

JIHOČESKÁ UNIVERZITA V ČESKÝCH BUDĚJOVICÍCH
ZEMĚDĚLSKÁ FAKULTA

Katedra aplikované ekologie

DIPLOMOVÁ PRÁCE

Vlastnosti povrchových vod v závislosti na charakteru
krajinného pokryvu v malém povodí

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

Autor diplomové práce: Bc. Vít Vondrášek

České Budějovice, 2021

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 Jihočeské univerzity v Českých Budějovicích) 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.

Datum:

Podpis:

Poděkování

Tímto bych chtěl vyjádřit své poděkování vedoucímu diplomové práce Ing. Václavu Nedbalovi, Ph.D. za jeho vedení, odbornou pomoc, velkou ochotu a trpělivost při zpracování práce. Dále bych chtěl poděkovat své rodině za důvěru, podporu a vytvoření dobrého zázemí pro studium.

Abstrakt

Náplní této diplomové práce bylo statistické vyhodnocení vlivu způsobu hospodaření a krajinného pokryvu na vybrané hydrochemické parametry povrchových vod. Pro získání potřebných dat a jejich vyhodnocení bylo vybráno modelové území nacházející se v Novohradských horách. Tvořeno bylo horním a dolním subpovodím Bedřichovského potoka, který je levostranným přítokem řeky Stropnice. Na horním a dolním subpovodí je praktikován rozdílný způsob hospodaření. Horní subpovodí je tvořeno převážně lesy a trvalým travním porostem, naopak na dolním subpovodí se nachází především orná půda a na části území zástavba. Z tohoto důvodu je možné porovnat obě subpovodí a vyhodnotit jejich vliv na vybrané parametry povrchových vod. Těmito parametry byly vodivost, koncentrace nerozpuštěných látek, koncentrace celkového organického uhlíku, celkový dusík, dusičnanový dusík, fosforečnanový fosfor.

Z výsledků je patrné a lze tedy tvrdit, že povrchové vody z dolního subpovodí, které je zemědělsky využíváné, vykazují vyšší hodnoty sledovaných parametrů než horní subpovodí s lesním či lučním vegetačním pokryvem. Je možné konstatovat, že orná půda má sníženou retenční schopnost a kvůli jejímu nižšímu vegetačnímu krytu je více náchylná k erozi, a proto také nedokáže zcela zadržet žádoucí látky na zemědělsky využívaných pozemcích. Důsledkem toho dochází ke zhoršení jednotlivých hydrochemických parametrů v povrchových vodách, jako je například vodivost nebo dusičnanový dusík. Práce vypovídá obecně o důležitosti vegetačního pokryvu pro hospodaření s vodou v krajině.

Klíčová slova: dusičnany, eroze, fosforečnany, hydrochemické parametry, povrchová voda, vliv hospodaření

Abstract

The present thesis covered statistical evaluation of the effect of the management method and the landscape cover on selected hydrochemical parameters of surface water. To obtain and evaluate the necessary data, a model zone was selected, located in the mountains of Novohradské hory. It consists of the upper and lower sub-basins of the stream of Bedřichovský potok, which is the left-hand tributary of the River Stropnice. The sub-basins differ in how management methods are practised locally. While the upper sub-basin generally consists of forests and permanent grasslands, the lower sub-basin has primarily arable land and, in some part, built-up areas. For this reason, it is possible to compare the two sub-basins and evaluate their effect on the selected parameters of surface water; these involved conductivity, concentration of unsuspended solids, total organic carbon concentration, total nitrogen, nitrate nitrogen and phosphate phosphorus.

The results show and support a conclusion that surface waters in the lower sub-basin, one that is utilised for agriculture, exhibit higher values of the parameters monitored than surface waters present in the upper sub-basin, one that features forest/grassland vegetation cover. It can be noted that arable land has a reduced retention capacity and is more prone to erosion due to its vegetation cover of lesser size; this is also the reason why it is not able to completely retain the desired substances on the agriculturally managed land. This results in deterioration of individual hydrochemical parameters in surface water, such as conductivity or nitrate nitrogen. The thesis is generally indicative of the importance of vegetation cover for the management of water in the landscape.

Key words: effects of management, erosion, hydrochemical parameters, nitrates, phosphates, surface water

Obsah

1	Úvod	7
2	Materiály a metody	15
2.1	Zájmové území	15
2.2	Bedřichovský potok	16
2.3	Metodika	17
2.3.1	Odběry vzorků	17
2.3.2	Zpracování vzorků	18
2.3.3	Zpracování zjištěných dat	18
3	Výsledky	20
3.1	Vodivost	20
3.2	Nerozpuštěné látky	22
3.3	Celkový organický uhlík	24
3.4	Celkový dusík	26
3.5	Dusičnanový dusík	28
3.6	Fosforečnanový fosfor	30
4	Diskuze	32
4.1	Vodivost	32
4.2	Nerozpuštěné látky	32
4.3	Celkový organický uhlík	33
4.4	Celkový dusík	34
4.5	Dusičnanový dusík	35
4.6	Fosforečnanový fosfor	35
5	Závěr	38
6	Literatura	41
7	Seznam použitých zkratk	45

1 Úvod

Voda a její existence na Zemi je nezbytná pro život všech živých organismů (Holubová, 2009). Již po tisíce let slouží lidem pro různé účely. Se zvyšujícím se počtem obyvatel na naší planetě roste i potřeba vody. Při množství činností, které člověk v dnešní době provádí, dochází ke znečišťování vod, které může být způsobeno přirozenou cestou (povodně, sopečná činnost, sesuvy půdy apod.) nebo lidskou činností (zemědělství, průmysl, odpadní vody, doprava apod.); (Hrabánková, 2016). Jelikož má voda zcela nenahraditelnou funkci v krajině a uskutečňují se v ní transportní a chemické reakce, tak je na ochranu vodních zdrojů kladen stále větší důraz. Znečištění vody má důsledky jak ekologické (např. eutrofizaci vod), tak zdravotní (např. růst množství látek, jako jsou dusičnany, pesticidy či těžké kovy), které negativně působí na lidský organismus (Kodeš, 2017). Počátek znečištění vzniká mimo jiné důsledkem zemědělské činnosti již na začátku celé soustavy vodních toků v horských a podhorských oblastech, a proto je třeba se soustředit již na tato místa.

Znečištění vodních toků zemědělskou činností je velmi časté a souvisí především se špatným obhospodařováním zemědělských pozemků v okolí vodních toků (Fučík a kol., 2008). Velký tlak na efektivitu při produkci potravin má za následek zintenzivňování zemědělství, které následně využívá více zejména dusíkatých a fosforečných hnojiv, která jsou prudkou dešťovou srážkou často vymývána a splachována do vodních toků. Problémem je i špatný výběr pěstovaných plodin. Podle Janečka (2007) například širokořádkově pěstovaná kukuřice setá (*Zea mays*) nedokáže dobře ochránit půdu proti prudkým dešťovým srážkám, dochází k narušení povrchu půdy a následnému smyvu do vodních toků případně i s hnojivem (Matějková a kol., 2006).

Pro znečišťování povrchových vod byly vytvořeny 3 kategorie znečištění: bodové, plošné a difúzní (Pitter, 2009). Se zemědělskou činností nejvíce souvisí kategorie plošného znečištění povrchových vod. Látky se do vod dostávají ze zemědělských ploch, které se nacházejí v blízkosti vodního zdroje. Častým příkladem jsou splachy a úniky látek, které se používají jako hnojiva. Koncentrace takových látek je obvykle nízká a zajistit zdroj úniku látek do povrchových vod bývá v podobných případech velmi složité (Švehla a kol., 2007).

Jeden z příkladů upozorňujících na tuto problematiku pochází z povodí vodní nádrže Švihov na řece Želivce, které je hustě osídlené a intenzivně zemědělsky využívané. Orná půda zde zaujímá zhruba 58 % území. Na problémy, týkající se především většího množství dusičnanů bylo upozorňováno již při výstavbě této vodní nádrže. Nevhodný způsob zemědělského obhospodařování podporuje erozi půdy a její následnou sedimentaci ve vodních tocích a nádržích. Důsledkem takové zemědělské činnosti jsou především zvýšené koncentrace dusičnanů a pesticidních látek v drenážních a povrchových vodách (Kvítek, 2018).

Dusík je podle Kvítka (2018) v povrchových vodách přítomný především jako dusičnanový dusík (N-NO_3^-). Jeho koncentrace je v řadě případů poměrně vysoká a vymyká se imisním standardům podle nařízení vlády č. 401/2015 Sb., O ukazatelích a hodnotách přípustného znečištění povrchových vod a odpadních vod, náležitostech povolení k vypuštění odpadních vod do vod povrchových a do kanalizací a o citlivých oblastech (Tab. 1), tak i požadavkům na dobrý ekologický stav povrchových vod podle Rámcové směrnice o vodách (2000/60/ES). V případě povodí vodní nádrže Švihov na řece Želivce je dominantním zdrojem dusíku zemědělská půda. Menší bodové zdroje mají význam zcela minimální.

Zřetelným důkazem tohoto problému s dusičnany ve vodní nádrži Švihov na řece Želivce je výzkum dlouhodobého vývoje koncentrace dusičnanů na přítoku právě do vodní nádrže Švihov. Koncentrace dusičnanů v roce 1973 dosahovala pod 20 mg/l a následoval její stoupající trend až do 90. let minulého století. V roce 1992 dosahovala koncentrace maximální hodnoty, a to přes 70 mg/l. Od této doby jsou dusičnany v setrvalém až mírně klesajícím stavu. Za posledních 10 – 15 let voda v tomto ukazateli splňuje požadavek na pitnou vodu podle vyhlášky č. 252/2004 Sb. (50 mg/l NO_3^-); (Kvítek, 2018).

Tabulka 1: Ukazatele a hodnoty přípustného znečištění povrchových vod (Příloha č. 1 k nařízení vlády č. 401/2015 Sb.)

Ukazatel	Značka, zkratka nebo číslo CAS ^{A)}	Jednotka	Přípustné znečištění pro účely § 31, § 34 a § 35 zákona ^{B),C),D),E),F)}	
			roční průměr ^{G)}	roční průměr
Přípustné znečištění				
maximum				
Všeobecné ukazatele				
teplota vody	t	°C		29
reakce vody	pH	-		5-9 ^{1),2)}
nasycení vody kyslíkem	O ₂	mg/l		>9
biochemická spotřeba kyslíku	BSK ₅	mg/l	2,7 ^{1 B)} 1,8 ^{2 D)} 3,2 ^{3 E)}	3,81)
chemická spotřeba kyslíku	CHSK _{Cr}	mg/l	5,9 ^{4 B)}	26
celkový organický uhlík	TOC	mg/l	4,5 ^{5 B)}	10
celkový fosfor	P _{celk.}	mg/l	0,05 ^{3) 6 7}	0,151)
celkový dusík	N _{celk.}	mg/l		6
dusičnanový dusík	N-NO ₃ ⁻	mg/l		5,41)
dusitanový dusík	N-NO ₂ ⁻	mg/l	0,08 ^{8 D)} 0,12 ^{9 E)}	
amoniakální dusík	N-NH ₄ ⁺	mg/l	0,03 ^{D)} 0,16 ^{E)}	0,231)
rozpuštěné látky sušené	RL ₁₀₅	mg/l		750
rozpuštěné látky žíhané	RL ₅₅₀	mg/l		470
nerozpuštěné látky	NL ₁₀₅	mg/l		20
chloridy	Cr	mg/l	65 ^{10 B)}	150

Klíčovým bodem této problematiky je nařízení vlády 401/2015 Sb. (Tab. 1).

S dusičnany úzce souvisí citlivé oblasti, které jsou dle § 32 zákona č. 254/2001 Sb., o vodách a o změně některých zákonů definovány jako vodní útvary povrchových vod, v nichž dochází nebo v blízké budoucnosti může dojít v důsledku vysoké koncentrace živin k nežádoucímu stavu jakosti vod, které jsou využívány nebo se předpokládá jejich využití jako zdroje pitné vody, v níž koncentrace dusičnanů přesahuje hodnotu 50 mg/l, nebo u nichž je z hlediska zájmů chráněných tímto zákonem nutný vyšší stupeň čištění odpadních vod (vodní zákon). Podle Kvítka (2018)

je jedním z hlavních prvků, vyskytujícím se v našem prostředí, fosfor. Ten můžeme charakterizovat jako nejčastěji limitující faktor růstu fytoplanktonu ve sladkých vodách a také je tento prvek nejčastěji spojován s jevem eutrofizace v povrchových vodách, stojatých i tekoucích. Povrchové vody jsou velmi citlivé k vnosům fosforu ze zemědělských zdrojů, protože koncentrace způsobující eutrofizaci bývají o řád nižší než obsah fosforu v půdním prostředí vhodný pro růst rostlin. Následkem jsou pak exponenciální nárůsty možných toxických vodních květů (řas a sinic) a odumírání bezobratlých a mnoha druhů ryb kvůli snížení provzdušnění, změnám parametrů daného vodního prostředí a obecnému poklesu biodiverzity. Množství fosforu, které se dostává do povrchových vod ze zemědělské půdy, je ovlivněno obsahem fosforu v půdě a způsobu odnosu.

Přísun fosforu do povrchových vod je spojován především s povrchovým odtokem a erozními procesy. Z tohoto důvodu je brán jako fakt, že jediným difúzním zdrojem fosforu odneseného ze zemědělských ploch je povrchový odtok způsobující erozní jevy. Tento způsob uvolňování fosforu souvisí především s erozními mechanismy na povrchu půdy a odnosem půdních částic, který je způsoben hydraulickou silou unášející vody nebo účinkem dopadajících kapek. Tyto mechanické procesy uvolňování fosforu ovšem nejsou jediným způsobem. Vedle nich jsou zde i další procesy zpřístupňování fosforu ovlivněné zejména výměnnou iontovou kapacitou a dynamikou změn pH v půdním prostředí, které může také ovlivnit uvolňování fosforu vázaného na pevné půdní částice. Tyto jevy se často spojují s transportem jemných jílových částic bohatých na fosfor kvůli své vysoké sorpční kapacitě. Největší obsah fosforu se nachází v nejsvrchnější vrstvě půdy, která je definována jako efektivní hloubka interakce, a proto se ve vodě povrchového odtoku nachází vysoké koncentrace fosforu. Hnojiva jak minerální, tak organická (statková), která jsou aplikována na povrch půdy, jsou často příčinou velkého množství fosforu, který se dostává do povrchových vod. Děje se tak u orné půdy i trvalých travních porostů, kde se hnojiva, aplikovaná na povrch půdy, bez dalšího zapravení nedokážou vstřebat do půdy a jsou odnášena do vodního prostředí. Tento typ odnosu je klasifikován jako tzv. náhodný typ (Kvítek, 2018).

Pokud dojde ke zvýšení obsahu živin ve vodách a následné eutrofizaci, tak její důsledky jsou viditelné za velmi krátkou dobu. Zvýšení živin ve vodách může mít velmi negativní dopady na přírodní ekosystémy. Takto zvýšený obsah živin způsobuje výraznou aktivitu řas, sinic a jiných vodních organismů na úkor biodiverzity a

rovnováhy v ekosystému. Řasy a sinice dokážou nejlépe využít zvýšeného obsahu fosforu a případně dusíku a rychle rozšiřují svoji populaci (Šafaříčková a Pešata, 2006). Následkem eutrofizace bývá zelené vegetační zabarvení v horní vrstvě vody nebo vážnější projev, kterým je vodní květ, nacházejícím se ve velkém množství u hladiny (Pechar, 2015).

Velké nahromadění řas a sinic u hladiny způsobí neprůchodnost světla do větších hloubek, kde se nachází vyšší rostliny, ty jsou vytlačovány a v horších případech mohou i vymizet. V důsledku ubývání vyšších rostlin se snižuje i množství bezobratlých živočichů, kteří jsou na nich vázání. O svou potravu tak přichází i obratlovci. Poté dochází ke vzniku velkého množství odumřelých organismů a hromadění živin, které využívají řasy a sinice. Kvůli neprostupnosti světla do větších hloubek není možné, aby vyšší rostliny fotosyntetizovaly a produkovaly kyslík a vzniká až anoxické prostředí, kde dochází k uvolňování fosforu z fosforečnanů a opět podpoření růstu populace řas a sinic. U hladiny dochází k velké produkci kyslíku a spotřebování veškerého oxidu uhličitého. Následně prudce roste pH kvůli hydrogenuhličitanové rovnováze. Zvýšené pH ve vodním prostředí umožňuje přeměnu amoniaku na amoniak volný, který je toxický pro ryby (Šafaříčková a Pešata, 2006). Jelikož řasy a sinice dokážou produkovat toxiny, tak taková voda není vhodná nejen pro živočichy, kteří potřebují k životu kyslík, ale ani pro jakékoliv další využití (Kvítek a Tippl, 2003).

Jedním z dalších parametrů sledovaných v povrchových vodách jsou nerozpuštěné látky. Jejich zvýšené množství může způsobovat zakalení vody, a tím dochází k znemožnění průniku světla do větších hloubek a nemůže tak probíhat proces fotosyntézy. Nerozpuštěné látky se do povrchových vod dostávají nejčastěji erozními procesy a odpadními vodami (Richter, 2014). Proces eroze je definován jako rozrušování litosféry a pedosféry pohybující se hmotou erogenního původu (Janeček a kol., 2005). Při erozi dochází k procesům oddělování, transportu a ukládání půdních částic, a to za pomoci různých abiotických faktorů. Eroze je velmi pomalý proces modelující povrch planety Země během všech geologických dob (Kvítek, 2006).

Půda je narušována ve většině případů větrnou a vodní erozí. Například Česká republika je ohrožena jak větrnou erozí, tak i erozí vodní a jejími splachy, a to až na více jak 50 % půdy na našem území. V mnoha případech je s tímto problémem spojována kolektivizace, která probíhala na našem území v 60. a 70. letech minulého století, kdy se zcelovaly a mnohonásobně zvětšovaly pozemky, na kterých byl většinou

zaveden stejný osevní postup, který nebyl vhodný do daných podmínek (Uhlířová a Mazín, 2005).

Rozrušením půdního povrchu vznikají tedy částice půdy, které mohou znečišťovat veškeré vodní zdroje a dochází k zakalení vod. Pokud dochází k sedimentaci velkého množství půdních částic, tak můžeme často pozorovat zanesené nádrže a koryta vodních toků. Výsledkem takové eroze je pak snížená průtočná kapacita zasažených koryt (Janeček a kol., 2005).

Erozi můžeme dělit na vodní, větrnou, ledovcovou, sněhovou, zemní a antropogenní podle činitele, který ji způsobuje (Holý, 1994). Takové druhy eroze se mohou vyskytovat jak samostatně, tak i v kombinacích (Kvítek, 2006). I ve výsledcích této diplomové práce mohl být projev eroze výrazně pozorován na výsledných sledovaných parametrech odtoku látek z povodí. Eroze má sice v dobrých přirozených podmínkách pozvolný průběh s minimálními škodami, ale v zemědělsky intenzivně využívané krajině se její procesy několikanásobně zrychlují a mají větší dopad na okolní krajinu (Pasák, 1984). Výrazným faktorem ovlivňujícím intenzitu a průběh vodní eroze jsou srážky především ve formě přívalových dešťů. Následkem silných přívalových dešťů je vznik velkého povrchového odtoku a silné narušení půdního povrchu dopadem dešťových kapek za působení jejich kinetické energie. Výrazně větší škody vznikají na pozemcích s částečnou nebo úplnou absencí vegetačního krytu (Buzek, 1983). Pokud je dešť velmi intenzivní, tak půda nemá dostatečnou vsakovací schopnost a vzniká povrchový odtok, který transportuje uvolněné částice půdy. Nebezpečí hrozí především na pozemcích situovaných ve svazích (Holý, 1994).

Dle Kvítka (2006) již mírně erodované půdy snižují výnosy o 15 – 20 % a silně erodované půdy mohou snížit výnosy až v průměru o 70 %. Nejdůležitějšími faktory, které sice nemohou erozi zcela odstranit, ale mohou ji výrazně zmírnit, jsou sklon a délka svahu. Proto by mělo být snahou přerušit svah jakoukoliv protierozní technickou metodou. Mezi vhodné technické metody, které zmírňují erozi, patří vytváření teras, mezí, polních cest nebo budování zatravněných a vsakovacích pásů a nádrží (Kvítek a kol., 2005). Tato opatření jsou jistým zásahem do finančních prostředků majitele pozemku, a proto se s nimi často nesetkáváme. Mezi agrotechnická opatření, která jsou rozhodně méně finančně náročná, patří setí a sázení plodin ve vhodném termínu, dobře zvolený osevní postup do vybrané oblasti zajišťující dlouhodobý vegetační pokryv. V tabulce 2 je výčet příkladů polních kultur a působení intenzity vodní eroze na pozemcích s těmito rostlinami. Také je vhodné kvalitní zpracování půdy s co nejméně

pojezdy po pozemku. Vhodné agrotechnické operace na pozemcích jsou mulčování nebo důlkování (Kvítek, 2006).

Zatím nejpřesnější metodou pro určování ohroženosti půd vodní erozí je podle Uhlířové a Mazína (2005) rovnice podle Wishmeiera a Smitha, ze které vychází výsledek průměrné dlouhodobé ztráty půdy z pozemku v t/ha za 1 rok (G). Hodnocenými parametry jsou: erozní účinnost dešťů (R), erodovatelnost půdy (K), délka svahu (L), sklon svahu (S), ochranný vliv vegetačního pokryvu (C) a faktor účinnosti protierozních opatření (P).

$$G = R.K.L.S.C.P.$$

Tabulka 2: Příklady jednotlivých kultur a jejich vliv na intenzitu vodní eroze (Holý, 1994)

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

Celkový organický uhlík (TOC) je dalším neméně důležitým a významným parametrem, který je sledován v povrchových vodách. Udává množství organického uhlíku v rozpuštěných a nerozpuštěných organických sloučeninách. Množství TOC, které lze naměřit ve vodách, má vysoké rozpětí koncentrace. Měřené koncentrace se pohybují v rozmezí 0,1 mg/l u vod čistých, do 1000 mg/l u vod odpadních (Horáková a kol., 1989).

Přírodní čisté vody obsahují velmi malé množství TOC, a to pod 7 mg/l. Taková voda je označována jako voda I. třídy jakosti. Naopak hodnoty TOC u vysoce znečištěných vod dosahují obvykle až nad 20 mg/l. Taková voda je označována jako voda V. třídy jakosti (Pitter, 2009).

Zdroj TOC v povrchových vodách může být jak přírodního, tak i antropogenního původu. Za přírodní organické látky znečišťující vodu můžeme považovat výluhy z půdy a sedimentů, půdní a rašelinný humus, výluhy z listí a tlejícího dřeva. Dalším podobným zdrojem mohou být produkty a zbytky rostlinných a živočišných organismů (např. huminové kyseliny, peptidy). Mezi znečišťující látky antropogenního původu patří splaškové a průmyslové odpadní vody (např. papírenský nebo potravinářský průmysl), výluhy ze skládek nebo zemědělské činnosti (Pitter, 1999).

Obsah TOC v povrchových vodách úzce souvisí s množstvím organického uhlíku v půdě, který může být stejně jako další látky vyplavován do okolních vod. K nejvyššímu odnosu organického uhlíku z půdy dochází na orné půdě bez vegetačního pokryvu (Ripl, 2003).

Důležité je zamezit takovému vyplavování a chránit vodní toky před znečištěním, a to především snahou nenechat ornou půdu dlouhodobě bez vegetačního krytu a zapravování a udržování organických látek v půdě. Organické sloučeniny v půdě jsou totiž velice vhodné pro kvalitní funkci půdního sorpčního komplexu. Ten můžeme chápat jako celkový prostor pro jakýkoli typ sorpce, tedy poutání látek v půdě. Jeho velikost a kvalita je dána vlastnostmi jednotlivých půdních částic. Vrstevnaté jílové minerály mají mnohem efektivnější povrch pro sorpci než například zrnka křemenu. Největší prostor pro sorpci poskytují již zmíněné, pro půdu důležité organické sloučeniny, zejména huminové kyseliny (Pavlu, 2019).

Ve své diplomové práci jsem se zabýval různorodým chemickým složením povrchových vod v závislosti na intenzitě zemědělského hospodaření v jejich blízkosti. Byla sledována dvě subpovodí malého vodního toku Bedřichovského potoka, která měla velmi rozdílný krajinný pokryv a způsob využití půdy (lesní subpovodí a subpovodí s ornou půdou). Ve vodním toku, který odvodňuje tato dvě různá subpovodí, byly sledovány parametry povrchových vod za účelem výzkumu vlivu rozdílného způsobu hospodaření na kvalitu povrchových vod. Byly zkoumány koncentrace vybraných chemických sloučenin i jejich specifické odtoky. Tyto výsledky jsem mezi sebou následně porovnal.

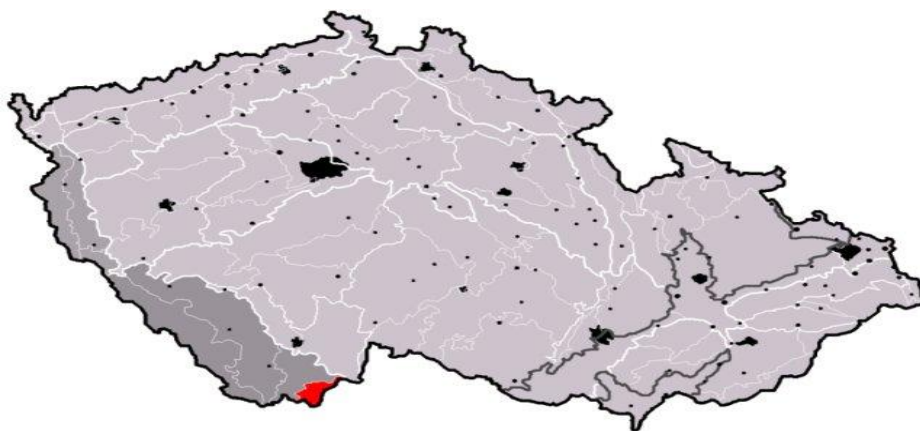
Cílem této práce bylo již zmíněné porovnání vlivu rozdílného způsobu hospodaření v jednotlivých subpovodích na kvalitu povrchových vod ve vodním toku. Dílčími cíli práce bylo provedení rozborů chemických parametrů povrchových vod, jejich vyhodnocení a vyvození závěrů z těchto analýz.

2 Materiály a metody

Pro vypracování diplomové práce byl vybrán Bedřichovský potok, který je levostranným přítokem řeky Stropnice. Ten byl následně rozdělen na dvě subpovodí. Na každém z nich byl zvolen jeden bod (závěrový profil). Vznikl tedy horní a dolní závěrový profil, kde došlo k odběrům povrchové vody z koryta toku pro vypracování diplomové práce. Tato subpovodí se od sebe lišila svým využitím. Uzávěrový profil na horním subpovodí byl na Bedřichovském potoce zvolen v místech, kdy v subpovodí nad tímto uzávěrovým profilem převažovala lesní vegetace s pouze minimální zemědělskou činností. Naopak závěrový profil na dolním subpovodí byl zvolen tak, že v území nad tímto profilem bylo velké množství zemědělsky obhospodařované půdy a částečně se zde nacházela zástavba. Vyhodnocením zjištěných výsledků a následným porovnáním bylo pak možné porovnat vliv zemědělské činnosti na kvalitu povrchových vod.

2.1 Zájmové území

Zájmové území Bedřichovský potok, které bylo vybráno pro zpracování diplomové práce, se nachází v Novohradských horách, které jsou geograficky součástí Šumavské provincie. Dále se dělí na Novohradské hory a Novohradské podhůří. Novohradské hory jsou od roku 2000 přírodním parkem. Tato oblast je významná pramenná oblast (Malše, Stropnice, Lužnice atd.). Vznikla v období přelomu křídy a paleogenu (Papáček, 2003).

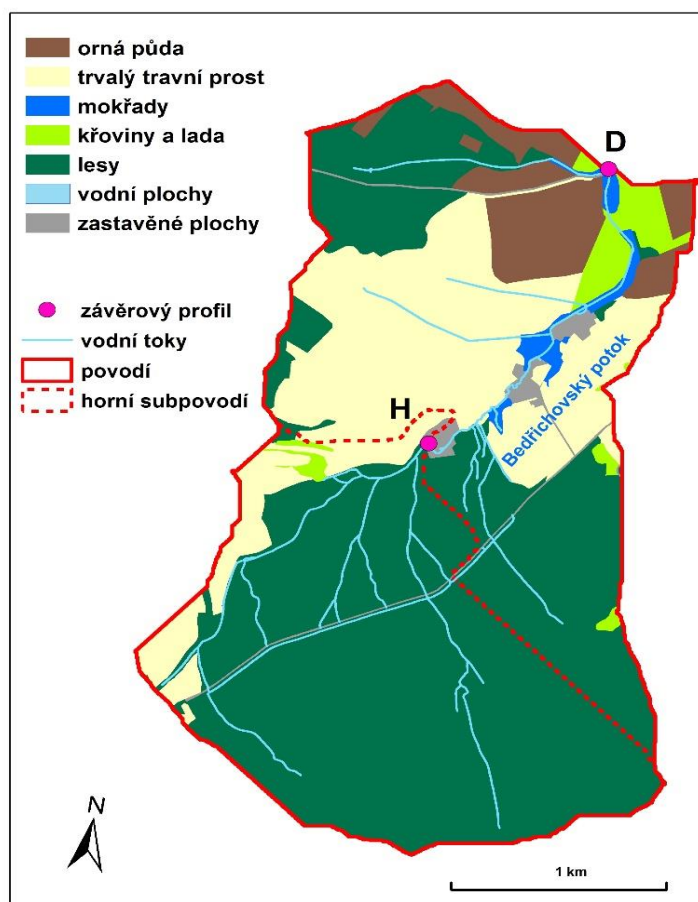


Obr. 1: Poloha Novohradských hor na mapě ČR (Machová, 2011)

Nejvyšší horou Novohradských hor na české straně je Kamenec 1073 m n. m., nejnižší bod, niva řeky Stropnice u Tomkova mlýna s výškou 420 m n. m. (Chábera, 1985). Tato oblast je díky kyseljším hnědým půdám, které jsou středně těžké, hlinitopísčité až hlinité, zařazena do bramborářské výrobní oblasti (Mikulová a kol., 2000). Průměrné teploty jsou zde okolo 7 °C a průměrný úhrn srážek činí 750 mm (Bodlák a kol., 2008).

2.2 Bedřichovský potok

Vybraný Bedřichovský potok (Obr. 2) je levostranným přítokem řeky Stropnice. Nachází se v podhorských oblastech a jeho horní část povodí je tvořena zejména lesními a lučními porosty. Spodní část povodí je zemědělsky využívána a také se zde nachází zastavěné plochy. Přesné rozlohy jednotlivých využití v povodí jsou uvedeny v tabulce 3.



Obr. 2: Povodí Bedřichovského potoka (Nedbal, 2020)

Tabulka 3: Přesné rozlohy jednotlivých ploch a jejich využití v povodí toku (Nedbal, 2020)

Krajinný pokryv (2018)	Rozlohy krajinných prvků - Bedřichovský potok (Horní subpovodí) ha	Rozlohy krajinných prvků – Bedřichovský potok (Dolní subpovodí) Ha
Orná půda	0	47,9
Travní porost	31,3	139,8
Mokřady	0	9,2
Křoviny a lada	2,3	17
Lesy	271,3	139,5
Vodní plochy	0	0
Zastavěné plochy	1,9	9,5
Celkem	306,8	362,9

2.3 Metodika

2.3.1 Odběry vzorků

Odběry vzorků na Bedřichovském potoce probíhaly v místech předem zvolených uzávěrových bodů. Tyto body od sebe oddělovaly horní a dolní subpovodí toku Bedřichovského potoka, které se od sebe liší svým krajinným pokryvem a využitím okolní krajiny (Obr. 2). Voda protékající horním uzávěrovým bodem byla především z lesních ekosystémů na rozdíl od vody protékající dolním uzávěrovým bodem, která byla ze zemědělsky využívané a částečně zastavěné krajiny. Tyto vzorky byly odebírány během celého hydrologického roku 2018.

Vzorky byly odebírány šetrným způsobem tak, aby nedošlo k znehodnocení vzorku. Voda byla nabírána do polyethylenových lahví o objemu 1 litr. Láhev se nejprve řádně vypláchla vodou z daného toku, aby se v ní nenacházely cizí látky, které by mohly vzorek znehodnotit. Následně byl již odebrán vzorek, a to přibližně 10 cm pod hladinou. Láhev byla po nabrání vzorku řádně označena místem, kde byla voda odebrána. Po získání všech potřebných vzorků byly láhve odvezeny do laboratoře JU

v Českých Budějovicích, kde byly ihned zpracovány, aby nedošlo ke změně kvality vzorku kvůli biochemickým reakcím.

2.3.2 Zpracování vzorků

Vzorky byly zpracovány ihned po odběru v Laboratoři aplikované ekologie v Českých Budějovicích. V diplomové práci byly v povrchových vodách sledovány jednotlivé parametry. Vybranými parametry jsou vodivost, koncentrace nerozpuštěných látek (NL_{105}), koncentrace celkového organického uhlíku (TOC), celkový dusík (TN), dusičnanový dusík ($N-NO_3^-$), fosforečnanový fosfor ($P-PO_4^{3-}$).

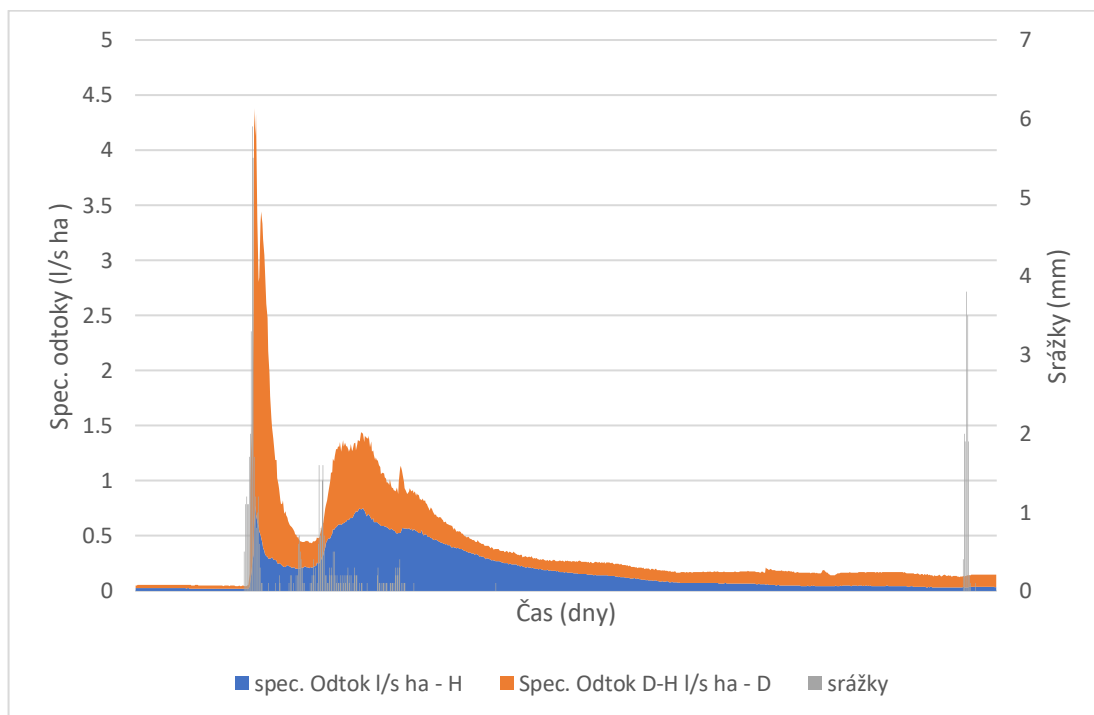
Vodivost byla stanovena za použití konduktometru WTW (MultiLab P5, P4 a 720). Nerozpuštěné látky (NL_{105}) se ve vzorcích stanovovaly filtrací odebraných vod přes WhatmanGF/C filtr o průměru 55 mm, který obsahuje skleněná vlákna zachycující částice velké minimálně 1,2 μm . Nerozpuštěné látky, které se zde zachytily, byly určeny jako sušina po sušení při teplotě 105 °C.

Koncentrace celkového organického uhlíku (TOC) a celkového dusíku (TN) byly stanoveny spektrometricky pomocí infračerveného analyzátoru pro převedení kapalného vzorku na plynný vzorek v automatickém analyzátoru Skalar CN. Koncentrace dusičnanového dusíku ($N-NO_3^-$) a fosforečnanového fosforu ($P-PO_4^{3-}$) byly zjištěny spektrofotometrickou detekcí s využitím metody průtokové injekční analýzy. Tato metoda byla provedena v automatickém analyzátoru FIAstar MT 5000 a FIAstar MT 5012 Foss-Tecator.

2.3.3 Zpracování zjištěných dat

Zjištěná data vodivosti, koncentrace nerozpuštěných látek (NL_{105}), koncentrace celkového organického uhlíku (TOC), celkového dusíku (TN), dusičnanového dusíku ($N-NO_3^-$) a fosforečnanového fosforu ($P-PO_4^{3-}$) z odebraných vzorků Bedřichovského potoka byla vyhodnocena v programu Microsoft Excel a STATISTICA CZ 12, kde byl stanoven průměr, směrodatná odchylka a rozsah neodlehých hodnot. Data byla dle potřeby mezi sebou následně porovnávána.

Jelikož jednotlivé koncentrace, které byly naměřené, nevypovídají vše o sledovaných subpovodích, a to z důvodu jejich rozdílné rozlohy a množství odtékající vody z nich, bylo tedy zapotřebí zajistit další důležitá data pro správné vyhodnocení. Proto byl z koncentrace, odtoku a rozlohy vypočítán specifický odtok přímo daných látek z povodí. Díky této hodnotě je možné definitivně porovnat, kolik dané látky z jednotlivého povodí odchází.



Obr. 3: Specifické odtoky (l/s ha) z horního a dolního subpovodí v závislosti na srážkové epizodě zaznamenané ve dnech 12. 6. 2018 – 17. 6. 2018.

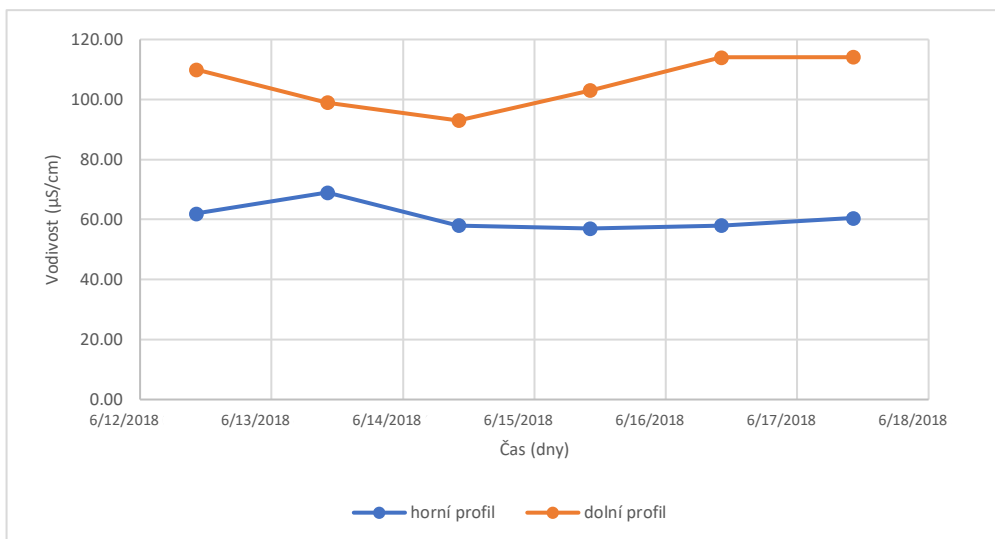
3 Výsledky

Pro zpracování diplomové práce bylo vybráno a zhodnoceno 6 parametrů povrchových vod z toku Bedřichovského potoka určujících jejich kvalitu. Vybranými parametry jsou vodivost, koncentrace nerozpuštěných látek (NL_{105}), koncentrace celkového organického uhlíku (TOC), celkový dusík (TN), dusičnanový dusík ($N-NO_3^-$), fosforečnanový fosfor ($P-PO_4^{3-}$). V grafech jsou data zpracována pro 6 dnů výrazné srážkové epizody (12. 6. 2018 až 17. 6. 2018) a pro hydrologický rok, trvající od 1. listopadu 2017 do 31. října 2018.

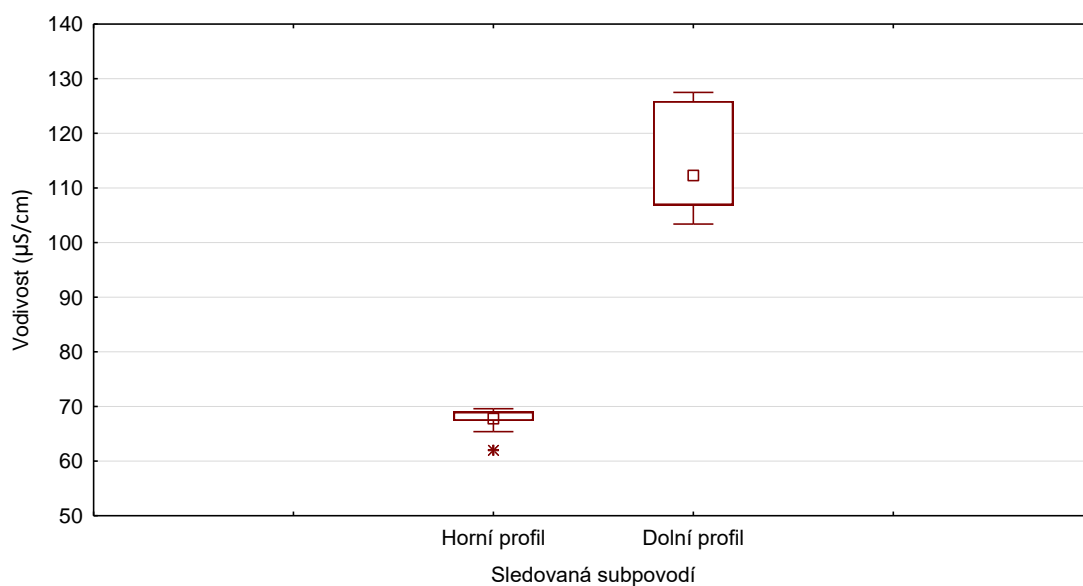
3.1 Vodivost

Hodnoty vodivosti (Obr. 4) při srážkové epizodě v povrchových vodách horního a dolního profilu Bedřichovského potoka byly rozdílné. Na horním profilu byla vodivost nižší a pohybovala se v rozmezí od 57 $\mu S/cm$ do 69 $\mu S/cm$. Došlo pouze k jednorázovému nárůstu (13. 6. 2018). Na dolním profilu byla vodivost všechny sledované dny vyšší, a to v rozmezí od 93 $\mu S/cm$ do 114,1 $\mu S/cm$. Vodivost měla zpočátku na dolním profilu klesající charakter a následně stoupala až do její maximální hodnoty.

Během hydrologického roku 2018 byly rozdíly hodnot vodivosti mezi horním a dolním profilem Bedřichovského potoka poměrně výrazné (Obr. 5). Vodivost na horním profilu dosahovala pouze nízkého rozpětí hodnot, a to od 62 $\mu S/cm$ do 69,6 $\mu S/cm$. Vodivost na dolním profilu se pohybovala v rozmezí hodnot od 103,4 $\mu S/cm$ do 127,5 $\mu S/cm$.



Obr. 4: Vodivost povrchových vod v korytě vodního toku Bedřichovského potoka, odebraných z horního a dolního profilu v průběhu srážkové epizody od 12. 6. 2018 do 17. 6. 2018



Obr. 5: Vodivost (medián, kvartily, rozsah neodlehých hodnot, odlehlé hodnoty) v povrchových vodách horního a dolního profilu Bedřichovského potoka za hydrologický rok 2018

3.2 Nerozpuštěné látky

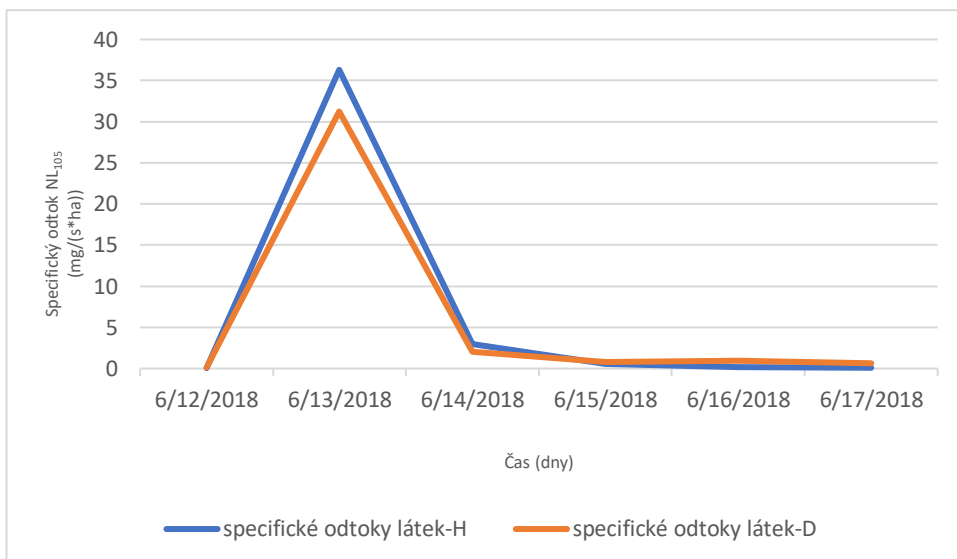
Koncentrace NL_{105} (Obr. 6) v průběhu srážkové epizody v povrchových vodách horního a dolního profilu Bedřichovského potoka měla podobný průběh. Nejvyšší koncentrace NL_{105} byla na obou profilech zaznamenána (13. 6. 2018) po počátečním jednorázovém nárůstu. Následně množství NL_{105} v povrchových vodách klesalo. Na horním profilu se koncentrace NL_{105} pohybovala v rozmezí od 2 mg/l do 60 mg/l a na dolním profilu od 3,60 mg/l do 42 mg/l.

Na (Obr. 7) je porovnání specifických odtoků NL_{105} při srážkové epizodě v povrchových vodách horního a dolního profilu Bedřichovského potoka. Druhý sledovaný den došlo na obou profilech k jednorázovému nárůstu a následně měly hodnoty klesající charakter. Na horním profilu se specifický odtok NL_{105} pohyboval v hodnotách od 0,05 mg/(s ha) do 36,31 mg/(s ha) a na dolním profilu od 0,12 mg/(s ha) do 31,25 mg/(s ha).

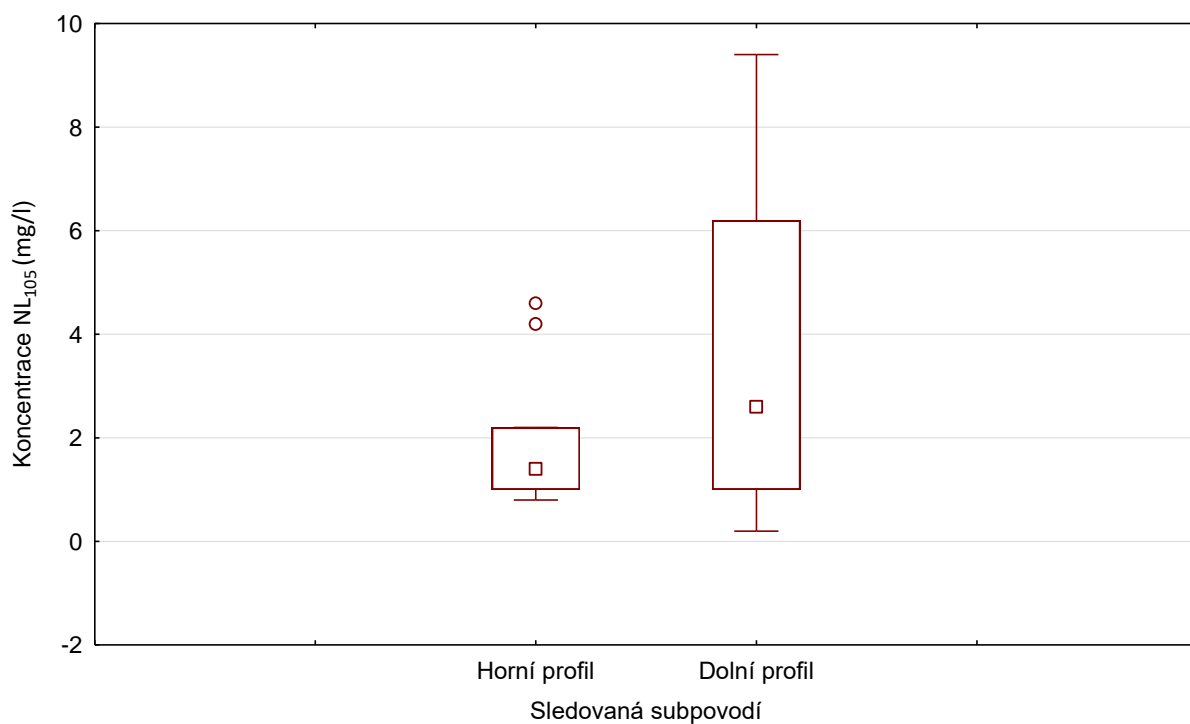
Koncentrace NL_{105} v povrchových vodách Bedřichovského potoka během hydrologického roku 2018 dosahovala rozdílných hodnot na horním a dolním profilu (Obr. 8). Na horním profilu byly hodnoty nižší a pohybovaly se v rozmezí od 0,8 mg/l do 4,6 mg/l. V měsíci květnu (2018) došlo na dolním profilu k jednorázovému nárůstu, ale během celého hydrologického roku se hodnoty pohybovaly od 0,2 mg/l do 9,4 mg/l.



Obr. 6: Koncentrace NL_{105} (mg/l) v povrchových vodách horního a dolního profilu Bedřichovského potoka v průběhu srážkové epizody od 12. 6. 2018 do 17. 6. 2018



Obr. 7: Specifické odtoky NL₁₀₅ (mg/(s ha)) povrchových vod z horního a dolního profilu Bedřichovského potoka v průběhu srážkové epizody od 12. 6. 2018 do 17. 6. 2018



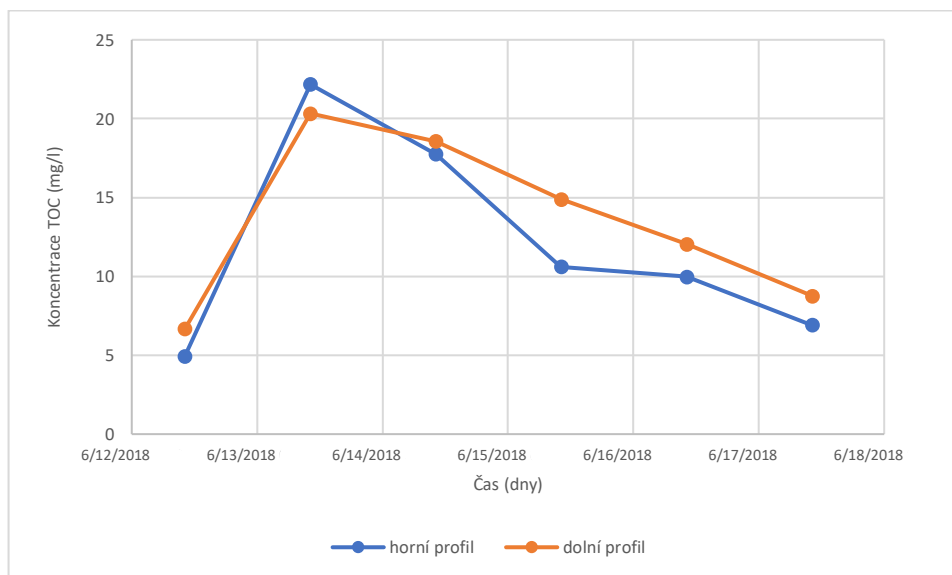
Obr. 8: Koncentrace NL₁₀₅ (medián, kvartily, rozsah neodlehých hodnot, odlehle hodnoty) v povrchových vodách horního a dolního profilu Bedřichovského potoka za hydrologický rok 2018

3.3 Celkový organický uhlík

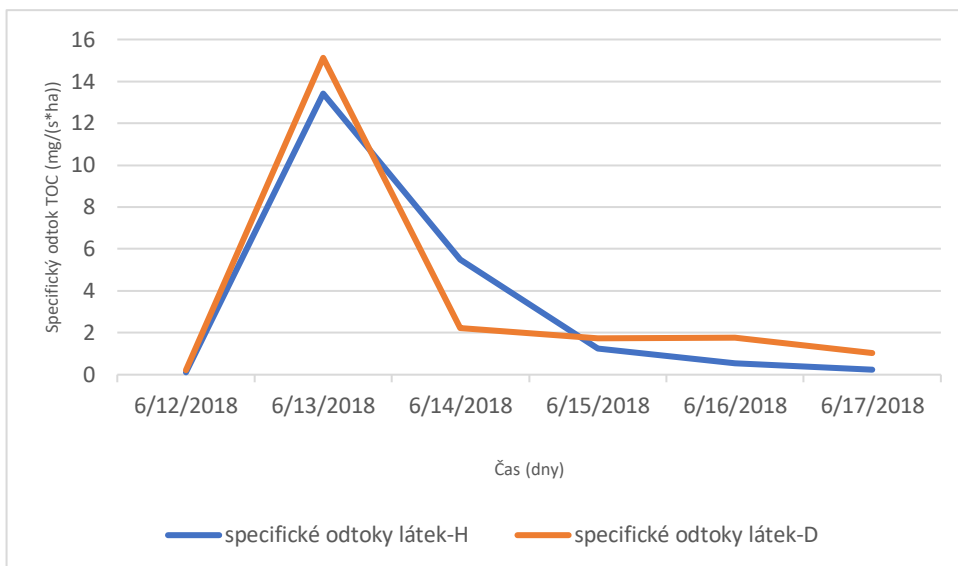
Koncentrace TOC (Obr. 9) v průběhu srážkové epizody na horním a dolním profilu Bedřichovského potoka dosahovala podobných počátečních hodnot. Na obou profilech bylo druhý sledovaný den dosaženo maximální hodnoty. Následně na horním profilu koncentrace TOC klesala rychleji než na dolním profilu. Její hodnoty se pohybovaly od 4,95 mg/l do 22,17 mg/l. Na dolním profilu, který měl po dosažení své nejvyšší koncentrace mírný klesající charakter, bylo rozpětí hodnot od 6,67 mg/l do 20,33 mg/l.

Na (Obr. 10) je zaznamenán specifický odtok TOC, při srážkové epizodě v povrchových vodách, horního a dolního profilu Bedřichovského potoka. Zpočátku byl velmi podobný nárůst hodnot až na maximální specifický odtok TOC. Na horním profilu se hodnoty pohybovaly od 0,11 mg/(s ha) do 13,42 mg/(s ha). Na dolním profilu byl specifický odtok v rozmezí hodnot od 0,21 mg/(s ha) do 15,12 mg/(s ha).

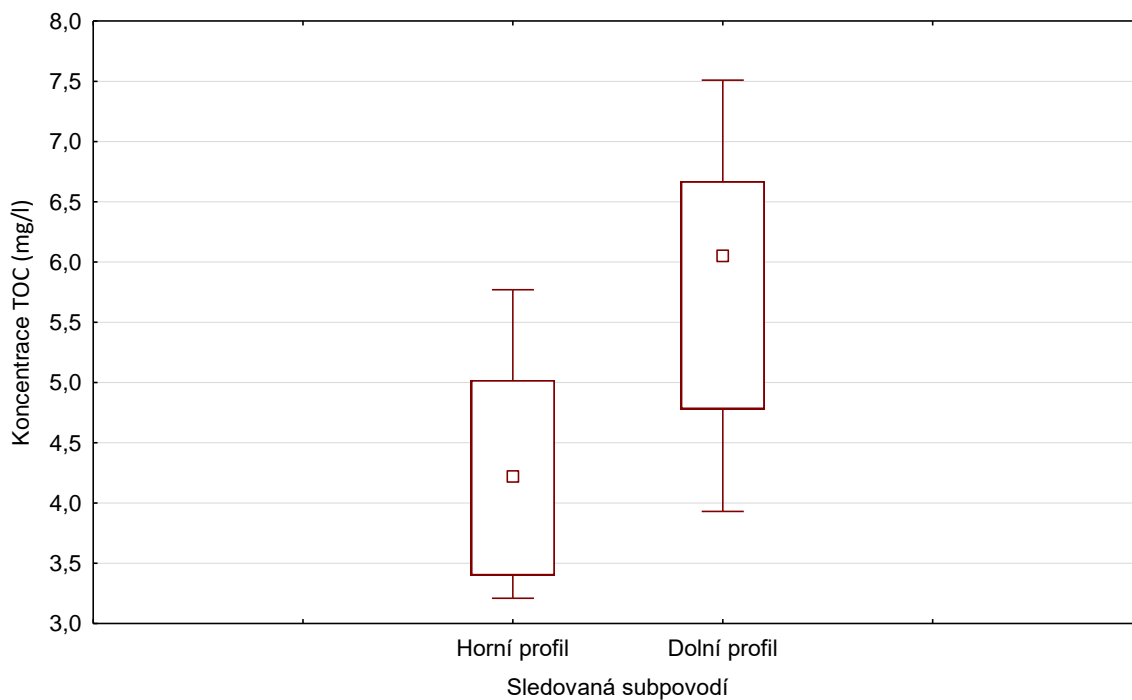
Hodnoty koncentrace TOC během hydrologického roku 2018 v povrchových vodách na horním a dolním profilu Bedřichovského potoka jsou zaznamenány na (Obr. 11). S výjimkou měsíce listopadu (2018) byla koncentrace na dolním profilu vždy vyšší. Na horním profilu se koncentrace pohybovala v hodnotách od 3,21 mg/l do 5,77 mg/l. Maximální koncentrace na dolním profilu byla naměřena v lednu (2018) a dosahovala rozpětí hodnot od 3,93 mg/l do 7,51 mg/l.



Obr. 9: Koncentrace TOC (mg/l) v povrchových vodách horního a dolního profilu Bedřichovského potoka v průběhu srážkové epizody od 12. 6. 2018 do 17. 6. 2018



Obr. 10: Specifické odtoky TOC (mg/(s ha)) z horního a dolního profilu Bedřichovského potoka v průběhu srážkové epizody od 12. 6. 2018 do 17. 6. 2018



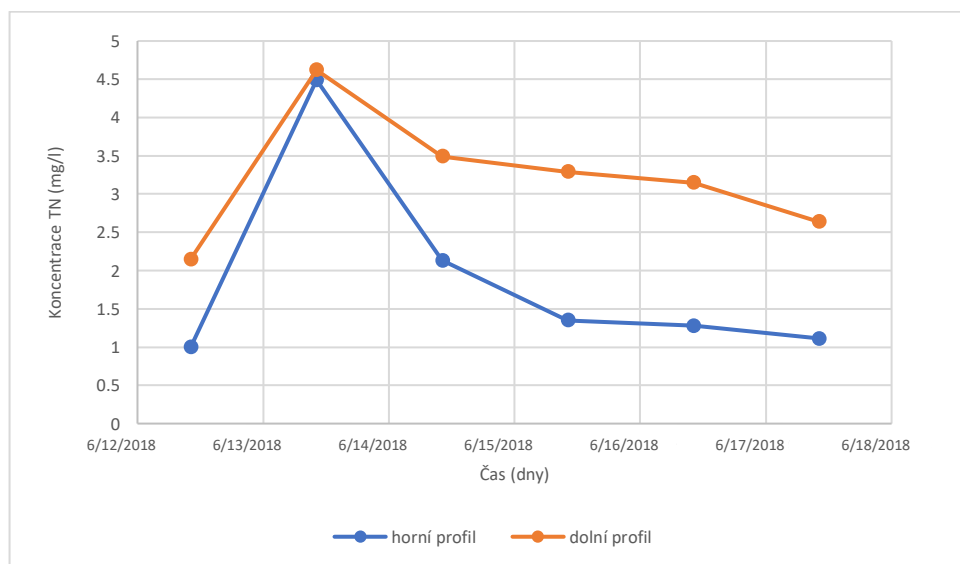
Obr. 11: Koncentrace TOC (medián, kvartily, rozsah neodlehých hodnot, odlehle hodnoty) v povrchových vodách horního a dolního profilu Bedřichovského potoka za hydrologický rok 2018

3.4 Celkový dusík

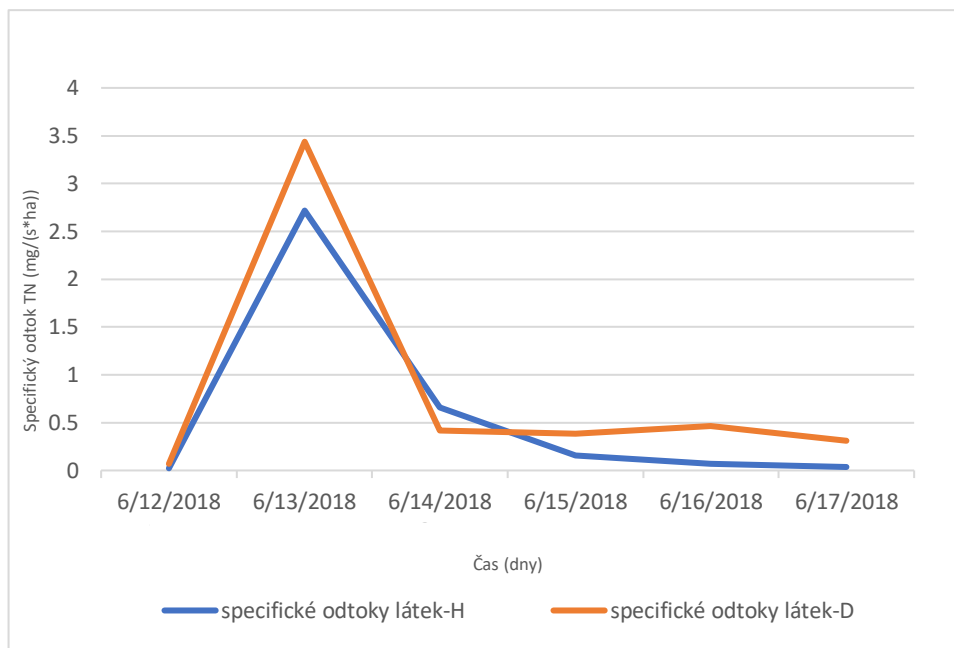
Koncentrace TN v povrchových vodách horního a dolního profilu Bedřichovského potoka během srážkové epizody je zobrazena na (Obr. 12). Na horním profilu se koncentrace pohybovaly od 1 mg/l do 4,49 mg/l. Hodnoty koncentrace na dolním profilu byly v rozmezí od 2,15 mg/l do 4,62 mg/l. Zpočátku srážkové epizody koncentrace stoupala na obou profilech do své maximální hodnoty a následně nabrala klesající charakter. Koncentrace na dolním profilu klesala pozvolněji a držela značně vyšší hodnoty než na horním profilu.

Specifický odtok TN v povrchových vodách dolního a horního profilu Bedřichovského potoka představuje (Obr. 13). Na horním i dolním profilu byl nejvyšší specifický odtok TN zaznamenán 13. 6. 2018. Na horním profilu dosahoval specifický odtok hodnot od 0,02 mg/(s ha) do 2,72 mg/(s ha). Na dolním profilu se specifický odtok pohyboval v rozmezí od 0,07 mg/(s ha) do 3,44 mg/(s ha).

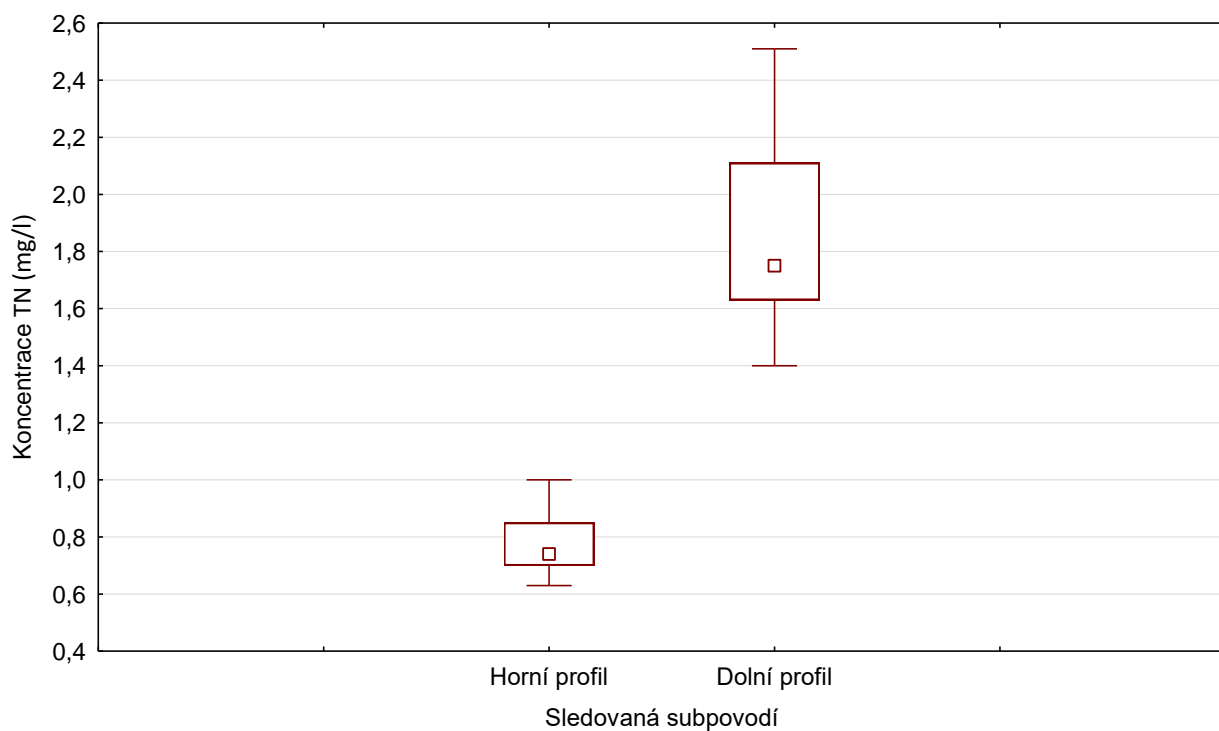
Koncentrace TN během hydrologického roku 2018 (Obr. 14) na horním a dolním profilu Bedřichovského potoka dosahovala značně odlišných hodnot. Na horním profilu byla koncentrace výrazně nižší než na profilu dolním a pohybovala se v rozmezí hodnot od 0,63 mg/l do 0,87 mg/l. Na dolním profilu byla v červenci (2018) zaznamenána nejvyšší koncentrace TN za celý hydrologický rok 2018. Koncentrace na dolním profilu dosahovala hodnot od 1,4 mg/l do 2,51 mg/l.



Obr. 12: Koncentrace TN (mg/l) v povrchových vodách horního a dolního profilu Bedřichovského potoka v průběhu srážkové epizody od 12. 6. 2018 do 17. 6. 2018



Obr. 13: Specifické odtoky TN (mg/(s ha)) z horního a dolního profilu Bedřichovského potoka v průběhu srážkové epizody od 12. 6. 2018 do 17. 6. 2018



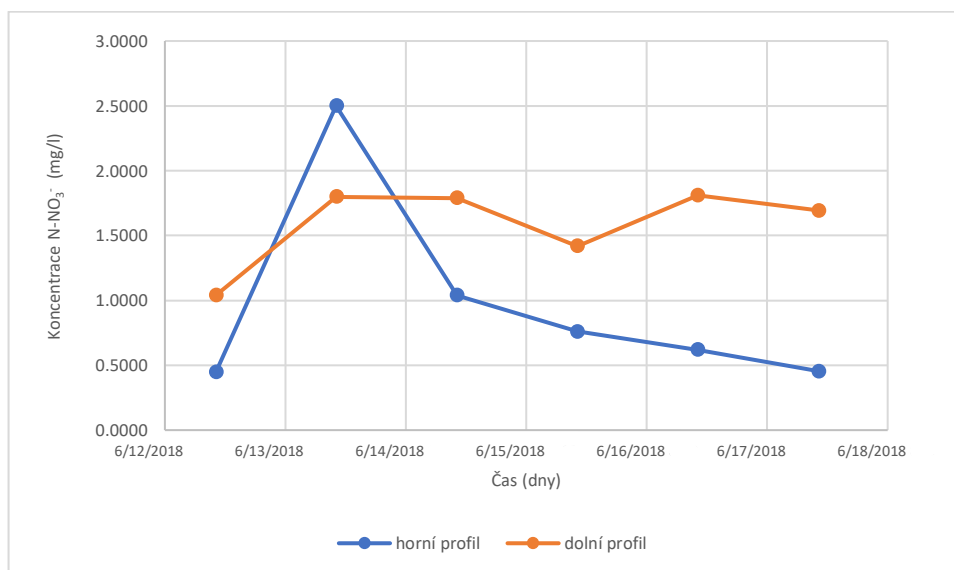
Obr. 14: Koncentrace TN (medián, kvartily, rozsah neodlehých hodnot, odlehle hodnoty) v povrchových vodách horního a dolního profilu Bedřichovského potoka za hydrologický rok 2018

3.5 Dusičnanový dusík

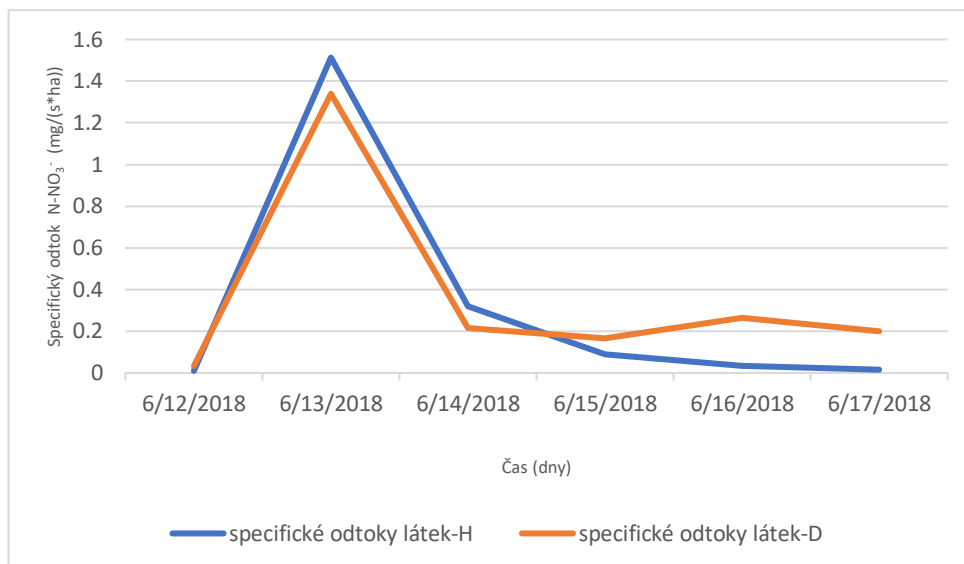
Hodnoty koncentrace N-NO_3^- (Obr. 15) v povrchových vodách horního a dolního profilu Bedřichovského potoka v průběhu srážkové epizody byly výrazně odlišné. Na horním profilu koncentrace prudce stoupla do svého maxima a poté klesala. Její hodnoty se pohybovaly v rozmezí od 0,45 mg/l do 2,5 mg/l. Na dolním profilu měla koncentrace N-NO_3^- mírně kolísavý charakter a hodnoty se pohybovaly od 1,04 mg/l do 1,81 mg/l.

Specifický odtok N-NO_3^- je zobrazený na (Obr. 16) během srážkové epizody v povrchových vodách horního a dolního profilu Bedřichovského potoka. Specifický odtok měl na obou profilech zpočátku velmi podobný průběh, stoupal na nejvyšší hodnotu (13. 6. 2018) a následně výrazně klesal. Na horním profilu se hodnoty specifického odtoku pohybovaly v rozmezí od 0,01 mg/(s ha) do 1,51 mg/(s ha). Po výrazném poklesu na dolním profilu následoval ještě mírný nárůst. Hodnoty specifického odtoku byly v rozmezí od 0,03 mg/(s ha) do 1,34 mg/(s ha).

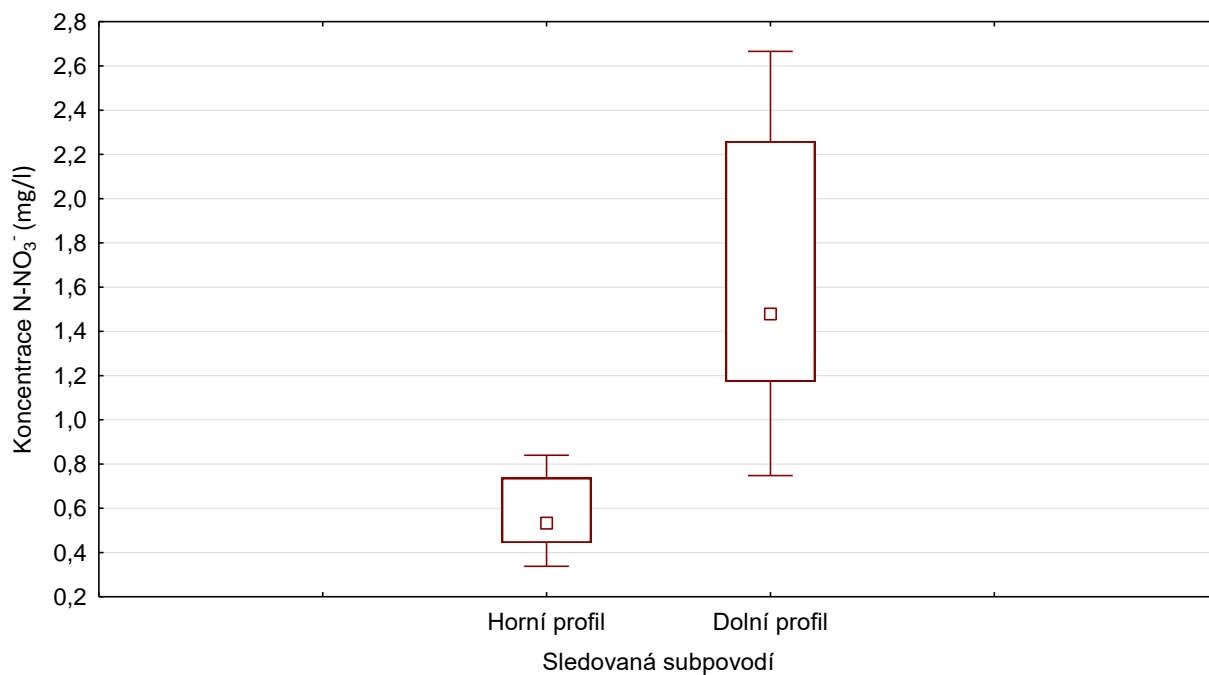
Koncentrace N-NO_3^- během hydrologického roku 2018 (Obr. 17) v povrchových vodách horního a dolního profilu Bedřichovského potoka byla rozdílná. Na horním profilu byly hodnoty nižší a pohybovaly se v rozmezí od 0,34 mg/l do 0,84 mg/l. Na dolním profilu byla v únoru naměřena nejvyšší hodnota za celý hydrologický rok 2018. Koncentrace se pohybovala v rozmezí od 0,75 mg/l do 2,67 mg/l.



Obr. 15: Koncentrace N-NO_3^- (mg/l) v povrchových vodách horního a dolního profilu Bedřichovského potoka v průběhu srážkové epizody od 12. 6. 2018 do 17. 6. 2018



Obr. 16: Specifické odtoky N-NO₃⁻ (mg/(s ha)) z horního a dolního profilu Bedřichovského potoka v průběhu srážkové epizody od 12. 6. 2018 do 17. 6. 2018



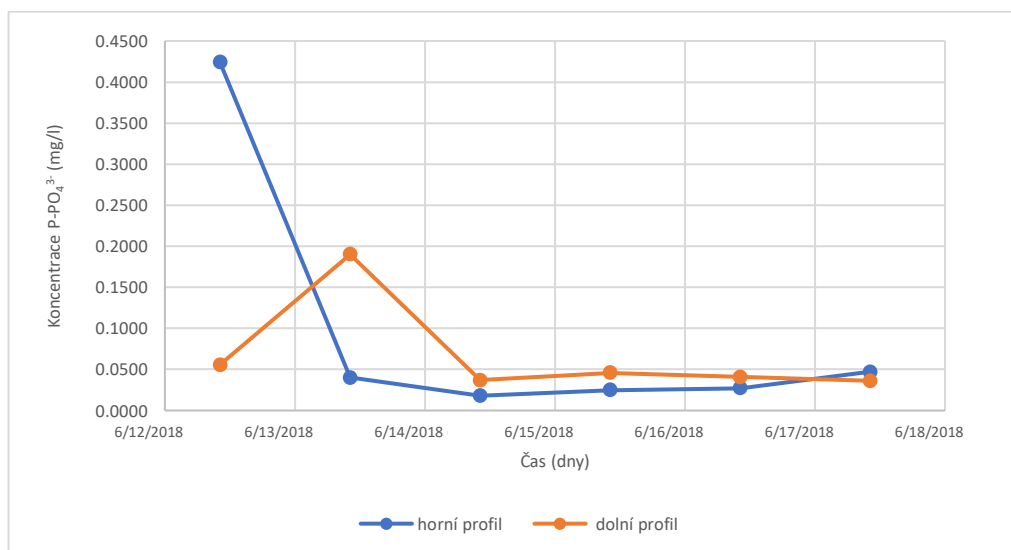
Obr. 17: Koncentrace N-NO₃⁻ (medián, kvartily, rozsah neodlehých hodnot, odlehle hodnoty) v povrchových vodách horního a dolního profilu Bedřichovského potoka za hydrologický rok 2018

3.6 Fosforečnanový fosfor

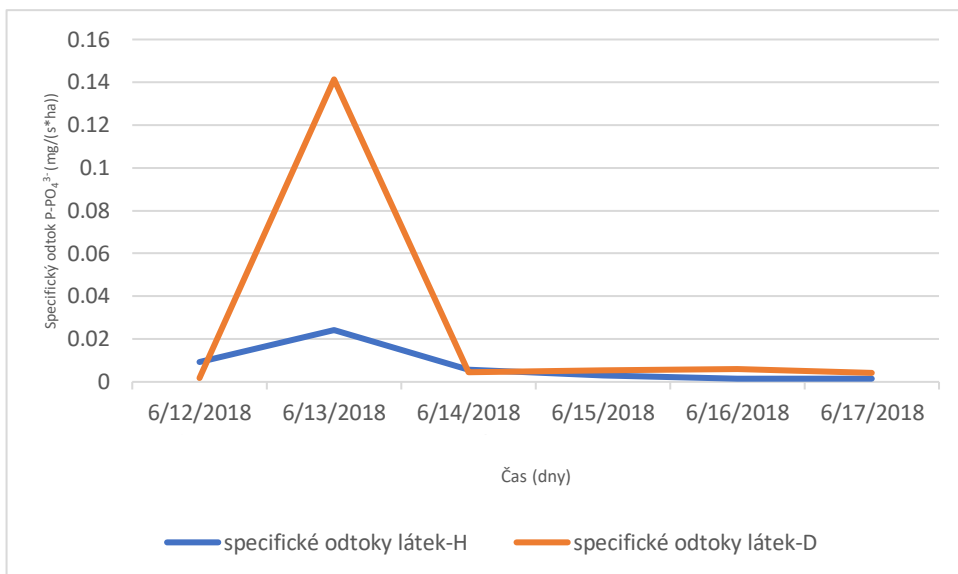
Koncentrace P-PO_4^{3-} je na (Obr. 18) v povrchových vodách Bedřichovského potoka v průběhu srážkové epizody. Hodnoty koncentrace jsou rozdílné na horním a dolním profilu. Na horním profilu byla naměřena celkově nejvyšší koncentrace, a to 0,42 mg/l. Následně její hodnota výrazně klesla. Koncentrace P-PO_4^{3-} se na horním profilu pohybovala v hodnotách od 0,02 mg/l až do již zmíněných 0,42 mg/l. Na dolním profilu byl zaznamenán pouze jednorázový nárůst hodnot (14. 6. 2018) a hodnoty kolísaly v rozmezí od 0,04 mg/l do 0,19 mg/l.

Specifický odtok P-PO_4^{3-} v povrchových vodách horního a dolního profilu Bedřichovského potoka je zobrazen na (Obr. 19). Rozdíly mezi jednotlivými profily byly velmi výrazné ve dnech od 12. 6. 2018 do 14. 6. 2018 a následně dosahovaly podobných hodnot. Specifické odtoky se na horním profilu pohybovaly v rozmezí od 0,002 mg/(s ha) do 0,020 mg/(s ha). Na dolním profilu byl zaznamenán nejvyšší specifický odtok. Byly zde zjištěny hodnoty od 0,02 mg/(s ha) do 0,14 mg/(s ha).

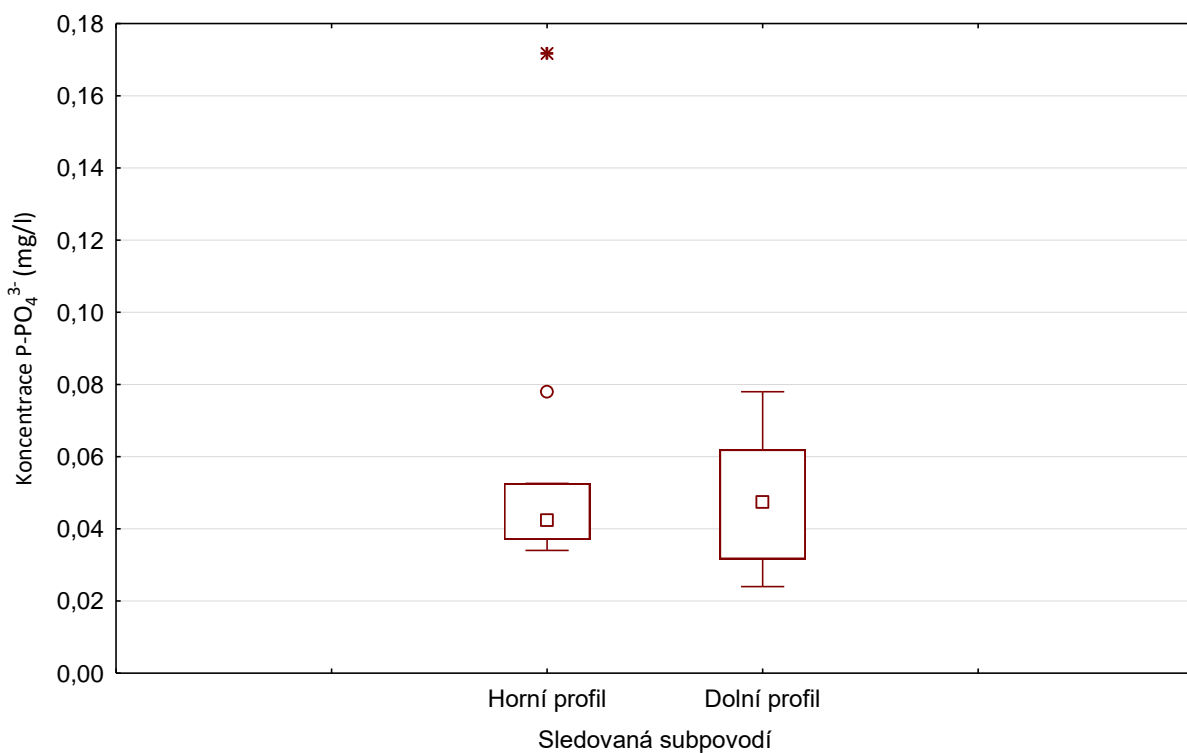
Koncentrace P-PO_4^{3-} na horním a dolním profilu Bedřichovského potoka během hydrologického roku 2018 (Obr. 20) dosahovala podobných hodnot. Byla zaznamenána pouze jedna vyšší koncentrace na horním profilu v květnu 2018. Hodnoty se zde pohybovaly od 0,03 mg/l do 0,17 mg/l. Na dolním profilu byly hodnoty v rozmezí od 0,02 mg/l do 0,08 mg/l.



Obr. 18: Koncentrace P-PO_4^{3-} (mg/l) v povrchových vodách horního a dolního profilu Bedřichovského potoka v průběhu srážkové epizody od 12. 6. 2018 do 17. 6. 2018



Obr. 19: Specifické odtoky P-PO₄³⁻ (mg/(s ha)) z horního a dolního profilu Bedřichovského potoka v průběhu srážkové epizody od 12. 6. 2018 do 17. 6. 2018



Obr. 20: Koncentrace P-PO₄³⁻ (medián, kvartily, rozsah neodlehých hodnot, odlehle hodnoty) v povrchových vodách horního a dolního profilu Bedřichovského potoka za hydrologický rok 2018

4 Diskuze

4.1 Vodivost

Vodivost je jedním ze základních fyzikálně-chemických parametrů běžně stanovovaných při hodnocení kvality vod. Voda získává vlastnost vodivosti vlivem rozpuštěných minerálních látek. Závisí na koncentraci iontů, jejich pohyblivosti a teplotě. Obvykle je vodivost měřena při teplotě 25 °C nebo se na ni přepočítává (Pitter, 2015). Jednotkou vodivosti je $\mu\text{S}/\text{cm}$ a její hodnoty se běžně v povrchových vodách pohybují v rozmezí od 50-500 $\mu\text{S}/\text{cm}$ (Nábělková a Nekovářová, 2010).

Horní subpovodí Bedřichovského potoka je tvořeno převážně lesy a malou část zde zaujímají také trvale travní porosty. Na horním profilu byla průměrná vodivost během srážkové epizody nižší, a to 60,75 $\mu\text{S}/\text{cm}$. Vodivost na dolním profilu byla téměř dvojnásobná a mohla být způsobena především množstvím zemědělsky obhospodařované půdy nebo zastavěnými plochami. Povrchové vody v okolí lesních porostů nebo málo obhospodařovaných zemědělských ploch (horní profil) dosahují běžně nižších hodnot vodivosti (Procházka a kol., 2001 b). Luční ekosystémy nebo travní porosty, které jsou zde také částečně zastoupeny, působí velmi pozitivně kvůli zadržení vody a zabránění tak vymývání iontů z půdy do povrchových vod (Kvítek a Tipl, 2003). Naopak z orné půdy mohou být povrchovým odtokem vymývány minerální látky a při erozi za nedostatku vegetačního pokryvu zvyšovat vodivost odtékajících povrchových vod, jak lze pozorovat na datech z dolního profilu.

4.2 Nerozpuštěné látky

NL₁₀₅ můžeme chápat jako látky v pevném skupenství, které jsou z vody odstranitelné filtrací nebo odstředěním při vhodných podmínkách. Často se také označují jako látky suspendované, které volně sedimentují, a tím nezahrnují koloidní disperze (Horáková a kol., 2007). Mezi nejčastější příklady nerozpuštěných látek v přírodních povrchových vodách patří hlinitokřemičitany, hydratované oxidy kovů (Fe, Mn nebo Al), fytoplankton, zooplankton a tuky (Pitter, 1999).

Zdrojem NL₁₀₅ dostávajících se do povrchových vod je celá řada, ale těmi nejčastějšími jsou zejména erozní procesy a odpadní vody (Richter, 2014).

Během srážkové epizody byla na horním profilu Bedřichovského potoka průměrná koncentrace NL_{105} 13,6 mg/l. Maximální hodnota koncentrace na dolním profilu byla nižší a průměrná koncentrace byla NL_{105} 13,53 mg/l. Na obou profilech byl zaznamenán jednorázový nárůst hodnot a to ve stejný den. Zvýšená koncentrace dolního profilu byla zapříčiněna prudkými atmosférickými srážkami a následným splachem látek ze zastavěných ploch a zemědělské půdy, který se v okolí Bedřichovského potoka nachází. Při porovnání horního a dolního profilu během celého hydrologického roku 2018 je zřejmé, že koncentrace na dolním profilu byla vyšší. Důvodem je výrazně menší vegetační pokryv orné půdy, který nedokáže zadržet takové množství vody jako lesní porost na horním profilu. Ve sledovaný den, kdy se objevila velmi silná atmosférická srážka, byla koncentrace NL_{105} na horním profilu vyšší, avšak pokud porovnáme specifické odtoky NL_{105} lze vidět, že rozdíly nejsou nikterak velké. Jako roční průměr přípustného znečištění povrchových vod NL_{105} je podle nařízení vlády 401/2015 Sb. uváděna koncentrace 20 mg/l.

4.3 Celkový organický uhlík

TOC je jedním z parametrů uváděných u vod a udává v nich přítomné množství organických látek. Nejčastějšími organickými látkami ve vodách jsou huminové kyseliny a fulvokyseliny, které se v nich vyskytují přirozeně a jsou zapojeny do přírodních cyklů (Pitter, 1999).

Přirozeným zdrojem TOC jsou z největší části biologické pochody jako rozklad organické hmoty a produktů metabolických pochodů. Antropogenním zdrojem emisí TOC může být jakákoliv organická látka, která se dostává do přírodních vod. Častým zdrojem TOC bývá zemědělská činnost a její odpadní materiály (kaly, výluhy), odpadní vody z potravinářského průmyslu (zbytky jídla) nebo výluhy ze skládky odpadů (Pitter, 2009).

Při srážkové epizodě byly hodnoty na obou profilech Bedřichovského potoka poměrně vyvážené. Na horním profilu byla průměrná koncentrace TOC 12,1 mg/l. Na dolním profilu byla průměrná koncentrace 13,5 mg/l. V obou případech došlo při prudkých atmosférických srážkách k nárůstu hodnot koncentrace. Následkem nárůstu množství atmosférických srážek mohlo dojít na horním profilu k vyplavení TOC z lesů i přesto, že les je dobře krytý vegetací. Právě v lesním prostředí bývá poměrně velké

množství nerozložené organické hmoty. Na dolním profilu především v orné půdě není takové množství TOC, protože podléhá rychle mineralizaci. Proto mohou být v tomto případě specifické odtoky obou profilů srovnatelné. Pokud porovnáme koncentrace TOC za celý hydrologický rok 2018, kde hodnoty nemohou být ovlivněny jednorázovou prudkou atmosférickou srážkou, tak je zřejmé, že lesní prostředí kvůli lepšímu krytu vegetace ovlivňuje horní profil a hodnoty koncentrace TOC jsou zde nižší. Přípustná průměrná koncentrace TOC za rok v povrchových vodách je uváděna jako 10 mg/l (nařízení vlády č. 401/2015 Sb.).

4.4 Celkový dusík

TN ve vodě je dán součtem koncentrací dusíku ve všech anorganických (NH_3 , NH_4^+ , NO_2^- , NO_3^-) a organických sloučeninách dusíku. Celkový dusík je skupinový analytický ukazatel a využívá se při stanovení látkové dusíkaté bilance povrchových a odpadních vod (Ambrožová, 2003).

Dusík se vyskytuje v atmosféře ve formě oxidů N_2O , NO a NO_2 nebo NH_3 . Tyto formy dusíku jsou buď přírodního, nebo antropogenního původu. Dostávají se do atmosféry jako vedlejší produkt spalování nebo při vzniku blesku. Následnými reakcemi pak vznikají dusičnany či dusitany. Do půdy se dostává dusík především pomocí hojně využívaných dusíkatých hnojiv v zemědělství, fixací elementárního dusíku některými mikroorganismy nebo rozkladem organických látek rostlinného a živočišného původu. Z půdy se může především při vysokých atmosférických srážkách vyplavit do povrchových a podpovrchových vod. Dalším významným zdrojem dusíku ve vodách jsou splaškové odpadní vody nebo odpadní vody ze zemědělství (Horáková a kol., 2007).

Průměrná koncentrace TN během srážkové epizody na horním profilu koryta Bedřichovského potoka byla 1,9 mg/l. Na dolním profilu byla průměrná koncentrace TN více než jeden a půlkrát větší. Hodnoty koncentrace TN ve sledované dny dosáhly ve svých maximálních hodnotách velmi podobných koncentrací, a to kvůli prudkým atmosférickým srážkám, které tyto hodnoty bezpochyby ovlivnily. Ovšem celoročně vyšší koncentrace TN byla na dolním profilu koryta Bedřichovského potoka a může být následkem množství zemědělsky využívané půdy v přímém okolí toku. Zejména pak hnojiva, která jsou dusičnanového původu, ovlivňují výrazně hodnoty

koncentrace. Průměrná roční přípustná koncentrace TN v povrchových vodách je 6 mg/l (nařízení vlády č. 401/2015 Sb.).

4.5 Dusičnanový dusík

Do povrchových vod se látky jako dusičnany dostávají zcela přirozeným způsobem, kdy se pomocí srážek vymývají z atmosféry oxidy dusíku. Zdrojem dusičnanů mohou být také hnojiva. Množství takového dusíku je ovlivněno částečně znečištěním ovzduší antropogenní činností. Z podpovrchových vod se také dusičnany mohou uvolňovat do povrchových vod (Zalewski a kol., 2008). Podle Pittera (2009) je v čistých povrchových vodách koncentrace N-NO_3^- obvykle nízká pod 1 mg/l a ve vodách znečištěných může koncentrace překročit hodnotu 10 mg/l.

Na horním profilu Bedřichovského potoka byla průměrná koncentrace N-NO_3^- ve sledované dny během srážkové epizody (13. 6. 2018 – 17. 6. 2018) téměř jeden mg/l. Na dolním profilu byla průměrná koncentrace 1,59 mg/l a taktéž celoroční vývoj koncentrace N-NO_3^- ukazuje, že na dolním profilu byla koncentrace výrazně vyšší. Dle nařízení vlády č. 401/2015 Sb. je povolený maximální roční průměr koncentrace N-NO_3^- v povrchových vodách 5,4 mg/l. V korytě Bedřichovského potoka byla nejvyšší hodnota 2,5 mg/l a tedy rozhodně splňuje toto vládní nařízení. Hodnoty, které byly zjištěny na dolním profilu Bedřichovského potoka, mohou být následkem zemědělsky využívaných a hnojených pozemků v blízkém okolí toku. Hnojiva sama o sobě nemusí být pro povrchové vody zásadním problémem, ale spíše je to přisuzováno jejich nadměrnému používání nebo špatné aplikaci. Pokud tedy pohojíme pozemek nezávisle na počasí a přijde prudká atmosférická srážka, tak velké množství dusíku je vyplaveno právě do vod (Kremsera, Chung, 2002). Antropogenní činnost zastavěných ploch také mohla přispět vyšší koncentrací.

4.6 Fosforečnanový fosfor

Jedním ze způsobů, jak se do vod dostává fosfor, je přirozenou cestou skrze rozpouštění a vyluhování minerálů, půd nebo zvětralých hornin. Organickým zdrojem může být také rozklad biomasy zooplanktonu a fytoplanktonu. Anorganický fosfor se do vod dostává především antropogenní činností ve formě splaškových odpadních vod,

kteře mohou obsahovat řůzné detergenty. Zemědělství má také svůj podíl na zvyšování koncentrace fosforu ve vodách díky hnojivům obsahující fosfor a odpadům z chovů hospodářských zvířat (Pitter, 2009). I přesto, že fosfor se účastní přírodních koloběhů látek, tak jeho větší množství v povrchových vodách není žádoucí a způsobuje spolu s dalšími prvky tzv. eutrofizaci vod (Synáčková, 1994).

Při srážkové epizodě na horním profilu Bedřichovského potoka byla průměrná koncentrace $P-PO_4^{3-}$ 0,097 mg/l. Dle Pittera (2009) je běžná koncentrace v povrchových vodách výrazně pod 1 mg/l. Tyto hodnoty splňuje horní i dolní profil, kde byla zjištěna téměř trojnásobně menší koncentrace než na horním profilu. Ačkoliv hodnoty PO_4^{3-} nejsou nijak vysoké, tak jejich zvýšení především na dolním profilu může být zapříčiněno okolní zemědělsky využívanou ornou půdou a z ní vyplavováním fosforu při větších atmosférických srážkách. V některých případech se může fosfor kumulovat na dně koryta jako sediment a při následné prudké atmosférické srážce může být uvolněn a je tak možné zjistit vyšší koncentraci (Pitter, 2009). Takový případ by mohl nastat na horním profilu, kde byla naměřena nejvyšší jednorázová koncentrace a mohlo dojít ke kumulaci fosforu a následně uvolnění po prudké atmosférické srážce, která v tyto sledované dny byla.

I přesto, že na horním profilu byla naměřena nejvyšší koncentrace $P-PO_4^{3-}$ za všechny sledované dny během srážkové epizody (Obr. 18), tak pokud přepočteme koncentrace na specifické odtoky $P-PO_4^{3-}$ (Obr. 19) ve stejné dny, kdy taktéž byla zaznamenána prudká atmosférická srážka, je viditelné, že naopak na horním profilu je výrazně menší specifický odtok $P-PO_4^{3-}$. Je proto velmi důležité vyhodnotit koncentrace i specifické odtoky požadované látky a vzájemně tyto hodnoty porovnat.

Pokud si rozebereme koncentrace jednotlivých sledovaných parametrů, tak můžeme vidět, že v některých případech byla koncentrace na horním profilu vyšší než na profilu dolním. Následně však při porovnání specifických odtoků zjistíme, že ve většině případů nemá horní profil vyšší odtok než dolní profil. A to i přesto, že horní profil Bedřichovského potoka má vyšší průměrnou nadmořskou výšku, výrazně vyšší průměrný sklon a také má vyšší hustotu sítě toků než profil dolní. Toto zjištění je důkazem toho, že přírodní a v tomto případě z velké části stromová vegetace dokáže výrazně zabránit odtoku látek. Jak uvádí BIO Intelligence Service (2014) lesní porosty zadržují nejvíce srážkové vody (listnaté více než jehličnaté) a díky vysoké evapotranspiraci je dlouhodobý odtok nižší než u jiného druhu vegetace. Na druhé

straně zemědělsky využívané pozemky mají skoro vždy nižší schopnost zadržet vodu v půdě v porovnání s lesními porosty nebo trvalým zatravněním.

5 Závěr

Cílem diplomové práce bylo zaměřit se na 6 vybraných fyzikálně-chemických parametrů povrchových vod zvoleného subpovodí řeky Stropnice. Jako tok byl vybrán Bedřichovský potok, který je jejím levostranným přítokem. Zde byly zvoleny dva uzávěrové profily. Tyto profily byly rozděleny na horní a dolní profil a každý z nich poukazoval na jiné hospodaření v krajině. Horním profilem protéká voda z horní části povodí tohoto potoka, které zahrnuje převážně lesní krajinu s vegetačním pokryvem tvořeným vzrostlým lesem. Naopak povodí dolní části toku je spíše zemědělsky využívanou krajinou s částečně zastavěnými plochami. U dolního profilu, kterým protéká voda z dolní části toku, byl předpoklad pro znečištění povrchových vod vlivem eroze a splachu z půdy ze zemědělsky obhospodařovaných ploch, které nejsou chráněné vegetací, a může zde dojít k vyššímu obsahu látek.

Z výsledků je patrné, že míra znečištění povrchové vody ve sledovaném korytě Bedřichovského potoka je úměrná zastoupení zemědělsky využívaných ploch, tedy především orné půdy. I přesto, že některé koncentrace vybraných parametrů byly během sledované výrazné srážkové epizody na horním a dolním profilu srovnatelné nebo v některých případech vyšší, tak po vyhodnocení celoročních dat hydrologického roku 2018 je zřejmé, že zemědělské využívání, hnojení, nízký vegetační kryt a zastavěné plochy mají vliv na tyto parametry a zvyšování jejich hodnot.

Vodivost v povrchových vodách Bedřichovského potoka byla téměř dvojnásobně vyšší na dolním profilu toku, ale i v tomto případě se její hodnota pohybuje v běžných hodnotách.

Nerozpuštěné látky ve sledovaných povrchových vodách byly téměř poloviční oproti udávané průměrné hodnotě. Došlo pouze k jednorázovému zvýšení jejich koncentrace, a to při prudkých atmosférických srážkách a následovaným smyvem půdy do povrchových vod.

Celkový organický uhlík vykazoval poměrně velké rozpětí hodnot v průběhu srážkové epizody a je patrné, že byl ovlivněn atmosférickými srážkami. V průběhu celého hydrologického roku 2018 je na horním profilu koncentrace celkového organického uhlíku nižší, především kvůli dobrému lesnímu vegetačnímu krytu, a hodnoty tak splňují stanovené průměrné roční přípustné koncentrace v povrchových vodách.

Celkový dusík dosahoval vyšších hodnot koncentrace během srážkové epizody i během celého hydrologického roku 2018 na dolním profilu Bedřichovského potoka. To se dá přisuzovat množství zemědělsky využívané půdy a především používání hnojiv.

Koncentrace dusičnanového dusíku byla jednorázově ovlivněna prudkou atmosférickou srážkou a následným vyplavením dusičnanů z orné půdy do povrchových vod. Průměrná vyšší koncentrace během srážkové epizody byla naměřena na dolním profilu a i zde byla vyšší koncentrace během celého hydrologického roku 2018. Koncentrace s rezervou splňují stanovené průměrné roční přípustné koncentrace v povrchových vodách.

Fosforečnanový fosfor byl velmi výrazně ovlivněn prudkou atmosférickou srážkou a na horním profilu byla tak jeho koncentrace vyšší. Po přepočtu koncentrace na specifický odtok je zřejmé, že na dolním profilu byl několikanásobně vyšší odtok $P-PO_4^{3-}$. Za celý hydrologický rok 2018 byla pak průměrně vyšší koncentrace na dolním profilu. Fosforečnanový fosfor taktéž splňuje stanovené průměrné roční přípustné koncentrace v povrchových vodách.

Při zpracování diplomové práce jsem si ověřil, že složení povrchových vod z chemického hlediska zahrnuje i určité znečištění ze zemědělské činnosti již v podhorských a horských oblastech. Již zde povrchové vody obsahují některé látky, které mohou být v koncentraci, která může mít negativní vliv na životní prostředí i na zdraví organismů a člověka. Proto považuji za velice důležité tyto povrchové vody nadále pozorovat a snažit se systematicky snižovat znečišťování vodních toků lidskou činností již v horských a podhorských oblastech, zejména nadměrným nebo špatně aplikovaným hnojením a následným splachem z polí do povrchových vod. S určitou mírou znečištění se dokáže voda vypořádat díky samočisticí schopnosti, ale pokud je znečištění příliš velké, tak může být v některých případech již pro celou další část vodního toku v podstatě trvalé.

Důležitou roli v protierozní ochraně půdy má člověk, který ji dokáže významně ovlivnit. Je celá řada opatření, která dokážou zabránit nebo alespoň zmírnit vodní erozi a smyv látek do vodních toků. Již vhodně zvolený pozemek a jeho správné obhospodařování dokáže zabránit vodní erozi. Pozemek by neměl být příliš velký, a pokud je situován v kopci, tak by veškeré úkony na něm měly probíhat po vrstevnici, a to především orba. Možností je také vybudování různých technických opatření, jakými mohou být příkopy a průlehy nebo různé terasy, zatravněné plochy a

protierozní meze. Důležitou roli sehrává vegetační pokryv na pozemku. Dobře zvolená plodina chrání půdu před přímým dopadem kapek a následným narušením půdy. Také usnadňuje však dešťové vody do půdy a některé plodiny svým kořenovým systémem zvyšují soudržnost půdy, a ta se tak stává odolnější.

6 Literatura

AMBROŽOVÁ, J. (2003): Aplikovaná a technická hydrobiologie [Applied and technical hydrobiology]. Praha: Vysoká škola chemicko-technologická

BIO Intelligence Service (2014): Soil and water in a changing environment. Final Report prepared for European Commission (DG ENV), with support from HydroLogic.

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

BUZEK, L. (1983): Eroze půdy. 1. vyd. Ostrava: vyd. Pedagogická fakulta v Ostravě

FUČÍK, P., KVÍTEK, T., LEXA, M., NOVÁK, P., & BÍLKOVÁ, A. (2008): Assessing the stream water quality dynamics in connection with land use in agricultural catchments of different scales. Soil and Water Research, 3(3), 98-112.

HOLUBOVÁ, D. (2009): Voda jako nezbytná podmínka života.

HOLÝ, M. (1994): Eroze a životní prostředí. 1. vyd. Praha: vyd. ČVUT

HORÁKOVÁ M., LISCHÉ P., GRŮNWALD A. (1989): Chemické a fyzikální metody analýzy vod. Druhé vydání. Praha, SNTL – Nakladatelství technické literatury n. p., 392 s.

HORÁKOVÁ, M. a kol., (2003): Analytika vody. 2. vydání, (2007 dotisk). Vydavatelství VŠCHT, Vysoká škola chemicko-technologická v Praze, Praha

HRABÁNKOVÁ, A. (2016): Ochrana vod před dusičnany ze zemědělství. Vodohospodářské technicko-ekonomické informace, 58(5), 34-39.

CHÁBERA, S. (1982): Geologické zajímavosti jižních Čech. České Budějovice: Jihočeské nakladatelství

JANEČEK, M. a kol., (2005): Ochrana zemědělské půdy před erozí. 2. vyd. Praha: ISV nakladatelství

JANEČEK, M. (2007): Ochrana zemědělské půdy před erozí: metodika. Výzkumný ústav meliorací a ochrany půdy.

- KODEŠ, V., (2017): Pesticidy v podzemních vodách ČR. Jablonné nad Orlicí: Podzemní vody ve vodárenské praxi. Dostupné z www.vak.cz/soubory/Sbornik2017/Kodes.pdf
- KREMSERA, U., SCHNUG, E. (2002): Impact of fertilizers on aquatic ecosystems and protection of water, Kiel, Germany
- KVÍTEK, T. (2018): Retence a jakost vody v povodí vodárenské nádrže Švihov na Želivce: Význam retence vody na zemědělském půdním fondu pro jakost vody a současně i průvodce vodním režimem krystalinika. Povodí Vltavy, státní podnik.
- KVÍTEK, T., GERGEL J., ONDR, P., ZÁMIŠOVÁ. K. (2006): Zemědělské meliorace. 1. vydání. České Budějovice, Jihočeská univerzita v Českých Budějovicích, Zemědělská fakulta. ISBN 80-7040-858-8.
- 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., TIPPL, M. (2003): Ochrana povrchových vod před dusičnany z vodní eroze a hlavní zásady protierozní ochrany v krajině. Praha: Ústav zemědělských a potravinářských informací.
- MATĚJKOVÁ, Š., MIKYSKOVÁ, J., LIPAVSKY, J. (2006): Variabilní aplikace hnojiva a jeho využití zemědělskou plodinou. *Úroda*.
- 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
- NÁBĚLKOVÁ, J., NEKOVÁŘOVÁ, J. (2010): Chemie: chemie životního prostředí. V Praze: České vysoké učení technické. ISBN 978-80-01-04534-3.
- 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

PAVLŮ, L. (2019). Základy pedologie a ochrany půdy. Česká zemědělská univerzita.

PECHAR, L. (2015): Století eutrofizace rybníků – synergický efekt zvyšování zátěže živinami a nárůstu rybích obsádek. Vodní Hospodářství, 2015, 65.7: 1-6.

PITTER, P. (2015): Hydrochemie. Vysoká škola chemicko-technologická v Praze.

PITTER, P. (1999): Hydrochemie. 3. vyd. Praha: Vysoká škola chemicko-technologická v Praze, 568 s. ISBN 80-7080-340-1

PITTER, P. (2009): Hydrochemie. 4. aktualizované. vyd. Praha: VŠCHT, viii, 579 s. ISBN 978-80-7080-701-9.

PITTER, P (2015): Hydrochemie. 5. aktualizované a doplněné vydání. Praha: Vysoká

PROCHÁZKA J., HAKROVÁ P., POKORNÝ J., PECHAROVÁ E., HEZINA T., WOTAVOVÁK., ŠÍMA M., PECHAR L. (2001 b): Vliv hospodaření na vegetaci a toky energie, vody a látek v malých povodích na Šumavě. Silva Gabreta, 6, 199–224 s.

RICHTER, M. (2014): Technologie ochrany životního prostředí, část I.: Ochrana čistoty vod. Univerzita Jana Evangelisty Purkyně, Fakulta životního prostředí, Ústí nad Labem.

RIPL, W. (2003): Water: the bloodstream of the biosphere. Phil. Trans. R. Soc. B., 358: 1921 - 1934.

SYNÁČKOVÁ, M. (1994): Čistota vod. České vysoké učení technické, Praha, 208 s.

ŠAFAŘÍČKOVÁ, S., PEŠATA M. (2006): Živiny v krajině: dusík, fosfor, eutrofizace půdy a vody, indikace dusíku. První vydání. Č. Budějovice, DAPHNE ČR - Institut aplikované ekologie, 16 s.

ŠVEHLA P. TLUSTOŠ P. BALÍK J. (2007): Odpadní vody. ČZU, Praha, 142 s.

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.

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

Citované normy a zákony

NAŘÍZENÍ VLÁDY č. 401/2015 Sb., O ukazatelích a hodnotách přípustného znečištění povrchových vod a odpadních vod, náležitostech povolení k vypuštění odpadních vod do vod povrchových a do kanalizací a o citlivých oblastech. Dostupné z: <https://www.zakonyprolidi.cz/cs/2015-401>

ZÁKON č. 254/2001 Sb., Zákon o vodách a o změně některých zákonů (vodní zákon). Dostupné z: <https://www.zakonyprolidi.cz/cs/2001-254>

7 Seznam použitých zkratek

(NL₁₀₅) - Nerozpuštěné látky

(TOC) - Celkový organický uhlík

(TN) - Celkový dusík

(N-NO₃⁻) - Dusičnanový dusík

(P-PO₄³⁻) - Fosforečnanový fosfor