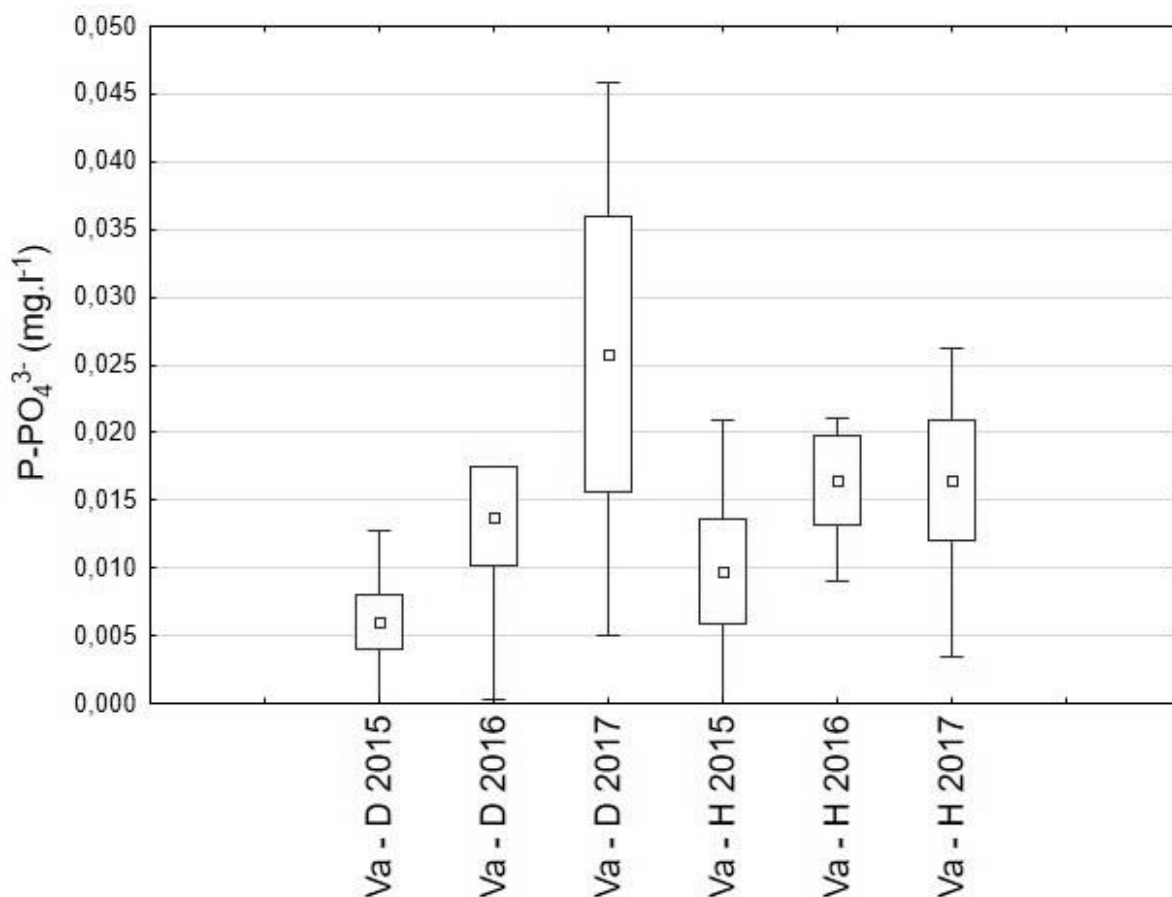
to 95,3 mg.l<sup>-1</sup>, šlo ovšem pouze o jednorázové navýšení hodnot. Během třetího hydrologického roku (2017) byly naměřeny hodnoty koncentrace nerozpuštěných látek na dolním uzávěru od 0,4 mg.l<sup>-1</sup> do 69,6 mg.l<sup>-1</sup> a na horním uzávěru od 0,6 mg.l<sup>-1</sup> do 30,4 mg.l<sup>-1</sup>. I během hydrologického roku 2017 byly naměřeny vyšší hodnoty koncentrace NL<sub>105</sub>, ale na rozdíl od předchozích hydrologických roků, tyto hodnoty postupně klesaly a nejednalo se tak o jednorázové zvýšení. Hodnoty se vždy v daném roce mezi horním a dolním uzávěrem statisticky významně neliší (Wilcoxonův párový test, p>0.05).



Obr. 15: Koncentrace nerozpuštěných látek (průměr, směrodatná chyba, rozsah neodlehých hodnot) ve vodách Váčkového potoka odebíraných na dolním i horním uzávěru toku během hydrologických roků od listopadu 2014 do října 2017. Popis Pa – D nebo Pa – H označuje soubor dat z dolního nebo horního uzávěru Váčkového potoka s rokem převažujícím v hydrologickém roce. Hodnoty se vždy v daném roce mezi horním a dolním uzávěrem statisticky významně neliší (Wilcoxonův párový test, p>0.05).

## Fosforečnanový fosfor

Hodnoty P-PO<sub>4</sub><sup>3-</sup> (obr. 16) se na dolním uzávěru toku během hydrologického roku 2015 pohybovaly od 0,0015 mg.l<sup>-1</sup> do 0,0148 mg.l<sup>-1</sup> a na horním uzávěru od 0,0038 mg.l<sup>-1</sup> do 0,0259 mg.l<sup>-1</sup>. Během druhého hydrologického roku byly naměřeny hodnoty koncentrace fosforečnanového fosforu od 0,0002 mg.l<sup>-1</sup> do 0,379 mg.l<sup>-1</sup> na dolním uzávěru a od 0,0027 mg.l<sup>-1</sup> do 0,0362 mg.l<sup>-1</sup> na horním uzávěru toku. Během hydrologického roku 2017 se hodnoty koncentrace P-PO<sub>4</sub><sup>3-</sup> na dolním uzávěru toku pohybovaly od 0,005 mg.l<sup>-1</sup> do 0,0458 mg.l<sup>-1</sup>, na horním uzávěru toku od 0,0034 mg.l<sup>-1</sup> do 0,0262 mg.l<sup>-1</sup>. Na dolním uzávěru byla během března 2017 naměřena neobvykle vysoká hodnota koncentrace P-PO<sub>4</sub><sup>3-</sup> a to 0,1303 mg.l<sup>-1</sup>. Tato krátkodobě zvýšená koncentrace fosforečnanového fosforu ve Váčkovém potoce následně ovlivnila vykreslení statistických grafů na obrázku č. X. Hodnoty se vždy v daném roce mezi horním a dolním uzávěrem statisticky významně neliší (Wilcoxonův párový test, p>0.05).



Obr. 16: Koncentrace fosforečnanového fosforu (průměr, směrodatná chyba, rozsah neodlehých hodnot) ve vodách Váčkového potoka odebíraných na dolním i horním uzávěru toku během hydrologických roků od listopadu 2014 do října 2017. Popis Pa – D nebo Pa – H označuje soubor dat z dolního nebo horního uzávěru Váčkového potoka s rokem převažujícím v hydrologickém roce. Hodnoty se vždy v daném roce mezi horním a dolním uzávěrem statisticky významně neliší (Wilcoxonův párový test,  $p > 0.05$ ).

## 5. Diskuze

### 5.1 Vodivost

Vodivost je definována jako nepřímý parametr k vyjádření množství celkových rozpuštěných iontů ve vodách (Lewin a Szoszkiewicz, 2012). Hodnoty vodivosti naměřené na Paseckém, Bedřichovském a Váčkovém potoce se pohybovaly od  $46,8 \mu\text{S}\cdot\text{cm}^{-1}$  do  $244 \mu\text{S}\cdot\text{cm}^{-1}$ . Podle Pittera (2015) se obvyklé hodnoty vodivosti v povrchových vodách pohybují od  $50 \mu\text{S}\cdot\text{cm}^{-1}$  do  $500 \mu\text{S}\cdot\text{cm}^{-1}$ .



U Paseckého potoka je plocha subpovodí tvořena především lesy a travním porostem. Hodnoty vodivosti se zde během hydrologického roku 2017 pohybovaly od  $55,4 \mu\text{S}\cdot\text{cm}^{-1}$  (horní uzávěr) do  $79,0 \mu\text{S}\cdot\text{cm}^{-1}$  (dolní uzávěr). Procházka a kol. (2003, 2006) uvádí, že pro lesní povodí a málo zemědělsky obhospodařované plochy jsou typické nižší hodnoty vodivosti.

U Bedřichovského potoka byly naměřeny mírně vyšší hodnoty. Během hydrologického roku 2016 se hodnoty vodivosti pohybovaly od  $63,8 \mu\text{S}\cdot\text{cm}^{-1}$  (horní uzávěr) do  $135 \mu\text{S}\cdot\text{cm}^{-1}$  (dolní uzávěr). Tento již výraznější rozdíl hodnot vodivosti mezi horním a dolním uzávěrem může být způsoben zastoupením zemědělsky využívaných ploch v subpovodí Bedřichovského potoka. Část toku je vedena travními porosty, které ovšem obvykle nezvyšují hodnoty vodivosti v povrchových vodách, protože nepodléhají tak vysokému vlivu zemědělského zpracování, jako orná půda. Dle Kvítka a Tippla (2003) mohou luční ekosystémy ovlivňovat vodivost ve vodách spíše pozitivně, a to především díky poutání vody. Díky tomu následně nedochází k vyplavování živin z půdy a jejich úniku do povrchových vod. Orná půda zde tvoří asi jen jednu pětinu plochy subpovodí, ale již to může mít negativní vliv na znečištění povrchových vod odebíraných v dolním uzávěru toku. Horní uzávěr toku se nachází na okraji lesa, vodivost je zde tedy nižší.

Jak již bylo zmíněno, nejnižší naměřená hodnota vodivosti byla  $46,8 \mu\text{S}\cdot\text{cm}^{-1}$ , nejvyšší byla  $244 \mu\text{S}\cdot\text{cm}^{-1}$ . Obě tyto krajní hodnoty byly naměřeny na Váčkovém potoce během hydrologického roku 2017. Nižší hodnota na horním uzávěru toku, který se nachází v lesním ekosystému, vyšší hodnota vodivosti byla naměřena na dolním uzávěru toku, který se nachází na zemědělsky využívané ploše. Orná půda tvoří více než třetinu povodí Váčkového potoka, což může značně ovlivnit kvalitu vody, která jím protéká. Rozdíly mezi horním a dolním uzávěrem toku zde byly největší. Voda odebíraná na horním uzávěru toku protéká lesním ekosystémem. U takových vod by se měla hodnota vodivosti pohybovat od  $10 \mu\text{S}\cdot\text{cm}^{-1}$  do  $30 \mu\text{S}\cdot\text{cm}^{-1}$  (Ripl a kol., 1996). Vyšší naměřená hodnota vodivosti může být způsobena obsahem síranů ve vodě (Hruška a kol., 2006). Síraný se do vod mohou dostat spadem tzv. kyselého deště obsahující oxid siřičitý (Zapletal, 2006), nebo uvolněním z lesních půd (Hadaš, 2012). Lze tedy konstatovat, že naměřené hodnoty vodivosti na jednotlivých tocích a jejich horních a dolních uzávěrech jsou přímo úměrné rozloze ploch využívaných jako orná půda, tedy čím více orné půdy, tím vyšší hodnoty

vodivosti na dolních uzávěrech toků. Na vliv zemědělství poukazují i zjištěné statisticky významné rozdíly (na hladině významnosti  $p = 0,05$ ) mezi horními a dolními uzávěry toků během jednotlivých hydrologických roků. Zatímco u Paseckého potoka není žádná orná půda, u Váčkového potoka tvoří orná půda více než třetinu plochy povodí a dá se tedy očekávat, že výrazně ovlivní fyzikálně-chemické vlastnosti vod především na dolním uzávěru toku. Vodivost je popisována také jako ukazatel obsahu iontů ve vodách a ukazatel koncentrace rozpuštěných disociovaných látek (Horáková a kol., 1989). Na základě této definice lze konstatovat, že více než 4krát vyšší hodnoty vodivosti dokazují, že se ve vodě nachází vyšší množství disociovaných iontů a voda je tedy mírně znečištěná. Hodnoty vodivosti jsou ovšem mezi jednotlivými hydrologickými roky v podstatě stabilní a nedochází k výraznějšímu nárůstu.

## 5.2 Dusičnanový dusík

Dusičnany se do povrchových vod dostávají přirozeně z vod podzemních (Zalewski a kol., 2008). Dále také ze srážek, které vymývají z atmosféry oxidy dusíku, ve zvýšené míře při znečištění vzduchu především dopravou. Problémem je zemědělská činnost, při níž jsou v nadměrném množství používána hnojiva. Dle Kremsera a Schnuga (2002) není hnojivo jako takové do určitých koncentrací pro vodu přímým rizikem, důležitější jsou především silné nepřímé dopady hnojení na ekosystém vody. Na intenzivně zemědělsky obhospodařovaných plochách obvykle nepřesahuje koncentrace dusičnanů  $100 \text{ mg.l}^{-1}$  (Dukes a Evans, 2006). Ve sledovaných tocích byla zjištěna nejvyšší koncentrace  $9,87 \text{ mg.l}^{-1}$  a to na dolním uzávěru Váčkového potoka během hydrologického roku 2017. Dle nařízení vlády 401/2015 o ukazatelích a hodnotách přípustného znečištění povrchových vod a odpadních vod je povolený maximální roční průměr koncentrace dusičnanového dusíku v povrchových vodách  $5,4 \text{ mg.l}^{-1}$ . Maximální dosažený průměr byl na dolním uzávěru Váčkového potoka během hydrologického roku 2017, a to  $4,23 \text{ mg.l}^{-1}$ , vody sledovaných toků tedy splňují toto nařízení.

Na Paseckém potoce se hodnoty pohybovaly od  $0,52 \text{ mg.l}^{-1}$  na dolním uzávěru do  $1,82 \text{ mg.l}^{-1}$  na horním uzávěru. Hodnoty dusičnanového dusíku byly v průměru vyšší na horních uzávěrech toku, a to během všech tří sledovaných hydrologických roků. Byl zde dokonce zjištěn statisticky významný rozdíl

(Wilcoxonův párový test,  $p < 0.05$ ) mezi dolním a horním uzávěrem toku. Je neobvyklé, aby byly koncentrace dusičnanového dusíku na horním uzávěru toku vyšší než na dolním uzávěru, naměřené hodnoty jsou ovšem i tak oproti Bedřichovskému a Váčkovému potoku velmi nízké. Potok pramení v blízkosti zastavěných ploch, jejichž vlivem může být koncentrace dusičnanového dusíku vyšší. Nižší hodnoty na dolním uzávěru toku jsou způsobeny samočisticí schopností vody (Randall, 2001), která následně protéká loukami a lesním porostem. Dle Mládky a kol. (2006) jsou travní porosty velmi významné ochrany kvality povrchových vod díky zvyšování infiltrační schopnosti půdy a snížení vlivu vodní eroze.

Hodnoty dusičnanového dusíku se na Bedřichovském potoce pohybovaly od  $0,338 \text{ mg.l}^{-1}$  na horním uzávěru do  $2,79 \text{ mg.l}^{-1}$  na dolním uzávěru toku. Hodnoty  $\text{N-NO}_3^-$  byly vždy vyšší na dolním uzávěru toku během všech tří sledovaných hydrologických roků. I na Bedřichovském potoce byl zjištěn statisticky významný rozdíl mezi horním a dolním uzávěrem (Wilcoxonův párový test,  $p < 0.05$ ). Vyšší hodnoty na dolním uzávěru jsou způsobeny plochami orné půdy v subpovodí Bedřichovského potoka. Nejvyšší hodnoty dusičnanového dusíku byly naměřeny během hydrologického roku 2016, kdy se na orné půdě pěstovala pšenice (40 % plochy), kukuřice na siláž (40 % plochy) a triticales (20 % plochy). Lze předpokládat, že největší vliv na zvýšení koncentrací  $\text{N-NO}_3^-$  má pěstování kukuřice. Během hydrologického roku 2015 nebyla pěstována ani na jednom ze tří půdních bloků sledovaného subpovodí Bedřichovského potoka a naměřené koncentrace  $\text{N-NO}_3^-$  byly během hydrologického roku 2015 nejnižší. U kukuřice často dochází k vymývání látek z půdy při vyšších atmosférických srážkách, protože poskytuje malou ochranu půdě (Badalíková a Hrubý, 2006), což může být příčinou zvýšení koncentrací dusičnanového dusíku ve vodě, pokud je nízká odolnost půdy vůči atmosférickým srážkám a tání sněhu (Hůla a kol., 2010).

Na Váčkovém potoce byly naměřeny zásadně vyšší hodnoty koncentrace dusičnanového dusíku, než na Paseckém a Bedřichovském potoce. Hodnoty  $\text{N-NO}_3^-$  byly v některých měsících na dolním uzávěru Váčkového potoka až šestkrát vyšší než na Paseckém potoce, v jehož subpovodí se nenachází žádná orná půda. Hodnoty dusičnanového dusíku se pohybovaly od  $0,004 \text{ mg.l}^{-1}$  do  $9,873 \text{ mg.l}^{-1}$ . Rozdíly mezi horním a dolním uzávěrem Váčkového potoka v průběhu jednotlivých

hydrologických roků byly mnohem větší, než na Paseckém a Bedřichovském potoce. Horní uzávěr Váčkového potoka se nachází v lesním ekosystému, čemuž odpovídají i hodnoty  $\text{N-NO}_3^-$ , které nepřesáhly  $1 \text{ mg.l}^{-1}$ . Dolní uzávěr potoka se nachází na intenzivně zemědělsky obhospodařovaných plochách s minimem travních porostů. Dle Grünwalda (1999) jsou jedním z podstatných zdrojů dusičnanů antropogenního původu především splachy ze zemědělsky obdělávaných půd, které jsou hnojeny průmyslovými hnojivy. Stabilita dusíku v půdách je poměrně malá a podléhá mnoha biochemickým přeměnám, například nitrifikaci, případně denitrifikaci, biologické oxidaci a redukci (Pitter, 2009). Snadno tedy dochází k vyplavení dusičnanů z orné půdy do povrchových vod, především pokud není na orné půdě přítomen dostatečný rostlinný pokryv. V roce 2015 se na celé zemědělsky využívané ploše v povodí pěstovalo jako hlavní plodina tritikale, v roce 2016 pšenice a v roce 2017 kukuřice. Během hydrologického roku 2017 byly naměřeny nejvyšší hodnoty  $\text{N-NO}_3^-$  a zároveň docházelo k největšímu rozptylu hodnot. Stejně jako u Bedřichovského potoka, také u Váčkového potoka mělo velký vliv na koncentrace dusičnanového dusíku pěstování kukuřice, která neposkytuje dostatečný pokryv půdě, v důsledku čehož dochází ke splachu půdy při vyšších atmosférických srážkách. Dle Pokorného (2007) lze množství vyplaveného dusíku snížit nejen zajištěním co největšího vegetačního pokryvu, ale také úpravou agrotechnických zásahů, jako je úprava hnojení, především snížení dávek hnojiv a přechod na pomaleji působící hnojiva. Stenberg a kol. (1999) uvádí, že lze snížit ztráty dusíku vyplavením také díky využití meziplodin, které v době podzimu a mírné zimy dokáží zachytávat dusík z půdního profilu a chránit půdu před erozními činiteli. Mezi horními a dolními uzávěry toků byly zjištěny statisticky významné rozdíly (Wilcoxonův párový test,  $p < 0.05$ ), hodnoty koncentrace dusičnanového dusíku se ovšem mezi jednotlivými hydrologickými roky významně neliší a nedochází k jejich výraznějšímu nárůstu.

### 5.3 Nerozpuštěné látky

Nerozpuštěné látky jsou látky pevné, nebo koloidně suspendované (Doláková a Janýšková, 2012), které se vyskytují zcela přirozeně, ale i kvůli působení lidské činnosti (Heteša a Kočková, 1998). Zdroji nerozpuštěných látek jsou především erozní procesy v povodí a vypouštění odpadních vod do toků (Hydrologická ročenka ČR, 2013).

Na Paseckém potoce se hodnoty  $NL_{105}$  pohybovaly od  $0,02 \text{ mg.l}^{-1}$  do  $17,4 \text{ mg.l}^{-1}$ . Byly zde ale naměřeny i neobvykle vysoké odlehlé hodnoty (nevynesené v grafu) a to  $49,4 \text{ mg.l}^{-1}$  (Pa-H 2016)  $48,4 \text{ mg.l}^{-1}$  (Pa-D 2017) a  $95,6 \text{ mg.l}^{-1}$  (Pa-H 2017). V hydrologickém roce 2016 v měsíci září došlo k jednorázovému zvýšení množství nerozpuštěných látek ve vodách s následným odběrem vzorku na dolním uzávěru toku, kde byla zjištěna již zmíněná nejvyšší obvyklá hodnota  $NL_{105}$ , tedy  $17,4 \text{ mg.l}^{-1}$ . V hydrologickém roce 2017 v měsíci červenec došlo opět k jednorázovému zvýšení hodnot nerozpuštěných látek ve vodách, kdy na horním uzávěru byla zjištěna hodnota  $95,6 \text{ mg.l}^{-1}$  a na dolním uzávěru  $48,4 \text{ mg.l}^{-1}$ . Vzhledem k vlivu na hodnoty  $NL_{105}$  na dolních uzávěrech toku je možné vyloučit zvýšení koncentrace nerozpuštěných látek špatným odběrem vzorků. Vyšší hodnota  $NL_{105}$  mohla být způsobena kontaminací odpadních látek ze zastavěných ploch v blízkosti toku či smyvu půdního povrchu během prudkých dešťů, čemuž by odpovídaly i měsíce, během kterých k navýšení došlo. Dle Adámka a kol. (2008) mohou způsobit krátkodobé znečištění i stavební práce a úpravy toku, či provedení holoseče a těžba dřeva.

Na Bedřichovském potoce se hodnoty nerozpuštěných látek pohybovaly od  $0,2 \text{ mg.l}^{-1}$  do  $13,33 \text{ mg.l}^{-1}$ . I na Bedřichovském potoce byly naměřeny dvě neobvyklé hodnoty a to  $100 \text{ mg.l}^{-1}$  na horním uzávěru a  $56,25 \text{ mg.l}^{-1}$  na dolním uzávěru, obojí v červenci během hydrologického roku 2017. Opět došlo k jednorázovému zvýšení koncentrace  $NL_{105}$  na horním uzávěru toku, které mělo následně vliv na koncentrace  $NL_{105}$  i na dolním uzávěru toku. Vzhledem ke stejným okolnostem, jako u Paseckého potoka, tedy stejný měsíc, kdy došlo ke zvýšení hodnot a blízkosti zastavěných ploch lze konstatovat, že ke znečištění došlo ze stejných důvodů, tedy prudké atmosférické srážky a únik znečišťujících látek ze zastavěných i nezastavěných ploch. Horní uzávěr Bedřichovského potoka se navíc nachází v bezprostřední blízkosti zastavěné plochy, proto tam mohl být vliv na koncentraci nerozpuštěných látek vyšší než u Paseckého potoka.

Koncentrace nerozpuštěných látek na Váčkovém potoce se pohybovaly od  $0,4 \text{ mg.l}^{-1}$  na do  $18,4 \text{ mg.l}^{-1}$ . I na Váčkovém potoce byly zjištěny neobvykle vyšší hodnoty  $NL_{105}$  a to  $39,0 \text{ mg.l}^{-1}$  (Va-D 2015) a  $30,4 \text{ mg.l}^{-1}$  (Va-H 2017), které ovšem mohly být způsobeny pouze nesprávným odběrem vzorků. Další neobvyklá hodnota byla  $69,6 \text{ mg.l}^{-1}$  naměřená v listopadu během hydrologického roku 2017 na dolním

uzávěru toku. Vzhledem k postupnému poklesu této hodnoty na 32,8 mg.l<sup>-1</sup> v prosinci během hydrologického roku 2017 lze předpokládat, že vliv na koncentraci nerozpuštěných látek měla vliv především zemědělsky obdělávaná půda, na které se dolní uzávěr Váčkového potoka nachází. Bez zapojeného vegetačního pokryvu mohlo docházet k postupnému eroznímu smyvu z orné půdy. V září během hydrologického roku 2016 byla na horním uzávěru toku naměřena jednorázově zvýšená hodnota NL<sub>105</sub> 95,3 mg.l<sup>-1</sup>. Tato hodnota se téměř nepromítla do hodnot naměřených na dolním uzávěru toku. Jednou z příčin tak malého vlivu na dolní uzávěr mohla být kumulace nerozpuštěných látek v rozšíření toku do mokřadu a usazení na dně tohoto mokřadu.

Hodnoty koncentrací nerozpuštěných látek se od sebe mezi horními a dolními uzávěry během jednotlivých hydrologických roků statisticky významně nelišily (Wilcoxonův párový test,  $p > 0.05$ ). Pozornost by ovšem měla být věnována nárůstu koncentrací během jednotlivých hydrologických roků na Paseckém a Bedřichovském potoce.

#### **5.4 Fosforečnanový fosfor**

Fosfor se do povrchových vod dostává přirozeně rozpouštěním některých minerálů, jako je apatit nebo variscid a zvětráváním hornin (Grünwald, 1999). Antropogenním zdrojem jsou především organická a fosforečná hnojiva. Kromě přímého vlivu fosforu ve vodách, jako je způsobení eutrofizace společně s dusíkem, má přehnaně velká aplikace fosforečných hnojiv i další rizika. Sharpley a kol. (2003) uvádí, že přehnojená půda ztrácí schopnost zadržovat fosfáty. Fosforečná hnojiva také zatěžují půdu nežádoucími prvky, především těžkými kovy, jako je kadmium, stroncium či fluor (Beneš, 1994).

Hodnoty fosforečnanového fosforu se na Paseckém potoce pohybovaly od nulových hodnot (horní i dolní uzávěr v hydrologickém roce 2015) do 0,18 mg.l<sup>-1</sup> (horní uzávěr v hydrologickém roce 2016). Dle Pittera (2009) se obvykle hodnoty fosforečnanů v povrchových vodách pohybují pod 1.0 mg.l<sup>-1</sup>, což odebrané vzorky Paseckého potoka splňují. Jen výjimečně překročily hodnoty naměřené na Paseckém potoce 0,01 mg.l<sup>-1</sup>. Nízká koncentrace fosforečnanového fosforu ve vodách Paseckého potoka je způsobena především lesním pokryvem většiny ploch subpovodí toku a minimálním zemědělským využitím.

Na Bedřichovském potoce se hodnoty  $P-PO_4^{3-}$  pohybovaly od nulových hodnot (dolní uzávěr v hydrologickém roce 2015) do  $0,096 \text{ mg.l}^{-1}$  (horní uzávěr v hydrologickém roce 2015). Na Bedřichovském potoce byly naměřeny v průměru nejvyšší hodnoty fosforečnanového fosforu, mezi všemi toky, rozdíly mezi nimi jsou ovšem minimální. Trochu vyšší hodnoty koncentrace  $P-PO_4^{3-}$  mohou být způsobeny větším zastoupením orné půdy v subpovodí Bedřichovského potoka, v důsledku čehož se může fosfor vyplavovat z půdy během spadu atmosférických srážek, či tání sněhu (Hůla a kol., 2010).

Na Váčkovém potoce byly naměřené hodnoty koncentrace fosforečnanového fosforu nejmenší. Pohybovaly se zde od nulových hodnot (horní a dolní uzávěr v hydrologickém roce 2015) do  $0,045 \text{ mg.l}^{-1}$ . Byla zde naměřena i neobvykle vysoká hodnota  $0,13 \text{ mg.l}^{-1}$  (dolní uzávěr v hydrologickém roce 2017), která mohla být způsobena mechanickým působením na dno toku a uvolněním fosforečnanů ze sedimentu. Kumulace fosforu do sedimentu na dnech toků je jednou z příčin tak nízkých koncentrací  $P-PO_4^{3-}$  ve vodách toku který protéká největší zemědělsky využívanou plochou ve sledovaných subpovodích. Na toku se nachází rozšíření, kde se sníží proud vody a mohou zde vznikat sedimenty kumulující přebytek fosforečnanů obsažených ve vodě. Dále se na toku nachází mokřad, kde také mohou vznikat sedimenty zadržující fosforečnany, ale především je zde vyšší biologická aktivita, kdy rostliny spotřebovávají fosfor z vody a snižují tak jeho koncentraci, což potvrzuje i Pitter (2009).

Mezi uzávěry toků nebyly zjištěny statisticky významné rozdíly (Wilcoxonův párový test,  $p > 0,05$ ). Hodnoty koncentrací fosforečnanového fosforu jsou mezi jednotlivými hydrologickými roky poměrně stabilní bez tendence nárůstu. Dle nařízení vlády č. 401/2015 sb. je maximální přípustný roční průměr celkového fosforu  $0,15 \text{ mg.l}^{-1}$ , což sledované toky splňují.

## 6. Závěr

Chemické složení povrchových vod je velmi rozmanité. Jejich samočistící schopnost je zásadní proces, který je nutný nadále zkoumat a zabránit jeho narušení nevratným nadměrným znečištěním vod.

Základem diplomové práce bylo porovnat v průběhu času vybrané toky, jejich rozdíly z hlediska čistoty vody na horních a dolních uzávěrových profilech a využití krajiny v jejich povodí. Odběrová místa byla zvolena tak, aby bylo možné co nejlépe rozpoznat rozdíly mezi krajinou převážně lesní, tedy méně využívanou a krajinou s vyšším zastoupením zemědělské činnosti. Zjištěné chemicko-fyzikální parametry vody potvrzují předpoklad práce, že způsob hospodaření v krajině, včetně vegetačního pokryvu, jsou zásadními faktory ovlivňující povrchový odtok a následné znečištění povrchových vod. Zásadní znečištění povrchových vod vzniká právě erozním splachem půdy a živin ze zemědělsky využívaných ploch, které nejsou chráněny vegetací a výluhem živin z orné půdy, na kterou jsou aplikována hnojiva v příliš vysokých dávkách, nebo jsou aplikována v nevhodném termínu.

Na základě výsledků lze konstatovat, že míra znečištění vod ve sledovaných tocích byla přímo úměrná zastoupení orné půdy v jejich povodích. Největší vliv zemědělské činnosti lze sledovat na Váčkovém potoce, jehož povodí je tvořeno více než ze třetiny ornou půdou. Zde byly naměřeny nejvyšší hodnoty vodivosti, dusičnanového dusíku i nerozpuštěných látek, naopak hodnoty koncentrace fosforečnanového fosforu zde byly nejmenší díky rozšíření části toku, kde dochází ke kumulaci  $P-PO_4^{3-}$  v sedimentu na dně koryta toku.

Hodnoty vodivosti jednoznačně prokázaly vliv přírodních i antropogenních vlivů na kvalitu povrchových vod. Mezi horními a dolními uzávěrovými profily všech sledovaných toků byly zjištěny statisticky významné rozdíly (Wilcoxonův párový test,  $p < 0.05$ ). I přesto se dají naměřené hodnoty vodivosti považovat za nízké.

Naměřené hodnoty dusičnanového dusíku byly také poměrně nízké, především na horních uzávěrech toků. Nízké hodnoty dusičnanového dusíku jsou ukazatelem extenzivní zemědělské činnosti v krajině.



Hodnoty nerozpuštěných látek v povrchových vodách byly poměrně nízké. Docházelo ovšem k jednorázovým nárůstům nerozpuštěných látek ve vodách, způsobených většinou smyvem půd při prudkých atmosférických srážkách.

Koncentrace fosforečnanového fosforu byly velmi nízké na všech třech sledovaných tocích. Na Paseckém a Bedřichovském potoce byly hodnoty fosforečnanového fosforu poměrně stabilní během všech tří sledovaných hydrologických roků, pouze na Váčkovém potoce docházelo k jeho postupnému vzrůstu především na dolním uzávěru toku. Tento nárůst může být způsoben vyššími dávkami hnojiv aplikovaných na ornou půdu.

Dle zjištěných hodnot koncentrací jednotlivých ukazatelů lze konstatovat, že vody Paseckého, Bedřichovského a Váčkového potoka nejsou ohroženy eutrofizací, ani jiným znečištěním, pokud nedojde k zásadním změnám ve využívání krajiny v povodí daných toků. Vody zájmového povodí se řadí do I. třídy podle ČSN 75 7221 a jedná se tak o vodu neznečištěnou s vysokou krajínotvornou hodnotou a vysokou samočisticí funkcí.

## 7. Literatura

- ADÁMEK, Z., HELEŠIC, J., MARŠÁLEK, B., RULÍK, M. (2008): Aplikovaná hydrobiologie. Vodňany: Jihočeská univerzita v Českých Budějovicích, Výzkumný ústav rybářský a hydrobiologický, 2008. ISBN 978-80-85887-79-2.
- AHEARN, D., S., SHEIBLEY, R., S., DAHLGREN, R., A., ANDERSON, M., JOHNSON, J., TATE, K., W. (2005): Land use and land cover influence on water quality in the last freeflowing river draining the western Sierra Nevada, California. *Journal of Hydrology* 313,
- BADALÍKOVÁ, B., HRUBÝ, J. (2006): Influence of minimum soil tillage on development of soil structure. In: *Soil management for sustainability. Adv Geocology* 38:430–435
- BENEŠ, S. (1994): Obsahy a bilance prvků ve sférách životního prostředí – II. díl, Ministerstvo zemědělství ČR, Praha
- BODLÁK, L., HAIS, M., SÝKOROVÁ, Z., HAVELKA, L. (2008): Metody a aplikace mapování land use v zájmovém území povodí Stropnice. Sborník příspěvků z konference 2008, Ústav systémové biologie a ekologie AV ČR, v.v.i., Třeboň
- BODLÁK, L., 2011: Dynamika půdního uhlíku a vybraných půdních charakteristik v subpovodích modelového území Stropnice. Zemědělská fakulta, Jihočeská univerzita v Českých Budějovicích
- BRANDTBERG, P. O., DAVIS, M. R., CLINTON, P. W., CONDRON, L. M., ALLEN, R. B. (2010): Forms of soil phosphorus affected by stand development of Montana beech (*Nothofagus*) forests in New Zealand. *Geoderma*
- BUZEK, L. (1983): Eroze půdy. 1. vyd. Ostrava: vyd. Pedagogická fakulta v Ostravě
- CAMPO, J., MAASS, M., JARAMILLO, V. J., MARTÍNEZ-YRÍZAR, A., SARUKHÁN, J. (2001): Phosphorus cycling in a Mexican tropical dry forest ecosystem. *Biogeochemistry*, ISSN 0168-2563
- ČERNÝ, Z., LOKVENC, T., NERUDA, J. (1995): Zalesňování nelesních půd. Praha: Institut výchovy a vzdělávání MZe ČR, ISBN 8071050938
- DOLÁKOVÁ, L., JANÝŠKOVÁ, R. (2012): Chemický rozbor vody. Nový Jičín: Operační program – Vzdělávání pro konkurenceschopnost
- DUKES, M. D., EVANS, R. O. (2006): Impact of agriculture on water quality in the North Carolina Middle Coastal Plain. *Journal of irrigation and drainage engineering*
- DÝROVÁ, E. (1974): Ochrana a organizace povodí. druhé přepracované vydání. Praha
- FORMAN, R. T. T., GODRON, M. (1993): Krajinná ekologie. Academia, Praha
- FRAŇKOVÁ D., (2010): Srážko-odtokové parametry vybraných povodí Stropnice. Zemědělská fakulta, Jihočeská univerzita v Českých Budějovicích
- GÖTZ, A., NOVOTNÁ, M. (1996): *Geografie zemědělství ČR*. Vyd. 2. Plzeň: Západočeská univerzita, ISBN 80-7082-271-6

- GRÜNWARD A. (1999): Voda a ovzduší 20. ČVUT, Praha
- HADAŠ, P. (2012): Analysis of the health condition and the abiotic environment of forest stands in the territory of the Jizerské hory Mts, Czech Republic
- HARTMAN, P., PŘIKRYL, I., ŠTĚDROVSKÝ, E. (1998): Hydrobiologie. Praha: Informátorium Praha
- HELLEBRANDOVÁ, K. (2006): Vztah mezi krajinnou strukturou, způsobem využívání krajiny a pohybem látek v krajině na příkladu modelového území povodí horní Stropnice. ČB, Dizertační práce, ZF JCU ČB.
- HETEŠA, J., KOČKOVÁ, E. (1998): Hydrochemie. Druhé vydání. Praha, MZLU, ISBN 80-7157-289-6.
- HLUŠEK, J. (2004): Hnojiva. z: Multimediální učební texty z výživy rostlin [online], MZLU Brno
- HOLÝ, M. (1994): Eroze a životní prostředí. 1. vyd. Praha: vyd. ČVUT
- HORÁKOVÁ, M. a kol. (2007): Analytika vody. VŠCHT, Praha
- HORÁKOVÁ, M., LISCHÉ, P., GRÜNWARD, A. (1989): Chemické a fyzikální metody analýzy vod. 2. vyd. Praha, SNTL – Nakladatelství technické literatury
- HRABÁNKOVÁ, A. (2016): Ochrana vod před dusičnany ze zemědělství, Výzkumný ústav vodohospodářský T. G. Masaryka, v. v. i.
- HRÁDEK, F. a kol. (1982): Hydrologie. Praha: Česká zemědělská univerzita
- HRUŠKA, J., CIENCIALA, E. (2001): Dlouhodobá acidifikace a nutriční degradace lesních půd - limitující faktor současného lesnictví. Ministerstvo životního prostředí, Praha
- HRUŠKA a kol. (2005): Kyselý déšť stále s námi – zdroje, mechanismy, účinky, minulost a budoucnost. Praha: MTP
- HŮLA, J. a kol. (2010): Dopad netradičních technologií zpracování půdy na půdní prostředí, Praha
- Hydrologická ročenka ČR, Český hydrometeorologický ústav, 2013
- CHÁBERA, S. (1982): Geologické zajímavosti jižních Čech. České Budějovice: Jihočeské nakladatelství
- CHAPIN, F. S. III., MATSON, P. A., MOONEY, H. A. (2002): Principles of Terrestrial Ecosystem Ecology. Springer Science and Business Media, New York
- CHAPMAN, D. (1996): Water quality assessments: A guide to the use of biota, sediments and water in enviromental monitoring. E&FN Spon, an sprint of Chapman & Hall, Cambridge UK
- JANEČEK, M. a kol. (2005): Ochrana zemědělské půdy před erozí. 2. vyd. Praha: ISV nakladatelství
- JIRÁČEK, J. (1998): Průvodce lesy jižních Čech. České Budějovice: KOPP, ISBN 8072320084.

- JŮVA, K., HRABAL, A., TLAPÁK V. (1984): Malé vodní toky. 1. vyd. Praha: Státní zemědělské nakladatelství
- JŮVA, K. (1957): Odvodňování půdy. Praha: Státní zemědělské nakladatelství
- KALÁČ, P., TRÍSKA, J., KOLÁŘ, L., JÍROVCOVÁ, E. (2010): Chemie životního prostředí. Jihočeská univerzita v Českých Budějovicích Zemědělská fakulta, 2. vyd.
- KENDER, J. a kol. (2000): Teoretické a praktické aspekty ekologie krajiny. MŽP ČR, Enigma s.r.o., Praha
- KOČÍ, V., BURKHARD, J., MARŠÁLEK B. (2000): Eutrofizace na přelomu tisíciletí. Eutrofizace 2000: sborník semináře, Praha VŠCHT
- KRAVČÍK, M., a kol. (2007): Voda pre ozdravenie klímy – Nová vodná paradigma Žilina: Municipalia
- KREMSERA, U., SCHNUG, E. (2002): Impact of fertilizers on aquatic ecosystems and protection of water, Kiel, Germany
- KVÍTEK, T., GERGEL, J., KVÍTKOVÁ, G. (2005): Využití a ochrana vodních zdrojů. České Budějovice: Jihočeská univerzita v Českých Budějovicích, Zemědělská fakulta, ISBN 80-704-0773-5.
- KVÍTEK T. a kol. (2006): Zemědělské meliorace. Zemědělská fakulta, Jihočeská univerzita v Českých Budějovicích
- KVÍTEK T., TIPPL M. (2003): Ochrana povrchových vod před dusičnany z vodní eroze a hlavní zásady protierozní ochrany v krajině. Praha, Ústav zemědělských a potravinářských informací
- KVÍTEK, T. (2006): Využití a ochrana vodních zdrojů. ZF JCU ČB
- LELLÁK, J., KUBÍČEK, P. (1991): Hydrobiologie. Praha, Karolinum. ISBN 80-7066-530-0.
- LANGHAMMER J. (2002): Kvalita povrchových vod a jejich ochrana. Přírodovědecká fakulta Univerzity Karlovy, Praha
- LAŠTŮVKA, Z., KREJČOVÁ, P. (2001): Ekologie Brno: Konvoj
- LEWIN, I., SZOSZKIEWICZ, K. (2012): Drivers of macrophyte development in rivers in an agricultural area: indicative species reactions. Cent. Eur. J. Biol.
- LIPSKÝ, Z. (1999): Krajinná ekologie pro studenty geografických oborů, Praha : Karolinum
- MANDER, U., KULL, A., TAMM, V., KUUSEMETS, V., KARJUS, R. (1998): Impact of climatic fluctuations and land use change on runoff and nutrient losses in rural landscape. Landscape and Urban Planning
- MARADA, M. a kol. (2010): Doprava a geografická organizace společnosti v Česku, 1. vydání, Praha
- MIKULOVÁ, L., VOTŘELOVÁ, I., LEIFROVÁ, V., HORN, P. (2000): Regionální oborový dokument ochrany přírody a krajiny pro území Přírodního parku Novohradské hory. České Budějovice, LesInfo

MLÁDEK, J. a kol. (2006): Pastva jako prostředek údržby trvalých travních porostů v chráněných územích – metodická příručka pro ochranu přírody a zemědělskou praxi, Výzkumný ústav rostlinné výroby

MOLDAN, B. (2009): Podmaněná planeta. Vyd. 1. Praha: Karolinum, ISBN 9788024615806

NĚMEC, J. a kol. (2006): Voda v České republice. Praha: pro ministerstvo zemědělství vydal Consult, ISBN 80-903-4821-1

OPDAM, P., FOPPEN, R., VOS, C. (2002): Bridging the gap between ecology and spatial planning in landscape ecology. *Landscape Ecol.*

PAPÁČEK, M., a kol. (2003): Biodiverzita a přírodní podmínky Novohradských hor II. České Budějovice: Jihočeská univerzita

PASÁK, V. (1984): Ochrana půdy před erozí, edice Rostlinná výroba. Státní zemědělské nakladatelství

PITTER, P. (2009): Hydrochemie. 4. vyd. Praha: Vydavatelství VŠCHT, ISBN 9788070807019

PITTER, P. (2015): Hydrochemie. 5. rozšířené. vyd. Praha: Vydavatelství VŠCHT, ISBN 9788070807019.

POKORNÝ, J.: (2007): Voda v krajině.

[http://www.terezanet.cz/www/files/clanky/249/File/seminar\\_voda\\_v\\_krajine.pdf](http://www.terezanet.cz/www/files/clanky/249/File/seminar_voda_v_krajine.pdf)  
(2.4. 2018)

POLÁŠKOVÁ, A. (2011): Úvod do ekologie a ochrany životního prostředí. První vydání. Praha, Karolinum, ISBN 978-802-4619-279.

POLÁŠKOVÁ, A., a kol. (2011): Úvod do ekologie a ochrany životního prostředí Praha: Karolinum

PRETTY, J., N. (1998): The living land: agriculture, food and community regeneration in rural Europe. Earthscan, London

PROCHÁZKA, J., POKORNÝ, J., HAKROVÁ, P., KUČERA, Z., WOTAVOVÁ, K., PECHAR, L., VYMAZAL, J. (2003): Annual cation and biomass budgets in three small mountain catchments. In: Vymazal, J (ed.): Wetlands- nutrients, metals and mass cycling., Leiden, Backhuys Publishers

PROCHÁZKA, J., PECHAR, L., HAKROVÁ, P., BROM, J., POKORNÝ, J. (2006): Holistic Approach to Landscape Evaluation and Monitoring of Small Catchments

RANDALL, G., MULLA, D. (2001): Nitrate Nitrogen in Surface Waters as Influenced by Climatic Conditions and Agricultural Practices, Environ

RIPL, W., POKORNÝ, J., EISELTOVÁ, M., RIDGILL, S. (1996): Holistický přístup ke struktuře a funkci mokřadů a jejich degradaci. Eiseltová M (ed. Obnova jezerních ekosystémů – holistický přístup in Wetlands International Publishing č. 32)

RICHTER, R., HLUŠEK, J. (1996): Průmyslová hnojiva, jejich vlastnosti a použití, vyd. 1. Praha, institut výchovy a vzdělávání ministerstva zemědělství České republiky

- SAMSONOVÁ, P., ŠARAPATKA, B., URBAN, J. (2005): Přínos ekologického zemědělství pro kvalitu podzemních a povrchových vod. Univerzita Palackého, Olomouc
- SÁŇKA, M., MATERNA, J. (2004): Indikátory kvality zemědělských a lesních půd ČR. Praha: Planeta, roč. 12, č. 11, ISSN 1213-3393
- SEMORÁDOVÁ, E. (1998): Ekologie krajiny, Ústí nad Labem: Univerzita J.E. Purkyně
- SHARPLEY, A., FOY, B., WITHERS, P. (2003): Practical and Innovative measures for the control of agricultural phosphorus losses to water, ISSN 0047-2425)
- SCHLESINGER, W., H. (1997): Biogeochemistry: an analysis of global change. Amsterdam: Academic Press
- SIMON, O. (2000): Hodnocení krajinných struktur z hlediska problematiky udržení vody a její kvality v krajině a identifikace její změny. Závěrečná zpráva za rok 2000. Výzkumný ústav vodohospodářský T.G. Masaryka
- SKLENIČKA, P. (2003): Základy krajinného plánování. Praha: Naděžda Skleničková, 321 s.
- STEJSKAL, V. (2006): Úvod do právní ochrany přírody a péče o biologickou rozmanitost. Linde Praha, Praha
- STENBERG, M., ARONSSON, H., LINDÉN, B., RYDBERG, T., GUSTAFSON, A. (1999): Soil mineral nitrogen and nitrate leaching losses in soil tillage systems combined with a catch crop. Soil and Tillage Research
- STRAŠKRÁBOVÁ, V., ŠIMEK, K., NEDOMA, J. (1999): Importance of pelagic bacteria in lakes and reservoirs of different trophic implications for long-term monitoring. In: Lake 99, Sustainable Lake Management, 8th International Conference on the Conservation and Management of Lakes
- STRNADOVÁ, N., JANDA V. (1995): Technologie vody I. Vyd. 1, Praha: Vysoká škola chemicko – technologická
- SYNÁČKOVÁ, M. (1994): Čistota vod, ČVUT, Praha
- ŠAFARÍČKOVÁ, S., PEŠATA M. (2006): Živiny v krajině: dusík, fosfor, eutrofizace půdy a vody, indikace dusíku. 1. vyd. Č. Budějovice: DAPHNE ČR – Institut aplikované ekologie
- ŠANTRŮČKOVÁ, H. (2001): Ekologie půdy. Biologická fakulta JU, České Budějovice
- ŠARAPATKA, B., URBAN, J. a kol. (2006): Ekologické zemědělství v praxi, PRO-BIO, Šumperk
- ŠARAPATKA B., URBAN J. (2003): Ekologické zemědělství. Ministerstvo životního prostředí a PRO-BIO Svaz ekologických zemědělců, Praha
- ŠILAR J., (1996): Hydrologie v životním prostředí. Vysoká škola báňská, Ostrava
- ŠIMEK, M. (2005): Základy nauky o půdě. 1, Neživé složky půdy 2. uprav. a rozš. vyd., České Budějovice: Biologická fakulta Jihočeské univerzity

- ŠKARDA M., (1982): Hospodaření s organickými hnojivy, Státní zemědělské nakladatelství, Praha
- ŠTAMBEROVÁ, M., MICHALOVÁ, M., MIKŠOVSKÝ, J., PRCHALOVÁ, H. (1998): Vodní zdroje v České republice. Brno: Ministerstvo životního prostředí ČR
- ŠTĚRBA, O. (1986): Pramen života. 1. vyd. Praha, Panorama
- TLAPÁK V., ŠÁLEK J., LEGÁT V. (1992): Voda v zemědělské krajině. 1. vyd, Praha, Zemědělské nakladatelství Brázda, ISBN 80-209-023205
- TOLGYESY J. a kol. (1989): Chémia, biológia a toxikológia vody a ovzdušia. Bratislava: Veda
- TVRDKOVÁ, V., MATOUŠKOVÁ, M., KYNČL, R., POPOVSKÝ, J. (2005): Živel voda. 1. vyd. Praha: Agentura Koniklec, ISBN 8090260667
- UHLÍŘOVÁ, J., MAZÍN, V. (2005): Metodika studie širších územních vazeb ochrany půdy a vody v komplexních pozemkových úpravách. Praha, Výzkumný ústav meliorací a ochrany půdy. ISBN 80-239-4845-8
- VÁLEK, Z. (1977): Lesní dřeviny jako vodohospodářský a protierozní činitel. Praha: Státní zemědělské nakladatelství
- VANĚK, V. (2002): Výživa a hnojení polních a zahradních plodin. 3., dopl. vyd. Praha: Ing. Martin Sedláček, ISBN 8090241379
- VESTERDAL, L., DALSGAARD, M., FELBY, C., RAULUND – RASMUSSEN, K., JÖRGENSEN, B. B. (1995): Effect of thinning and soil properties on accumulation of carbon, nitrogen and phosphorus in the forest floor on Norway spruce stands. Forest Ecology and Management
- VOLAUF OVÁ, L. (2008): Kvalita povrchových vod v České republice. Vesmír, roč., 87, ISSN 0042-4544 ;
- Zpráva Výzkumného ústavu vodohospodářského T. G. Masaryka, 2015
- ZALEWSKI, M., HARPER, D. M., PACINI, N. (2008): Ecohydrology: processes, models and case studies: an approach to the sustainable management of water resources. Wallingford, Oxfordshire, UK: CABI
- ZAPLETAL, M. (2006): Atmospheric deposition of nitrogen and sulphur in relation to critical loads of nitrogen and acidity in the Czech Republic, Journal of forest science
- ZLATNÍK, A. a kol. (1973): Základy ekologie. SZN. Praha
- ŽIGRAI, F. (1983): Krajina a jej využívanie. Brno: rektorát UJEP

### **Citované normy a zákony**

- ČSN 75 7221 Jakost vod – Klasifikace jakosti povrchových vod
- Rámcová směrnice 2000/60/ES o vodách

Směrnice Rady 91/676/EHS o ochraně vod před znečištěním způsobeném dusičnany ze zemědělských zdrojů) vytvořený pro ochranu vod před znečištěním dusičnany ze zemědělství

Zákon č. 289/1995 Sb. o lesích

Zákon č. 156/1998 Sb., o hnojivech, pomocných půdních látkách, pomocných rostlinných přípravcích a substrátech

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

Zákon č. 401/2015 Sb., nařízení vlády o ukazatelích a hodnotách přípustného znečištění povrchových vod a odpadních vod, náležitostech povolení k vypouštění odpadních vod do vod povrchových a do kanalizací a o citlivých oblastech