



Fakulta zemědělská
a technologická
Faculty of Agriculture
and Technology

Jihočeská univerzita
v Českých Budějovicích
University of South Bohemia
in České Budějovice

JIHOČESKÁ UNIVERZITA V ČESKÝCH BUDĚJOVICÍCH FAKULTA ZEMĚDĚLSKÁ A TECHNOLOGICKÁ

Katedra aplikované ekologie

Diplomová práce

Znečištění povrchových vod v závislosti na způsobu hospodaření v krajině

Autorka práce: Bc. Dominika Trojáková

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

České Budějovice
2024

Prohlášení

Prohlašuji, že jsem autorkou této kvalifikační práce a že jsem ji vypracovala pouze s použitím pramenů a literatury uvedených v seznamu použitých zdrojů.

V Českých Budějovicích dne

.....
Podpis

Abstrakt

Ve své práci jsem se zabývala odtokem vody a látek z krajiny. Hlavní úlohou práce bylo posoudit míru vlivu vegetace v procesu ovlivňování odtoku vody a znečišťujících látek z povodí. Vymezila jsem si dvě povodí s rozdílnými krajinnými pokryvy a způsobem hospodaření. Jedno povodí bylo lesní a druhé zemědělské. Měřil se odtok vody z krajiny, srážky a reakce na ně, obsah látek z obou povodí. Výsledky ukázaly, že z lesního povodí s větším množstvím vegetace je v porovnávání se zemědělským povodím odtok vody stejně jako únik anorganických látek zpomalen, protože vegetace tvoří účinnou bariéru. Práce ukázala, že vegetace je v zemědělské krajině důležitá, protože pomáhá k zadržování vody a látek v povodí a zpomaluje odtok.

Klíčová slova: odtok vody, krajina, povodí, látky, vegetace

Abstract

In my work, I dealt with the outflow of water and substances from the landscape. The main task of the work was to assess the degree of influence of vegetation in the process of influencing the outflow of water and pollutants from the basin. I defined two watersheds with different land covers and management methods. One watershed was forested and the other agricultural. Water runoff from the landscape, precipitation and reactions to it, and the content of substances from both basins were measured. The results showed that from a forest catchment with a greater amount of vegetation, compared to an agricultural catchment, the runoff of water as well as the leakage of inorganic substances is slowed down, because the vegetation forms an effective barrier. The work showed that vegetation is important in agricultural landscapes as it helps to retain water and substances in the watershed and slows runoff.

Keywords: water runoff, landscape, basin, substances, vegetation

Poděkování

Na tomto místě bych ráda poděkovala vedoucímu mé diplomové práce Ing. Václavu Nedbalovi, Ph.D., za jeho odborné připomínky k danému tématu a za rady, které mi poskytoval v průběhu tvorby mé diplomové práce.

Obsah

Úvod	9
Literární přehled a cíle práce	10
1.1 Znečišťující látky v povrchových vodách a jejich měření	10
1.1.1 Dusičnany	10
1.1.2 Fosforečnany	11
1.1.3 Nerozpuštěné látky	12
1.1.4 Vodivost	13
1.1.5 Anorganické látky ve vodách a eutrofizace vod	13
1.2 Vliv hospodaření v krajině na kvalitu vod	15
1.2.1 Krajinný pokryv a hospodaření v krajině	15
1.2.2 Vliv krajinného pokryvu a zemědělského hospodaření na kvalitu vod	15
1.3 Cíle práce	16
2 Metodika	17
2.1 Popis vybraných povodí	17
2.2 Měření průtoků	19
2.3 Odběry vzorků	19
2.4 Zpracování vzorků a měření parametrů znečištění	19
2.5 Sestavení výsledků	20
2.5.1 Odtok vody z povodí v hydrologickém roce	20
2.5.2 Odtok vody z povodí při srážkové epizodě	20
2.5.3 Odtok znečišťujících látek z povodí v hydrologickém roce a při srážkové epizodě	20
2.5.4 Sestavení odtokové křivky v závislosti na specifickém odtoku jednotlivých látek a průtoků	21
3 Výsledky	23

3.1	Odtok vody z povodí v hydrologickém roce	23
3.1.1	Srážkový úhrn v hydrologickém roce	23
3.1.2	Specifický odtok vody v hydrologickém roce	23
3.2	Odtok vody z povodí při srážkové epizodě	24
3.2.1	Srážkový úhrn při srážkové epizodě	24
3.2.2	Specifický odtok vody při srážkové epizodě	25
3.3	Odtok znečišťujících látek z povodí v hydrologickém roce.....	26
3.3.1	Vodivost v hydrologickém roce	26
3.3.2	Specifický odtok vody v hydrologickém roce	27
3.3.3	Specifický odtok NL v hydrologickém roce	28
3.3.4	Specifický odtok N-NO ₃ v hydrologickém roce	29
3.3.5	Specifický odtok P-PO ₄ v hydrologickém roce	30
3.4	Odtok znečišťujících látek z povodí při srážkové epizodě.....	31
3.4.1	Srážkový úhrn při srážkové epizodě	31
3.4.2	Specifický odtok vody při srážkové epizodě	32
3.4.3	Vodivost při srážkové epizodě	33
3.4.4	Specifický odtok NL při srážkové epizodě	34
3.4.5	Specifický odtok N-NO ₃ při srážkové epizodě	35
3.4.6	Specifický odtok P-PO ₄ při srážkové epizodě	36
4	Diskuse	38
4.1	Odtok vody z povodí v hydrologickém roce	38
4.1.1	Srážkový úhrn v hydrologickém roce	38
4.1.2	Specifický odtok vody v hydrologickém roce	39
4.2	Odtok vody z povodí při srážkové epizodě	39
4.2.1	Srážkový úhrn při srážkové epizodě	39
4.2.2	Specifický odtok vody při srážkové epizodě	40
4.3	Odtok znečišťujících látek z povodí v hydrologickém roce.....	41

4.3.1	Vodivost v hydrologickém roce	41
4.3.2	Specifický odtok vody v hydrologickém roce	41
4.3.3	Specifický odtok NL v hydrologickém roce	42
4.3.4	Specifický odtok N-NO ₃ v hydrologickém roce	43
4.3.5	Specifický odtok P-PO ₄ v hydrologickém roce	43
4.4	Odtok znečišťujících látek z povodí při srážkové epizodě.....	44
4.4.1	Specifický odtok vody při srážkové epizodě	44
4.4.2	Vodivost při srážkové epizodě	45
4.4.3	Specifický odtok NL při srážkové epizodě	45
4.4.4	Specifický odtok N-NO ₃ při srážkové epizodě	46
4.4.5	Specifický odtok P-PO ₄ při srážkové epizodě	47
	Závěr.....	48
	Seznam použité literatury.....	49
	Seznam obrázků	58
	Seznam tabulek	61
	Seznam použitých zkratk	62
	Seznam příloh.....	63

Úvod

Krajinný pokryv má na látky v půdním a rostlinném prostředí a obecně v krajině významný vliv. Týká se to hlavně zemědělské krajiny, protože se v ní s půdou a rostlinami hospodaří. Proto byla sestavena tato práce, která si kladla za cíl posoudit režim odtoku vody a látek ze dvou různých typů krajin – lesní a zemědělské.

Literární přehled a cíle práce

1.1 Znečišťující látky v povrchových vodách a jejich měření

1.1.1 Dusičnany

Dusičnanový dusík (N-NO₃) zkráceně dusičnany jsou formou anorganického dusíku, který se vyskytuje ve všech vodách a jejich koncentrace se v zemědělství neustále zvyšuje z důvodu zvyšující se lidské populace. Dusičnany jsou významné nutrienty, které způsobují eutrofizaci povrchových vod a tím dochází ke snižování jakosti vody. Vznikají hlavně sekundárně při nitrifikaci amoniakálního dusíku a rozkladu dusíkatých organických látek v kyselém prostředí. Jsou obsaženy v atmosférických vodách a jsou součástí emisí se spalováním paliv (Pitter, 2009).

Významným zdrojem dusičnanů v povrchových vodách jsou dusíkatá hnojiva, která se do vody dostávají hlavně ze splachů z polí, kdy při zvýšené koncentraci způsobují znečištění vodních toků. Splach a vyplavování dusičnanů je nejintenzivnější v období vegetačního klidu (od října do konce března). Limit koncentrace N-NO₃ je 5,4 mg/l (Pitter, 2009).

Dusičnany jsou primárním zdrojem dusíku pro rostliny a přirozeně se vyskytují v půdě a vodě (Into, 2003).

Dusičnany jsou vysoce rozpustné ve vodě. Jsou běžnou součástí vod, některých potravin, ale mnohdy několikanásobně převyšují přípustnou koncentraci, což má negativní důsledky pro organismus. Eutrofizace dusičnany je způsobena vyplavováním půdním profilem nebo erozí (Kvítek et al., 2003).

Znečištění vod dusičnany je závažný problém, který ohrožuje nejen člověka, ale také přírodu a krajinu, proto byla přijata směrnice Rady 91/676/EHS o ochraně vod před znečištěním způsobeným dusičnany ze zemědělského zdroje (Hrabánková et al., 2016).

Dusičnany mohou být detekovány pomocí laboratorních metod nebo metodou založenou na senzorech *in situ* (Alahi et al., 2018).

Kontaminace podzemních vod dusičnany je běžný problém v intenzivních zemědělských oblastech. Současné procesy (např. iontová výměna, membránová separace) pro odstraňování dusičnanů mají různé nevýhody. V současnosti se objevila nová metoda (elektrokatalytická redukce), která se ukazuje jako užitečný proces pro odstranění dusičnanů z vody (Pell et al., 2003).

Za určitých okolností může dusičnan zlepšovat vodu prostřednictvím řady mechanismů, včetně zvyšování oxidační kapacity, regulace redox potenciálu a potlačení sinic fixujícím dusíkem. Záměrně je dusíku přidáván do jezer, sedimentů (Beutel et al., 2018).

1.1.2 Fosforečnany

Fosforečnany neboli fosfáty jsou soli a estery kyseliny fosforečné. Fosfor, který tvoří s kyslíkem fosforečnany přítomné v litosféře, hydrosféře, biosféře a atmosféře. Přírodním zdrojem fosforečnanů je minerál apatit $\text{Ca}_5(\text{PO}_4)_3$. Do vodního prostředí se dostává i z biologické hmoty. Antropogenním zdrojem fosforečnanů jsou odpadní vody, komunální odpadní vody a aplikace fosforečných hnojiv v zemědělství. Fosforečnany v povrchových tocích se z hnojiv dostávají do toků splachem z polí. Mezi nejvýznamnější zdroje fosforečnanů z hnojiv patří superfosfát (Kočí et al., 2000).

Nadměrné hladiny fosfátů ve vodě mohou vést ke zvýšenému růstu řas, eutrofizaci a snížení kvality vody. Hladiny fosfátů ve vodě jsou podle EU směrnice stanoveny na 1–2 mg/l. Standardní metodou pro měření rozpustného fosforečnanu ve vodě je kolorimetrická technika (Warwick et al., 2013).

Mezi dominantní faktory, které ovlivňují hladiny fosforečnanů v povrchových a podzemních vodách, patří průmyslová činnost, zemědělská činnost, hustota obyvatel, typ půdy/hornin, podnebí a srážky (Fadriran et al., 2008).

Fosfát hraje kritickou roli při transdukcii, ukládání energie a konstrukci genů v biologických systémech a obvykle se používá jako hnojivo pro výrobu potravin. Spolu s velkým množstvím použití v moderním zemědělství a průmyslu se fosfáty nevyhnutelně uvolňují do vodního prostředí. Nadměrný obsah fosfátů ve vodě způsobuje vážné znečištění životního prostředí, případně eutrofizaci, dále způsobuje rozkvět vodních rostlin, což způsobuje snížení hladiny kyslíku a tím se uvolňují toxické toxiny do vodního prostředí, což vede k rozkladu rostlin (Zhang et al., 2019).

Koncentrace fosforečnanů v přírodních vodách je často pod detekčními limity konvenčních autoanalyzátorů živin, a to buď analýzou kontinuálního průtoku segmentovaného plynu, nebo analýzou průtoku vstřikováním (Zhang et al., 2002).

U fosforečnanů je nezbytné stanovit úroveň fosforečnanů a jejich druhů ve vodních útvech, aby bylo možné poskytnout základní údaje pro hodnocení zdraví ekosystémů, zkoumání biogeochemických procesů a sledování dodržování legislativy (Badamasi et al., 2019).

1.1.3 Nerozpuštěné látky

Nerozpuštěné látky (NL) jsou tuhé látky odstranitelné z povodí pomocí filtrace nebo odstředěním za určitých podmínek. Do vodních toků se dostávají především plošným splachem ze zemědělských půd při vytrvalých srážkách. U povrchových vod jsou nerozpuštěné látky označovány jako tzv. splaveniny (látky, které se přemísťují pomocí tekoucích vod) (Pitter, 2009).

Splaveniny se rozdělují na dnové splaveniny nebo plaveniny a sedimenty. Plaveniny jsou tuhé částice látek anorganického a organického původu, které jsou ve vodě ve formě suspenze, která pokud se usadí, nazývá se sediment. Tyto látky jsou složeny hlavně z hlinitokřemičitanů, hydratovaných oxidů kovů (železo, mangan a hliník), tuků a olejů. Limit obsahu NL je 20 mg/l (Pitter, 2009).

V některých řekách jsou koncentrace nerozpuštěných látek do značné míry ovlivněny chemismem říčních vod. To platí zejména pro řeky s jemnými sedimenty, kde půdy mají vysoké procento vyměnitelného sodíku. Při vysokých průtocích je obtížné stanovit změny koncentrací nerozpuštěných látek (Imeson et al., 1981).

Sedimenty patří mezi nejrozšířenější příčiny znečišťování povrchových vod, kdy celkový obsah nerozpuštěných látek je důležitým parametrem pro sledování kvality vody. Analýzou celkového množství nerozpuštěných látek nám poskytuje počáteční a velmi základní měřítko pro charakterizaci a studium kvality povrchových vod. Měření nerozpuštěných látek v tocích je nezbytné pro monitoring kvality toků a také pro plánování managementu na ochranu vod (Kusari et al., 2013).

Zkoumání transportu nerozpuštěných látek vzorkováním vody obvykle vede k podcenění zátěže a ke správné charakterizaci časových trendů, ale je zapotřebí vysoká frekvence vzorkování. Alternativní metodou je použití *in situ* optických turbidimetrů k odhadu koncentrace suspendovaných pevných látek (Gippel et al., 1995).

Během posledních 50 letch byly účinky suspendovaných pevných látek na ryby a vodní prostředí intenzivně studovány po celém světě. Nyní se uznává, že jsou extrémně důležitou příčinou zhoršování kvality vody vedoucí k estetickým problémům, vyšším nákladům na úpravu vody, úbytku rybolovných zdrojů a vážnou ekologickou degradaci vodního prostředí (Bilotta et al., 2008).

Některé sloučeniny se přednostně nacházejí vázané na nerozpuštěných látkách a nejsou detekovány ve vodě (DA Silva et al., 2021).

Koncentrace nerozpuštěných látek ovlivňuje průhlednost vody, její estetickou hodnotu, transport a uvolňování těžkých kovů a živin, dostupnost světla a jeho dopad na růst vodních živočichů, stav vodních ekosystémů a teplotu vody (Jiang et al., 2021).

1.1.4 Vodivost

Vodivost (konduktivita) vody je veličina charakterizující schopnost vody vést elektrický proud a tím ukázat míru obsahu látek vedoucích elektrický proud obsažených ve vodě (Vyskočil, 2004). Vodivost vody je mírou koncentrace látek ve vodě (Lallák et al., 1991). Důležitým faktorem je výskyt volných iontů (aniontů a kationtů) ve vodě, kdy se s jejich nárůstem zvyšuje konduktivita. V přírodních vodách jsou ionty většinou anorganické a u odpadních vod organické povahy (Pitter, 2009). Přesná znalost vodivosti nám pomáhá k pochopení procesů omezujících vodu a usnadnění analýzy stopových iontových nečistot ve vodě (Light et al., 2004).

Vodivost (EC) a celkové množství rozpuštěných pevných látek (TDS) jsou parametry vody, které se používají k popisu slanosti. Tyto parametry jsou vyjádřeny jednoduchou rovnicí: $TDS = k EC$. Díky této analýze můžeme zjistit kvalitu podzemní vody (Rusydi et al., 2018).

Nejlevnější a nejlepší možností, jak zjistit stav znečištění vody, je naměřit vodivost, kdy její hodnoty jsou závislé na koncentraci nečistot, pohyblivosti a teplotě vody (Marindi et al., 2013).

Znečištění vody má negativní dopad na lidské zdraví. Ještě znepokojivější je, že počet znečištěných řek neustále narůstá a neexistuje žádné monitorovací zařízení, které by se zaměřovalo na kontrolu znečištěných vod. Vznikají senzory, které jsou na principech vodivosti a zákalu, zatím jsou ve výzkumu, ale úspěch by pomohl snížit znečištění řek a poskytovat pozitivní výsledky pro životní prostředí (Mansor et al., 2022).

Zemědělská činnost výrazně zhoršuje kvalitu vody, proto vodivost na zemědělských pozemcích může být až 3× větší než na lesních pozemcích (Mikešová, 2016).

1.1.5 Anorganické látky ve vodách a eutrofizace vod

V přírodních a užitkových vodách se anorganické látky vyskytují ve třech formách (kationty, anionty a neiontové formy). Obsah anorganických látek ve vodě je závislý na geologických podmínkách. Z hlediska druhů a obsahů anorganických látek ve vodách je lze rozdělit podle toho, jak jsou nebezpečné, do tří skupin: nejméně nebezpečné, málo toxické, velmi toxické (Svoboda, 2021).

Množství anorganických látek ve vodě se stanovuje jako obsah iontů a solí ve zdroji. V odpadních vodách se vyskytují hlavně v rozpustné formě. Do vody se dostávají jako produkty nejen z přírodních procesů, ale i z procesů antropologických. Mezi nejčastěji se vyskytujícími anorganické látky v odpadních vodách patří fosfor, dusík, síra. Zvýšená koncentrace těchto látek může způsobovat eutrofizaci vody (Najbrtová, 2017).

Toxické těžké kovy jsou jedna z velkých skupin anorganických látek znečišťujících životního prostředí, jejichž negativní působení zatěžuje obyvatelstvo (Akhtar et al., 2021).

Eutrofizace je přírodní nebo uměle vyvolaný proces, který vede ke zvyšování obsahu anorganických látek ve stojatých a tekoucích vodách. Přírodní eutrofizace je způsobena uvolňováním dusíku, fosforu z půdy, sedimentů a z odumřelých vodních organismů. Umělá eutrofizace je způsobena intenzivní zemědělskou činností, používáním polofosforečnanů v pracích a čisticích prostředcích nebo zvýšenou produkcí komunálních odpadních vod (Smith et al., 1999).

Projevem eutrofizace je zvýšený rozvoj vodních květů či vegetačního zbarvení, tvoření zelených řas nebo i některých druhů vyšších rostlin. Stává se to obvykle v letních měsících, kdy je dostatek tepla a slunečního svitu. Nadměrný nárůst fytoplanktonu způsobuje mnoho problémů, např. úbytek vyšších rostlin, snížení samočisticí schopnosti u jezer a řek, úbytek citlivějších organismů, narušení kyslíkového režimu.

Řasy a sinice jsou závislé na přínosu anorganických nutrientů (Shaw, 2000).

Eutrofizace povrchových vod je problém, který není jednoduchý k řešení. Dostatečné odstraňování fosforu a jiných nutrientů z odpadních vod je sice nutné, ale využívá se to spíše u velkých ČOV. U lokálních zdrojů se hledají chemické i fyzikální postupy. Dnes se třeba používají polymerní iontoměniče (Zhao et al., 1998).

Dále se používají přípravky, které se vstříkují do vodních ploch s cílem snížit koncentraci biologicky dostupného fosforu (př. PHOSLOCK) (ENN, 2000).

Jedinou účinnou cestou, která zabraňuje eutrofizaci, je prevence, kdy je nutné předcházet znečišťování vod látkami, které podporují bujení řas a sinic. V případě, že je vodní plocha už ohrožena nárůstem vodních květů, není jiná cesta než lokalitu uzavřít nebo dávkovat do vody takové látky, které sinice a řasy hubí. Zde ale může nastat řada problémů, např. přesné dávkování, volba vhodné látky na hubení, vznik mikrobiálního znečištění nebo anoxických zón (Sladečková et al., 1998).

1.2 Vliv hospodaření v krajině na kvalitu vod

1.2.1 Krajinový pokryv a hospodaření v krajině

Krajinový pokryv vyjadřuje základní kvalitu daného území v jemnějším měřítku a pak také ukazuje míru přeměny či poškození přírodního prostředí. Fungování ekosystémů na úrovni krajiny je ovlivněno jejich prostorovým uspořádáním neboli krajinnou strukturou. Prostorové uspořádání můžeme popsat různými indexy (diverzita, dominance, fragmentovat). Vývoj krajinového pokryvu lze vyhodnocovat pomocí leteckých a družicových snímků anebo pomocí metod dálkového průzkumu Země (Guth et al., 1997).

Krajinový pokryv i využití půdy se neustále mění v důsledku přírodních a antropogenních vlivů (Guth et al., 1997). Změny krajinového pokryvu mají zásadní vliv na biologickou rozmanitost. Dopady změn krajinového pokryvu na biologickou rozmanitost jsou velmi specifické pro danou lokalitu a závisí na typech stanovišť (Mücher et al., 2009).

Změny v ekonomice a společnosti se přímo promítají do charakteru krajiny, a to jak z hlediska její formy a funkce, tak i z hlediska plánování a správy krajiny (Wood et al., 2001).

Udržování hodnotných krajin často vyžaduje aktivní spolupráci místních komunit při plánování a řízení udržitelného rozvoje (Selman, 2004).

Zvyšování využívání půdy v terénu a krajině snižuje její biologickou rozmanitost. Znalosti o vztazích mezi rostlinami a prostředím se využívají k zachování ekosystému a zmírnění eroze půdy (Hall et al., 2020).

1.2.2 Vliv krajinového pokryvu a zemědělského hospodaření na kvalitu vod

Krajinový pokryv determinuje hlavně hydrologickou transformaci srážek na povodí. Vliv vegetace, která se nachází u povodí, může mít na hydrologické transformaci dvě funkce. První funkce je, že vegetaci využijeme pro intercepci a evapotranspiraci. Druhá funkce je, že vegetace působí jako ochranný faktor půdy, který se uplatňuje pro transformaci srážkové vody na odtoku (Unucka et al., 2008).

Vegetační kryt a jeho změny mohou mít na vodní režim půdy a vodních toků vliv, i na půdní vlhkost (Tesař et al., 2004). Změny krajinového pokryvu (prostorové, druhové), a hlavně změny ve využívání půdy mají zásadní vliv na hydrologické procesy v lokálním, regionálním i globálním měřítku (Nejadhashemi et al., 2011). Změny krajinového pokryvu na velkých plochách mohou zapříčinit krátkodobé nebo dlouhodobé

změny v odezvě povodí a tím zvýšit rizika extrémních průtoků a následné ohrožení povodněmi, anebo dlouhodobý pokles hladiny podzemní vody (Bhadura et al., 2000).

Velikost, hustota, agregace a rozmanitost krajinných pokryvů jsou důležité faktory ovlivňující kvalitu vody v tocích (Shi et al., 2017).

Využívání půdy a krajinný pokryv je jedním z kritických faktorů, které ovlivňují kvalitu povrchové vody. Ukázalo se, že za degradaci půdy jsou zodpovědné oblasti osídlení a zemědělské půdy, zatímco u zalesněných oblastí je spíše negativní korelace s odtokem většiny iontů (Gorgoglione et al., 2020).

Zhoršování kvality vody způsobené bodovým a plošným znečištěním hraje důležitou roli v udržitelné ochraně životního prostředí. Kvalitu vody ovlivňuje převažující využití zemědělské půdy v povodí jako orná půda a pastviny (Lam et al., 2011).

Dopad zemědělství na kvalitu vody se pozoruje již 25 let. Způsobuje zrychlenou erozi s přidruženými živinami, přímé vypouštění polutanů do potoků, vypalování živin a pesticidů do podzemních vod a bakteriální kontaminace povrchových a podzemních vod, které mají vliv na životní prostředí. Zemědělství na tyto problémy reagovalo řadou přístupů (Logan, 1990). Mezi škodlivé účinky zemědělských postupů, které zhoršují kvalitu vody, řadíme erozi, desertifikaci, zásobování, zhutnění (Zalidis et al., 2002).

Hlavní příčinou špatné kvality vody je zobecněně ekonomický tlak, špatné hospodaření s vodou, striktní zemědělské postupy a rozvoj měst (Zia et al., 2013).

1.3 Cíle práce

- Posouzení, jaký dopad mají různé způsoby užívání krajinných složek na vybrané vlastnosti povrchových vod.
- Identifikace rizikových míst pro znečištění povrchových vod a návrh protiopatření.
- Seznámení se s problematikou vlivu hospodaření na odtok látek a vod z povodí.

2 Metodika

2.1 Popis vybraných povodí

Bedřichovský potok a jeho dva závěrové profily horního a dolního povodí se nachází v Novohradských horách. Mnou zkoumané profily lze najít nad obcí Chlupatá ves. Celková rozloha dolního povodí je 362,8 ha, zatímco u horního povodí je celková rozloha 306,8 ha (Obr. 1).

Průměrná nadmořská výška u horního povodí je 735 m n. m., oproti tomu průměrná nadmořská výška dolního povodí je 631 m n. m. Průměrný sklon území u horního povodí je 8,9 °, zatímco u dolního povodí 5,2°.

Průměrný sklon vodních toků u horního povodí je 7,65 % a celková délka sítě vodních toků je 8 540 m. U dolního povodí je průměrný sklon vodních toků 1,19 % a celková délka sítě vodních toků je 7 651 m (Tab. 1).

Tab. 1: Parametry horního a dolního povodí Bedřichovského potoka

Parametry povodí		
parametr	povodí Be-H	povodí Be-D
rozloha [ha]	306,8	362,8
průměrná nadm. výška [m]	735	631
průměrný sklon území [°]	8,9	5,2
průměrný sklon vodních toků [%]	7,65	1,19
celková délka sítě vodních toků [m]	8 540	7 651

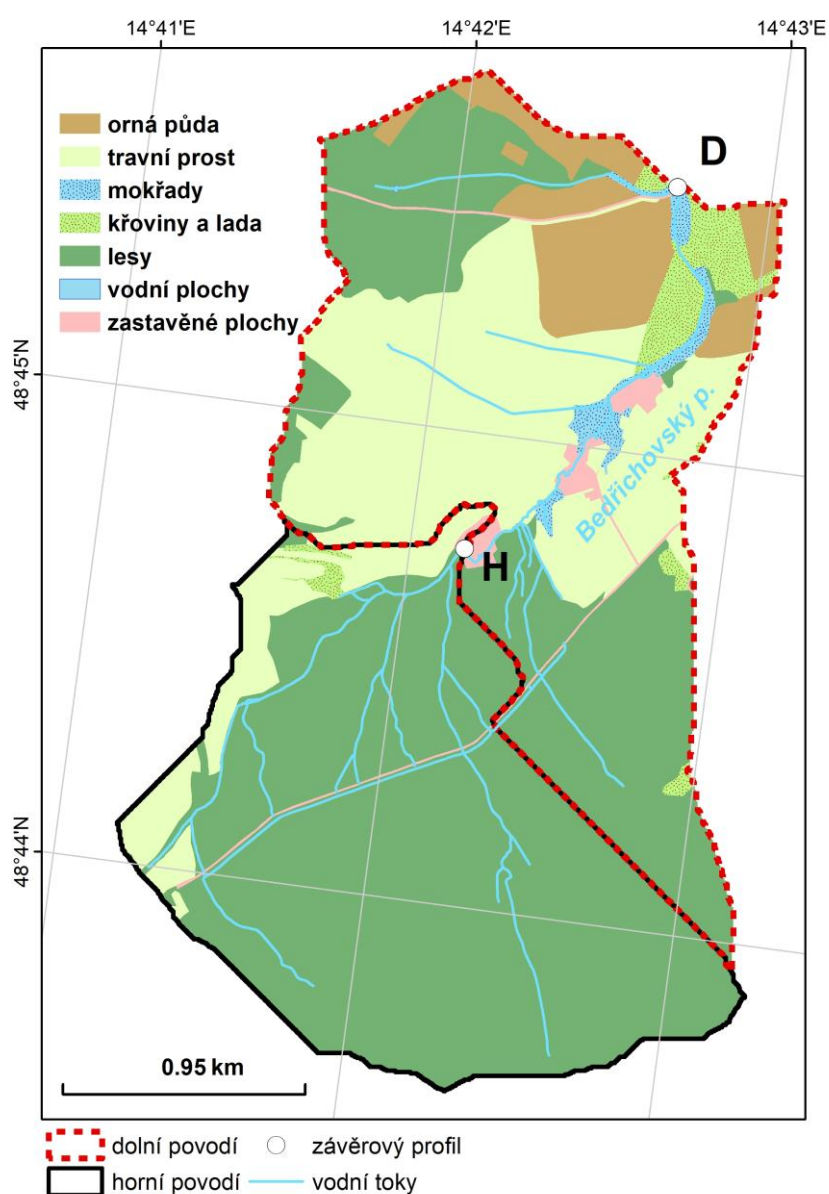
Dále jsou u obou povodí Bedřichovského potoka známé hodnoty krajinného pokryvu z celkové rozlohy obou povodí.

V horním povodí se podle aktuálních údajů nevyskytuje žádná orná půda a mokřady. Z celkové rozlohy horního povodí tvoří největší podíl krajinného pokryvu lesy (271,3 ha). Méně zaujímají trvalé travní porosty (31,3 ha), keře (2,3 ha) a jiné plochy (1,9 ha) (Tab. 2).

Z celkové rozlohy dolního povodí tvoří největší podíl krajinného pokryvu lesy (139,5 ha) a trvalé travní porosty (139,8). Méně zaujímají orná půda (47,9 ha), keře (17 ha), mokřady (9,2 ha) a jiné plochy (9,5 ha) (Tab. 2).

Tab. 2: Hodnoty krajinných pokryvů z celkových hodnot obou povodí

krajinný pokryv	povodí Be-H (ha)	povodí Be-D (ha)
orná půda	0	47,9
trvalé travní porosty	31,3	139,8
mokřady	0	9,2
keře	2,3	17
lesy	271,3	139,5
jiné plochy	1,9	9,5
celkem	306,8	362,9



Obr. 1: Povodí horní a dolní částí Bedřichovského potoka s vyznačenými závěrovými profily

2.2 Měření průtoků

K měření rychlosti proudění vody v korytech vodních toků (a následné stanovení průtoku) byl použit nejrozšířenější způsob měření, a to pomocí hydrometrické vrtule.

Měření se provádí tak, že je hydrometrická vrtule s počítadlem otáček ponořena do středů obou koryt vodního toku. Díky tomu jsem u obou částí povodí zjistila počet otáček za minutu, které hydrometrická vrtule udělala, tím jsem je mohla dosadit do rovnice sloužící k výpočtu rychlosti proudění vody. Po vynásobení rychlosti proudění vody a plochy omočeného závěrového profilu je získán průtok vody. Závěrový profil je osazen automatickým měřičem výšky hladiny vody s desetiminutovým intervalem snímání. Bylo tak možné sestavit konzumpční křivku závislosti výšky hladiny vody na průtoku změřeném hydrometrickou vrtulí a odvozovat následně průtok vody z naměřených výšek hladiny vody. Tuto problematiku jsem řešila ve své bakalářské práci.

2.3 Odběry vzorků

Odběr vzorků probíhal v mnou sledovaných povodí během celého hydrologického roku (listopad–říjen) a srážkové epizody (12.–17. 6. 2018). Ze vzorků byl zjišťován obsah NL (nerozpuštěné látky), N-NO₃ (dusičnanový dusík) a P-PO₄ (fosforečnanový fosfor). Dále byla zjišťována vodivost, kdy hodnoty byly měřeny pomocí konduktometru.

Odběr byl prováděn v pravidelných intervalech. U hydrologického roku to bylo každý měsíc kromě prosince a března a během srážkové epizody to bylo každý den v 10 hodin dopoledne.

Odebrané vzorky byly v polyetylenových lahvích dány ke zpracování a bylo zjišťováno, jaký je celkový obsah jednotlivých látek v mnou sledovaném povodí.

2.4 Zpracování vzorků a měření parametrů znečištění

Nerozpuštěné látky byly stanoveny přefiltrováním vody přes vysušený, přesně zvážený filtr ze skelných vláken. Po přefiltrování, opětovném vysušení a zvážení ukázal rozdíl v hmotnostech koncentrace látek nerozpuštěných ve vodě. Dusičnanový dusík a fosforečnanový fosfor byly stanoveny v laboratoři katedry aplikované ekologie FZT JU pomocí přístroje průtokové spektrometrie.

2.5 Sestavení výsledků

2.5.1 Odtok vody z povodí v hydrologickém roce

Při odtoku vody z povodí v hydrologickém roce jsem měřila srážkový úhrn a specifický odtok vody pro celý hydrologický rok (od listopadu do října).

Měření srážkového úhrnu probíhalo pomocí automatického srážkoměru o ploše 500 cm² s přesností 0,1 mm v desetiminutových intervalech po dobu celého hydrologického roku. Hodnoty, které jsem pro každý měsíc získala, jsem dala do sloupcového grafu.

Specifický odtok vody pro celý hydrologický rok jsem dělala pro dvě části povodí (horní lesní a dolní zemědělské) Bedřichovského potoka zvlášť. U obou povodí jsem zjistila specifický odtok vydělením průtoku plochou určité části povodí. Průtoky jsem měřila pomocí hydrometrické vrtule v desetiminutových intervalech. Poté jsem získané hodnoty pro obě povodí dala do jednoho bodového grafu s vyhlazenými spojnici a značkami. Hodnoty jsou na grafu označeny pomocí bodů, které jsou propojeny pomocí úsečky, kdy horní povodí má zelenou a dolní povodí hnědou barvu úsečky.

2.5.2 Odtok vody z povodí při srážkové epizodě

Při odtoku vody během srážkové epizody byl podrobněji měřen srážkový úhrn a specifický odtok vody.

Měření srážkového úhrnu probíhalo od 12.–15. 6. 2018 výše popsáním způsobem, tedy pomocí automatického srážkoměru v desetiminutových intervalech. Hodnoty srážkového úhrnu, které jsem během čtyř dnů získala, jsem dala do grafu.

Zjišťování specifického odtoku u obou částí povodí během srážkové epizody (12.–16. 6. 2018) je popsáno výše, kdy jsem si naměřené průtoky pro jednotlivá povodí vydělila plochou toho určitého povodí. Měření průtoku probíhalo v desetiminutových intervalech. Získané hodnoty u obou povodí jsem dala do jednoho bodového grafu s vyhlazenými spojnici a značkami. Hodnoty jsou na grafu označeny pomocí úseček, kdy každá část povodí má jinou barvu – dolní hnědou a horní zelenou barvu.

2.5.3 Odtok znečišťujících látek z povodí v hydrologickém roce a při srážkové epizodě

Z hlediska měření mě zajímala vodivost, specifický odtok vody, obsah NL (nerozpuštěných látek), N-NO₃ (dusičnanový dusík), P-PO₄ (fosforečnanový fosfor) v obou částech povodí Bedřichovského potoka.

Měření pro hydrologický rok probíhalo od listopadu do října, zatímco při srážkové epizodě to bylo po dobu šesti dnů (12.–17. 6. 2018). Principy měření byly stejné jak v hydrologickém roce, tak také i při srážkové epizodě.

Vodivost se měřila pomocí konduktometru HACH s čidlem. Měření probíhalo pro každou část povodí odděleně. Konduktometr se ponořil několik cm do vody a získané hodnoty jsem potom dala do bodového grafu s vyhlazenými úsečkami a značkami.

Hodnoty na grafu jsou znázorněny pomocí bodů, které byly propojeny úsečkou, kdy dolní má hnědou a horní zelenou barvu.

Specifický odtok vody jsem zjistila výše popsáním způsobem. U obou povodí jsem zjistila specifický odtok vydělením průtoku plochou určité části povodí. Průtoky jsem měřila pomocí hydrometrické vrtule v desetiminutových intervalech. Poté jsem získané hodnoty pro obě povodí dala do jednoho bodového grafu s vyhlazenými spojniciemi a značkami. Hodnoty jsou na grafu označeny pomocí bodů, které jsou propojeny.

Specifický odtok NL, N-NO₃ a P-PO₄ v obou částech povodí jsem zjistila vydělením koncentrace s plochou jednotlivých povodí. Koncentraci jsem zjistila odběrem vzorků a dalším zpracováním. Specifický odtok nám říká, kolik látek odtéká za jednotku času.

Získané hodnoty u obou částí povodí jsem dala do jednoho bodového grafu s vyhlazenými úsečkami a značkami. Hodnoty jsou na grafu označeny pomocí bodů, které jsou propojeny pomocí úsečky, kdy každá část povodí má jednu barvu úsečky – dolní hnědou a horní zelenou.

2.5.4 Sestavení odtokové křivky v závislosti na specifickém odtoku jednotlivých látek a průtoku

V průběhu měření specifického odtoku při srážkové epizodě a během hydrologického roku byly výše popsáním způsobem naměřeny hodnoty průtoků ve vodních tocích a poté dány do grafů. Díky naměřeným hodnotám jsem mohla sestavit křivku, která nám označuje průtoky v čase (= odtokovou křivku). Měřené průtoky jsou na grafu označeny pomocí bodů, které jsou nerovnoměrně rozmístěny z důvodu vysoké proměnlivosti průtoků v jednotlivých povodích.

V průběhu měření odtoku znečišťujících látek při srážkové epizodě a během hydrologického roku byly výše popsáním způsobem naměřeny hodnoty jednotlivých látek ve vodních tocích a poté dány do grafů. Díky naměřeným hodnotám jsem mohla se-

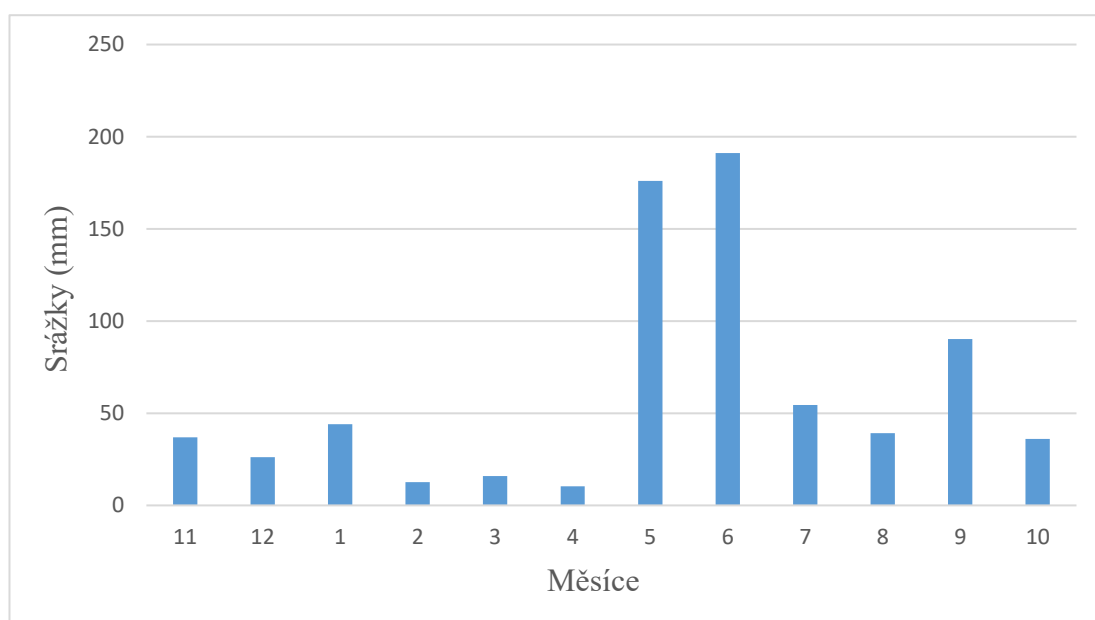
stavit křivku, která nám označuje koncentrace jednotlivých látek v čase. Získané hodnoty jsou označeny pomocí bodů, které jsou nerovnoměrně rozmístěny z důvodu vysoké proměnlivosti obsahu látek v jednotlivých povodích.

3 Výsledky

3.1 Odtok vody z povodí v hydrologickém roce

3.1.1 Srážkový úhrn v hydrologickém roce

Srážkový úhrn během hydrologického roku (od listopadu do října) byl v mnou sledovaném povodí velmi proměnlivý (viz Obr. 2). Během zimních měsíců (listopad–únor) byl srážkový úhrn průměrný. Jedinou výjimkou byl měsíc únor, kdy spadlo až 2× méně srážek než v ostatních zimních měsících. V jarních měsících (březen–květen) byl srážkový úhrn velmi malý kromě měsíce května, kdy byl mnohonásobně větší než v březnu a dubnu (viz Obr. 2). V letních měsících (červen–srpen) byl srážkový úhrn průměrný, přičemž v červnu byl srážkový úhrn 3× větší než v červenci a srpnu. Srážkový úhrn v podzimních měsících (září–říjen) byl průměrný, v září byl úhrn 2× větší než v říjnu.



Obr. 2: Srážkové úhrny (mm) za období jednotlivých měsíců hydrologického roku od listopadu (11) do října (10) ve sledovaných povodích.

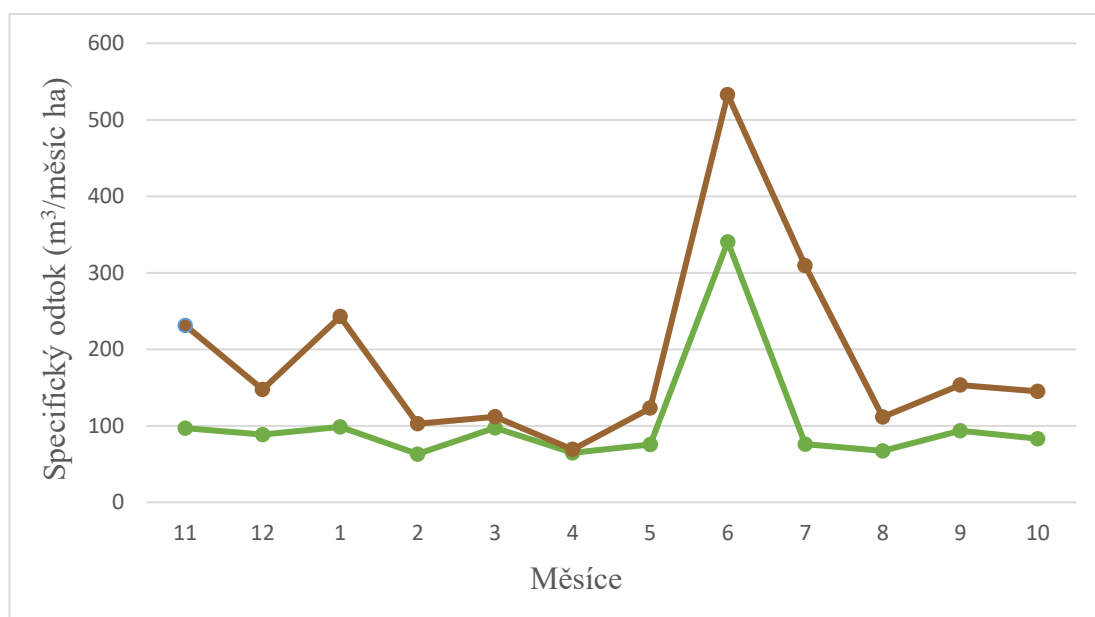
3.1.2 Specifický odtok vody v hydrologickém roce

Specifické kumulované měsíční odtoky vody z mého sledovaného horního lesního povodí (zelená linie) a z mého sledovaného dolního zemědělského povodí (hnědá linie) během hydrologického roku (od listopadu do října) byly velmi proměnlivé (viz Obr. 3). Můžeme vidět, že v horním lesním povodí byl specifický odtok vody v zimních měsících (listopad–únor) až 2× menší než v dolním zemědělském povodí, tedy kromě měsíce února, kdy byl podobný jako v horním lesním povodí.

V jarních měsících (březen–květen) se specifický odtok vody u dolního zemědělského povodí snižoval, zatímco u horního lesního povodí se mírně zvyšoval, takže poté si byly podobné (viz Obr. 3). V dubnu byly specifické odtoky vody u horního i dolního povodí podobné, ale poté se v květnu specifické odtoky vody dolního zemědělského povodí a horního lesního povodí začaly zvětšovat a specifický odtok vody dolního zemědělského povodí byl výrazně větší než horního lesního povodí.

Během letních měsíců (červen–srpen) byl specifický odtok vody dolního zemědělského povodí úhrnně až 2× větší než u horního lesního povodí, kdy v srpnu se specifický odtok vody u dolního zemědělského povodí snížil, takže byl pouze o polovinu větší než u horního lesního povodí.

V podzimních měsících (září–říjen) se specifické odtoky vody u obou povodí zvyšovaly a snižovaly, ale stále byl specifický odtok vody u dolního zemědělského povodí téměř 2× větší než v horním lesním povodí.



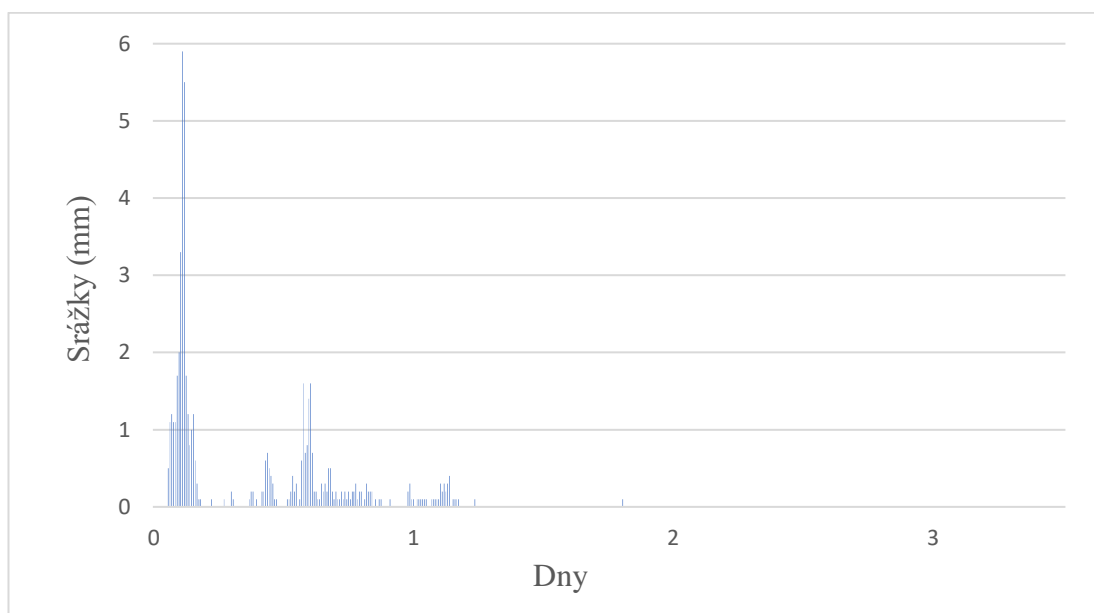
Obr. 3: Specifické odtoky vody ($m^3/měsíc\ ha$) ze sledovaného horního lesního povodí (zelená linie) a ze sledovaného dolního zemědělského povodí (hnědá linie) za období jednotlivých měsíců hydrologického roku od listopadu (11) do října (10).

3.2 Odtok vody z povodí při srážkové epizodě

3.2.1 Srážkový úhrn při srážkové epizodě

Srážkový úhrn v období sledované výrazné srážkové epizody v desetiminutových intervalech během čtyř dnů v mnou sledovaném povodí byl během jednotlivých dnů proměnlivý (viz Obr. 4). První den srážkové epizody (12. 6. 2018) byl srážkový úhrn velký, největší byl na začátku dne a poté se postupně snižoval, konci dne už byl velmi

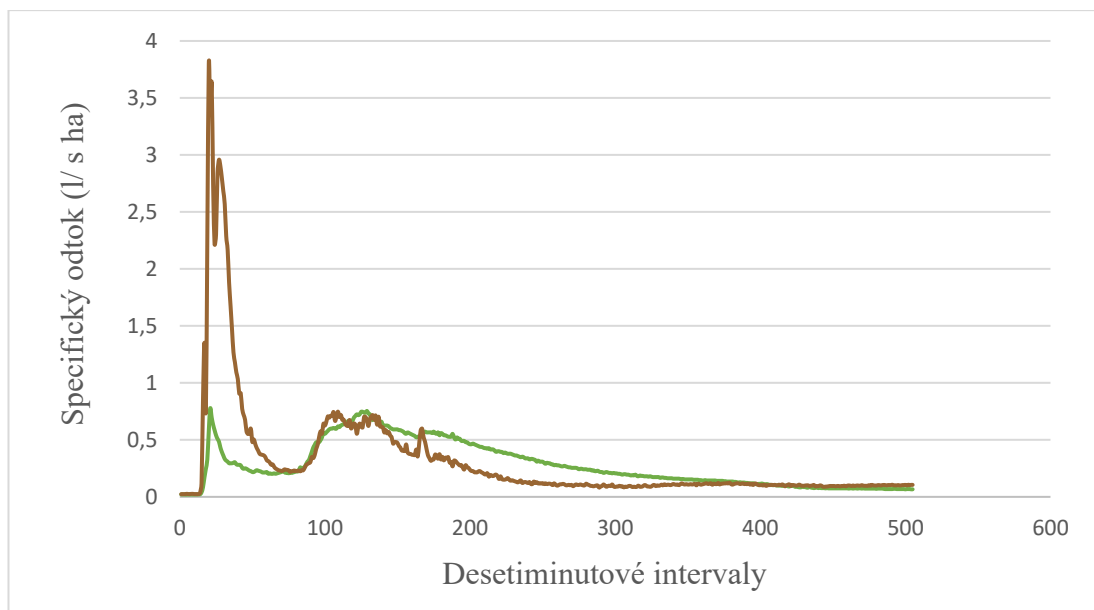
malý (viz Obr. 4). Druhý den srážkové epizody (13. 6. 2018) byl srážkový úhrn 6× menší než v první dnu, dokonce i během dne nebyl žádný srážkový úhrn. Poslední dva dny srážkové epizody (14.6.–15. 6. 2018) nebyl žádný srážkový úhrn.



Obr. 4: Srážkový úhrn (mm) za období čtyř dnů srážkové epizody od 12. 6. 2018 (0) do 15. 6. 2018 (3) ve sledovaných povodích v desetiminutových intervalech.

3.2.2 Specifický odtok vody při srážkové epizodě

Specifické odtoky vody z mého sledovaného horního lesního povodí a z mého sledovaného dolního zemědělského povodí, které byly měřeny v desetiminutových intervalech po dobu pěti dnů srážkové epizody, byly velmi proměnlivé (viz Obr. 5). První den srážkové epizody byl specifický odtok vody z horního lesního až 5× menší než z dolního povodí. Druhý den se specifické odtoky vod u dolního zemědělského povodí snížily tak, že byly podobné jako v horním lesním povodí. Třetí den srážkové epizody byl specifický odtok vody dolního zemědělského povodí 2× menší než z horního lesního povodí. Čtvrtý a pátý den byly specifické odtoky vody, jak u horního lesního povodí, tak i u dolního zemědělského povodí podobné (viz Obr. 5).



Obr. 5: Specifické odtoky (l/s ha) ze sledovaného horního lesního povodí (zelená linie) a ze sledovaného dolního zemědělského povodí (hnědá linie) za období pěti dnů srážkové epizody od 12. 6. 2018 do 16. 6. 2018 v desetiminutových intervalech.

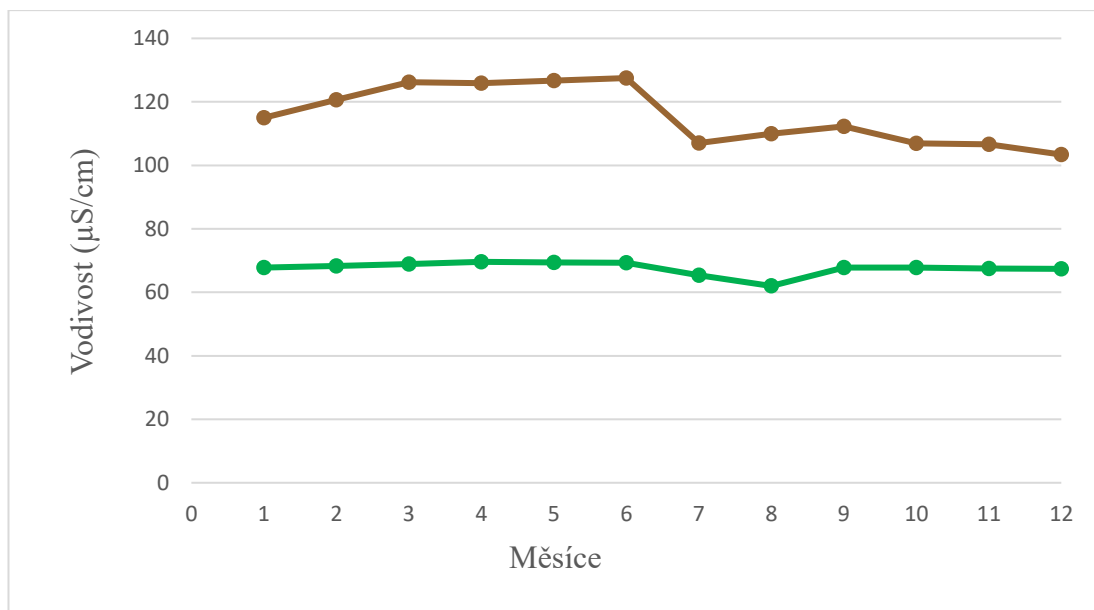
3.3 Odtok znečišťujících látek z povodí v hydrologickém roce

3.3.1 Vodivost v hydrologickém roce

Vodivost během hydrologického roku (od listopadu do října) v mnou sledovaném horním lesním povodí a v mnou sledovaném dolním zemědělském povodí byla poměrně stálá (viz Obr. 6). V zimních měsících (listopad–únor) byla vodivost v dolním zemědělském povodí 2× větší než v horním lesním povodí, kdy v únoru se vodivost u dolního zemědělského povodí mírně zvýšila a tyto hodnoty zůstaly stejné až do května (viz Obr. 6).

V jarních měsících (březen–květen) byla vodivost v dolním zemědělském povodí 2× větší než v horním lesním povodí, kdy v měsíci květnu došlo ke snížení vodivosti u obou povodí, přičemž u dolního zemědělského povodí se výrazně snížila (viz Obr. 6).

Během letních měsíců (červen–srpen) byla vodivost u dolního zemědělského povodí (hnědá linie) 2× větší než v horním lesním povodí, kdy v červenci došlo k zvýšení vodivosti u horního lesního povodí. Od srpna docházelo k postupnému snižování vodivosti u dolního lesního povodí, ale i tak v podzimních měsících (září–říjen), byla vodivost 2× větší než u horního lesního povodí.



Obr. 6: Vodivost ($\mu\text{S}/\text{cm}$) ze sledovaného horního lesního povodí (zelená linie) a ze sledovaného dolního zemědělského povodí (hnědá linie) za období jednotlivých měsíců hydrologického roku od listopadu (1) do října (12).

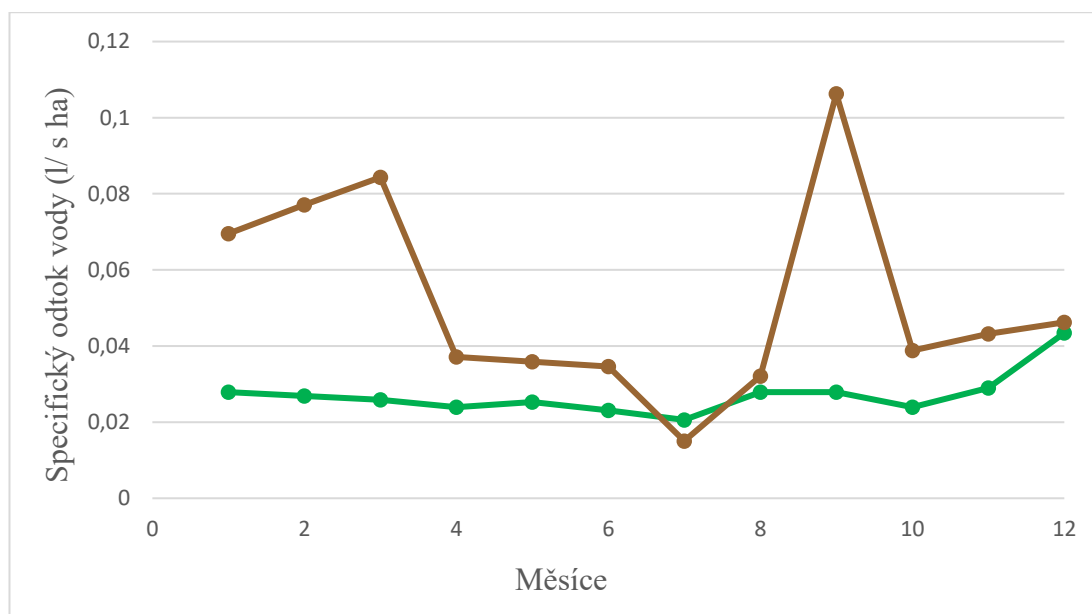
3.3.2 Specifický odtok vody v hydrologickém roce

Specifický odtok vody během hydrologického roku (od listopadu do října) byl v mnou sledovaném dolním zemědělském povodí velmi proměnlivý, oproti tomu specifický odtok vody v horním lesním povodí byl pouze mírně proměnlivý (viz Obr. 7). Během zimních měsíců (listopad–únor) byl specifický odtok vody v dolním zemědělském povodí až 3× větší než v horním lesním povodí, ale poté se v lednu a únoru specifický odtok vody v dolním zemědělském povodí snížil, takže byl jen o málo větší (viz Obr. 7).

V jarních měsících (březen–květen) byl specifický odtok vody v dolním zemědělském povodí o málo větší než specifický odtok horního lesního povodí. Výjimkou byl poslední jarní měsíc květen, kdy došlo ke snížení specifického odtoku vody v dolním zemědělském povodí (hnědá linie), takže specifický odtok vody v horním lesním povodí byl dokonce o trochu větší (viz Obr. 7).

V prvním lesním měsíci (červen) došlo ke zvýšení specifického odtoku vody v dolním zemědělském povodí (hnědá linie), takže byl téměř stejný jako u horního lesního povodí, kdy v červenci byl specifický odtok vody dolního zemědělského povodí téměř 10× větší než v horním lesním povodí. V posledním letním měsíci se specifický odtok vody v dolním zemědělském povodí (hnědá linie) snížil a byl opět cca 2× větší než v horním lesním povodí.

V podzimních měsících (září–říjen) se oba specifické odtoky vody – u dolního zemědělského povodí i u horního lesního povodí – začaly zvyšovat. V září byl specifický odtok vody dolního zemědělského povodí cca 2× větší než horního lesního povodí, ale jak se u obou povodí zvyšovaly specifické odtoky vody, byly oba podobné v měsíci říjnu (viz Obr. 7).



Obr. 7: Specifické odtoky vody (l/s ha) ze sledovaného horního lesního povodí (zelená linie) a ze sledovaného dolního zemědělského povodí (hnědá linie) za období jednotlivých měsíců hydrologického roku od listopadu (1) do října (12).

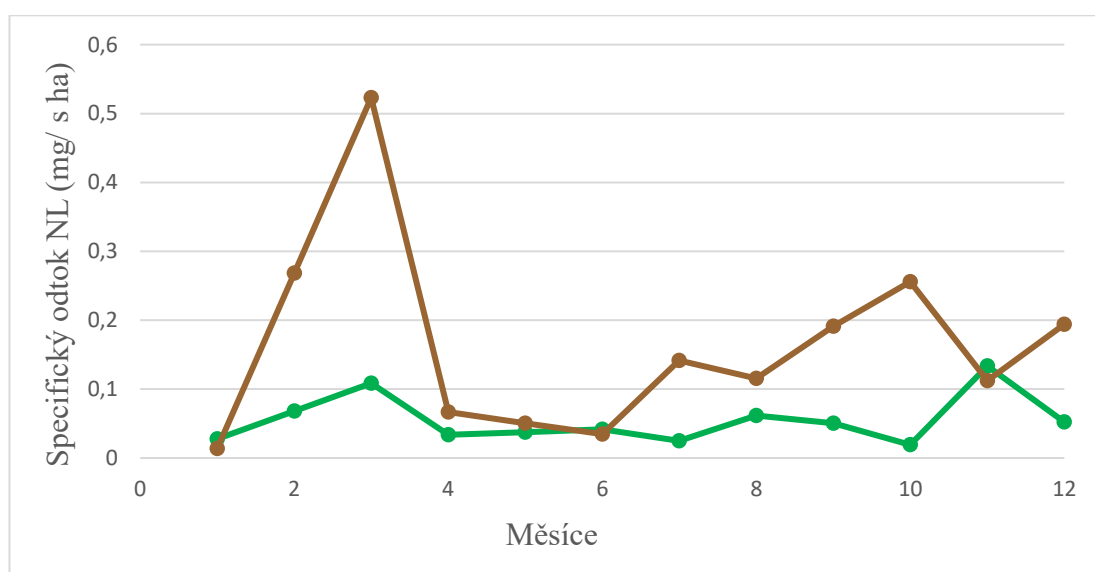
3.3.3 Specifický odtok NL v hydrologickém roce

Specifické odtoky NL (nerozpuštěné látky) během hydrologického roku (od listopadu až do října) v mnou sledovaném horním lesním povodí a dolním zemědělském povodí byly proměnlivé (viz Obr. 8). V zimních měsících (listopad–únor) byl specifický odtok NL v dolním zemědělském povodí 5× větší než v horním lesním povodí. Výjimkou byl poslední zimní měsíc (únor), kde se specifický odtok NL (nerozpuštěné látky) v dolním zemědělském povodí snížil, takže byl podobný, jako u horního lesního povodí.

V prvních dvou jarních měsících (březen–duben) byl specifický odtok NL (nerozpuštěné látky) v dolním zemědělském povodí podobný jako u horního lesního povodí, kdy v dubnu byly hodnoty specifického odtoku NL stejné (viz Obr. 8). V posledním jarním měsíci (květen) se specifický odtok NL u dolního zemědělského povodí 2× zvýšil a u horního lesního povodí se specifický odtok NL mírně snížil (viz Obr. 8).

V prvním letním měsíci (červen) se specifický odtok NL u horního lesního povodí mírně zvýšil, zatímco u dolního zemědělského povodí se snížil. V ostatních letních měsících (červenec–srpen) se specifický odtok NL u horního lesního povodí postupně snižoval, zatímco u dolního zemědělského povodí se zvyšoval, takže v posledním letním měsíci byl 3× větší (viz Obr. 8).

V prvním podzimním měsíci (září) se specifický odtok NL u dolního zemědělského povodí snížil, takže byl podobný, jako u horního lesního povodí. V druhém podzimním měsíci (říjen) se specifický odtok NL u horního lesního povodí snížil, zatímco u dolního zemědělského povodí se zvýšil, takže byl 2× větší než u horního lesního povodí.



Obr. 8: Specifické odtoky NL (mg/s ha) ze sledovaného horního lesního povodí (zelená linie) a ze sledovaného dolního zemědělského povodí (hnědá linie) za období jednotlivých měsíců hydrologického roku od listopadu (1) do října (12).

3.3.4 Specifický odtok N-NO₃ v hydrologickém roce

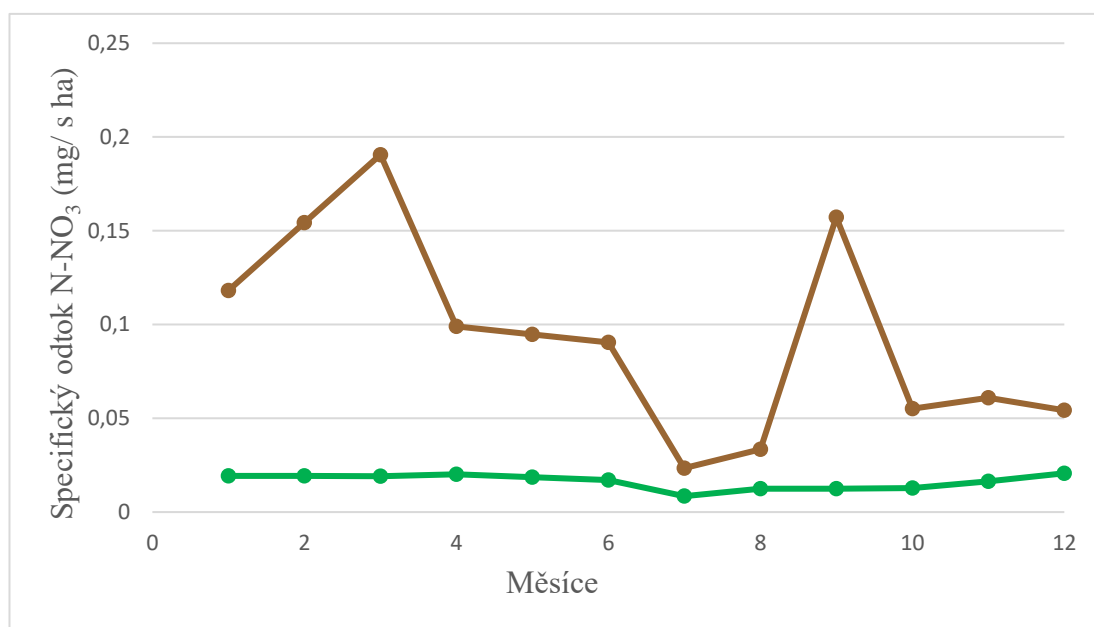
Specifické odtoky N-NO₃ (dusičnanového dusíku) byly během hydrologického roku (od listopadu do října) u horního lesního povodí stálé, zatímco u dolního zemědělského povodí byl specifický odtok N-NO₃ velmi proměnlivý (viz Obr. 9). V prvních třech zimních měsících (listopad–leden) byl specifický odtok N-NO₃ 10–20× větší než u horního lesního povodí. Během posledního zimního měsíce (únor) se specifický odtok N-NO₃ u dolního zemědělského povodí snížil, takže byl jenom 10× větší než u horního lesního povodí.

V jarních měsících (březen–květen) byl specifický odtok N-NO₃ u dolního zemědělského povodí 5-10× větší než u horního lesního povodí, výjimkou byl poslední jarní

měsíc květen, kdy došlo u dolního zemědělského povodí ke snížení specifického odtoku N-NO₃ (dusičnanového dusíku), takže byl 2× větší než u horního lesního povodí.

V prvním letním měsíci (červenu) se specifický odtok N-NO₃ u dolního zemědělského povodí mírně zvýšil a poté byl v červenci 15× větší než u horního lesního povodí. Specifický odtok N-NO₃ se v posledním letním měsíci (srpen) u dolního zemědělského povodí snížil, takže byl 6× větší než u horního lesního povodí.

Během podzimních měsíců (září–říjen) se specifický odtok N-NO₃ u dolního zemědělského povodí mírně snížil, ale stále byl 6–7× větší než u horního lesního povodí.



Obr. 9: Specifické odtoky N-NO₃ (mg/s ha) ze sledovaného horního lesního povodí (zelená linie) a ze sledovaného dolního zemědělského povodí (hnědá linie) za období jednotlivých měsíců hydrologického roku od listopadu (1) do října (12).

3.3.5 Specifický odtok P-PO₄ v hydrologickém roce

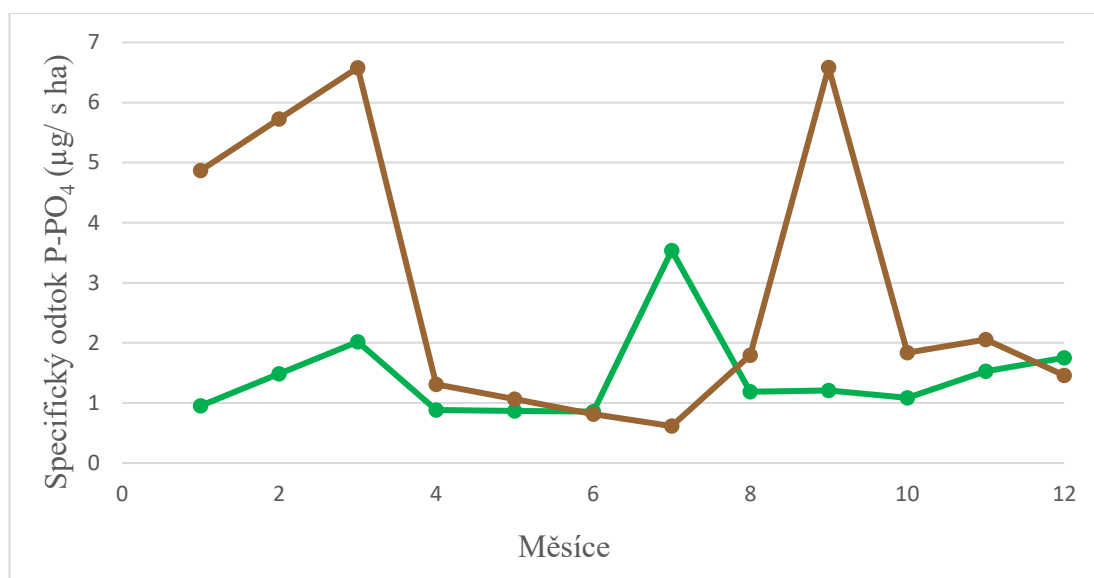
Specifické odtoky P-PO₄ (fosforečnanový fosfor) během hydrologického roku (od listopadu do října) byly v mnou sledovaném horním lesním povodí a dolním zemědělském povodí proměnlivé (viz Obr. 10). V zimních měsících (listopad–únor) byl specifický odtok P-PO₄ u dolního zemědělského povodí 3-5× větší než u horního lesního povodí. Výjimkou byl poslední měsíc únor, kdy došlo ke snížení obou specifických odtoků P-PO₄, takže byly stejné (viz Obr. 10).

Během jarních měsíců (březen–květen) se specifický odtok P-PO₄ u dolního zemědělského povodí neustále snižoval, zatímco u horního lesního povodí byl stálý, v březnu a dubnu byly specifické odtoky P-PO₄ u obou povodí podobné. Výjimkou byl

poslední jarní měsíc (květen), kdy se specifický odtok P-PO₄ u horního lesního povodí zvýšil a byl 4× větší než u dolního zemědělského povodí.

V letních měsících (červen–srpen) se specifický odtok P-PO₄ u dolního zemědělského povodí postupně zvyšoval a snižoval, zatímco u horního lesního povodí se snížil a zůstal stálý (viz Obr. 10). V červnu byl specifický odtok P-PO₄ u dolního zemědělského povodí 2×, v červenci 6× a v srpnu 2× větší než u horního lesního povodí.

Během podzimních měsíců (září–říjen) se specifický odtok P-PO₄ u dolního zemědělského povodí snižoval a u horního lesního povodí začal zvyšovat, v říjnu byl podobný (viz Obr. 10).

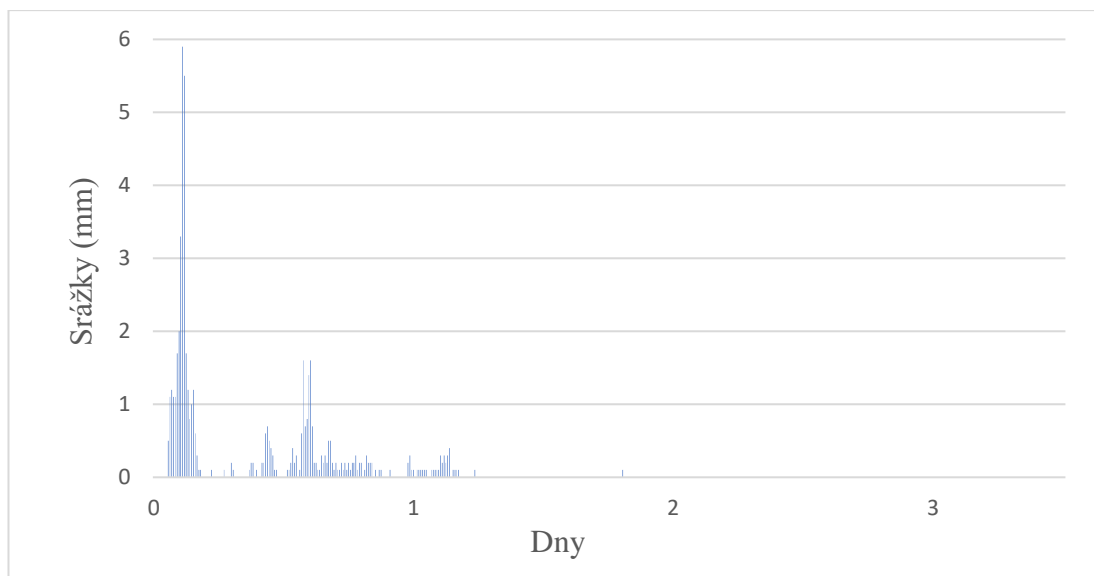


Obr. 10: Specifické odtoky P-PO₄ (µg/s ha) ze sledovaného horního lesního povodí (zelená linie) a ze sledovaného dolního zemědělského povodí (hnědá linie) za období jednotlivých měsíců hydrologického roku od listopadu (1) do října (12).

3.4 Odtok znečišťujících látek z povodí při srážkové epizodě

3.4.1 Srážkový úhrn při srážkové epizodě

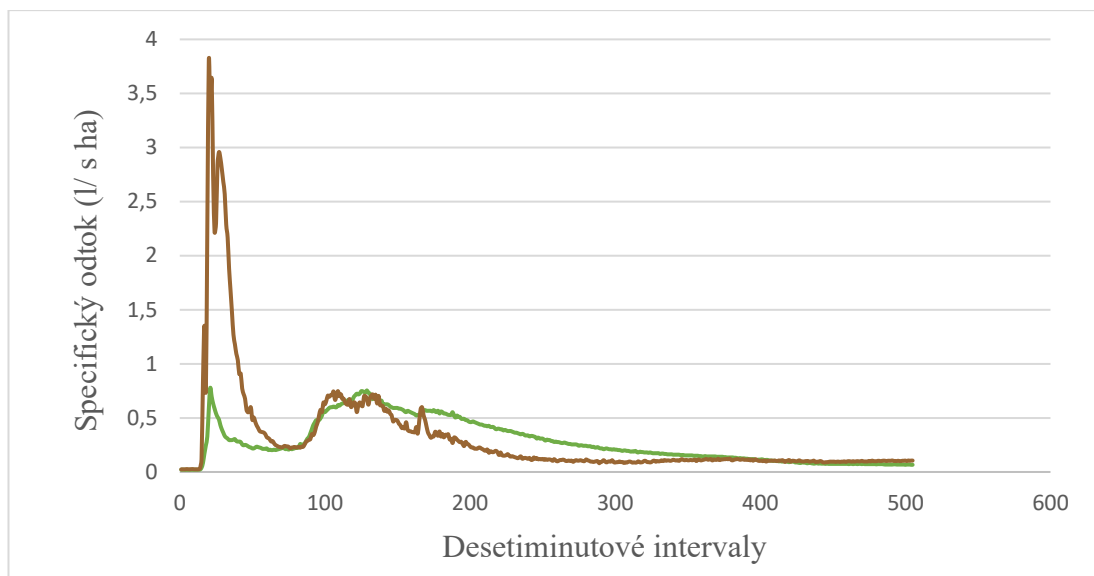
Srážkový úhrn v období sledované výrazné srážkové epizody v desetiminutových intervalech během čtyř dnů v mnou sledovaném povodí byl během jednotlivých dnů proměnlivý (viz Obr. 11). První den srážkové epizody (12. 6. 2018) byl srážkový úhrn velký, přičemž největší byl na začátku dne a poté se postupně snižoval, konci dne už byl velmi malý (viz Obr. 11). Druhý den srážkové epizody (13. 6. 2018) byl srážkový úhrn 6× menší než v prvním dnu, dokonce i během dne nebyl žádný srážkový úhrn. Poslední dva dny srážkové epizody (14. 6.–15. 6. 2018) nebyl žádný srážkový úhrn.



Obr. 11: Srážkový úhrn (mm) za období čtyř dnů srážkové epizody od 12. 6. 2018 (0) do 15. 6. 2018 (3) ve sledovaných povodích v desetiminutových intervalech.

3.4.2 Specifický odtok vody při srážkové epizodě

Specifické odtoky vody z mého sledovaného horního lesního povodí a z mého sledovaného dolního zemědělského povodí, které byly měřeny v desetiminutových intervalech po dobu pěti dnů srážkové epizody, byly velmi proměnlivé (viz Obr. 12). První den srážkové epizody byl specifický odtok vody z horního lesního povodí až 5× menší než z dolního zemědělského povodí. Druhý den se specifické odtoky vod u dolního zemědělského povodí snížil tak, že byl podobný jako v horním lesním povodí. Třetí den srážkové epizody byl specifický odtok vody dolního zemědělského povodí 2× menší než z horního lesního povodí. Čtvrtý a pátý den byly specifické odtoky vody jak u horního lesního povodí, tak i u dolního zemědělského povodí podobné (viz Obr. 12).

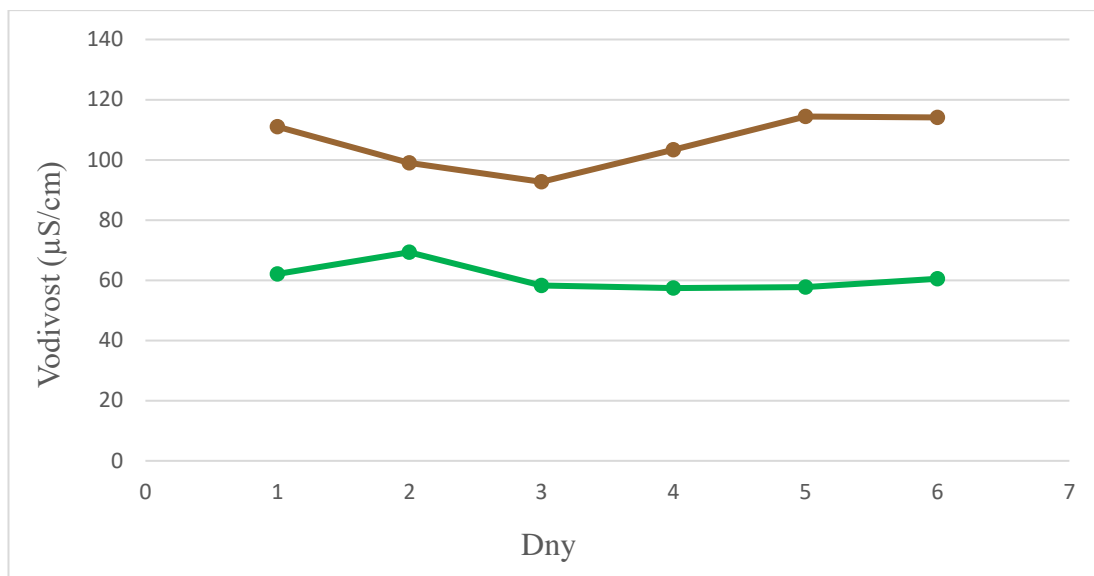


Obr. 12: Specifické odtoky (l/s ha) ze sledovaného horního lesního povodí (zelená linie) a ze sledovaného dolního zemědělského povodí (hnědá linie) za období pěti dnů srážkové epizody od 12. 6. 2018 do 16. 6. 2018 v desetiminutových intervalech.

3.4.3 Vodivost při srážkové epizodě

Vodivost za období šesti dnů srážkové epizody v mnou sledovaném dolním zemědělském povodí a horním lesním povodí byla mírně proměnlivá (viz Obr. 13).

První den (12. 6. 2018) srážkové epizody byla vodivost u dolního zemědělského povodí 2× větší než u horního lesního povodí. Druhý den (13. 6. 2018) srážkové epizody se vodivost u dolního zemědělského povodí mírně snížila, zatímco u horního lesního povodí se mírně zvýšila. Třetí den (14. 6. 2018) srážkové epizody se vodivost u dolního zemědělského povodí i u horního lesního povodí snížila. Čtvrtý den (15. 6. 2018) srážkové epizody se vodivost u dolního zemědělského povodí zvýšila (a lesního povodí snížila), takže byla 2× větší než u horního lesního povodí, kde vodivost byla podobná jako třetí den (viz Obr. 13). Pátý den (16. 6. 2018) se opět vodivost u dolního zemědělského povodí zvýšila a byla 2× větší než u horního lesního povodí, kde byla vodivost stále stejná (viz Obr. 13). Poslední den (17. 6. 2018) srážkové epizody se vodivost u horního lesního povodí mírně zvýšila, ale i tak byla vodivost dolního zemědělského povodí (hnědá) stejná jako pátý den a 2× větší než u horního lesního povodí.

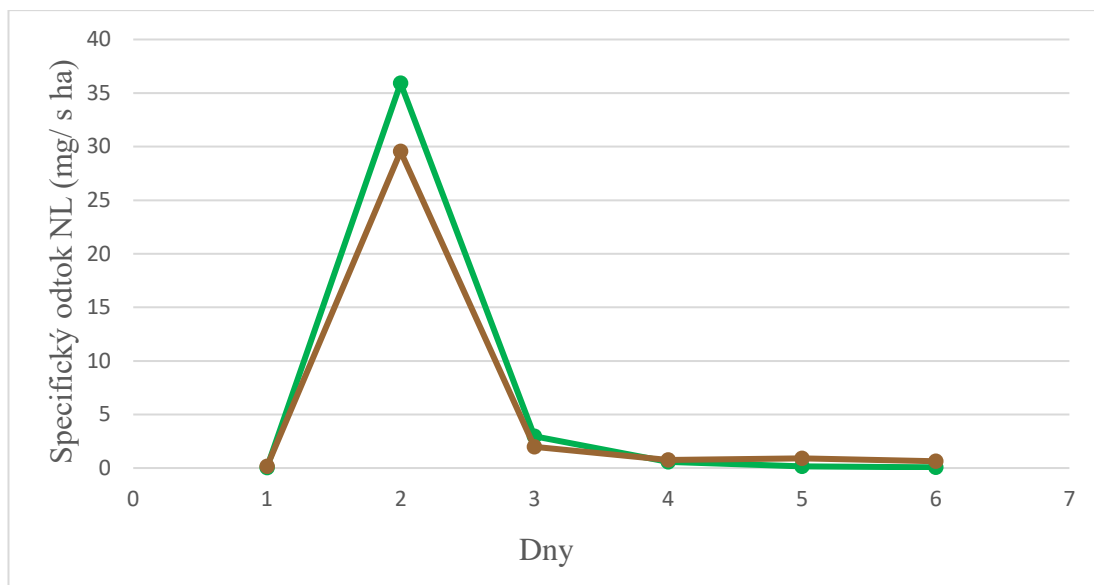


Obr. 13: Vodivost ($\mu\text{S}/\text{cm}$) ze sledovaného horního lesního povodí (zelená linie) a ze sledovaného dolního zemědělského povodí (hnědá linie) za období šesti dnů srážkové epizody od 12. 6. 2018 (1) do 17. 6. 2018 (6).

3.4.4 Specifický odtok NL při srážkové epizodě

Specifické odtoky NL za období šesti dnů srážkové epizody v mnou sledovaném horním lesním povodí a dolním zemědělském povodí byly velmi proměnlivé (viz Obr. 14).

První den srážkové epizody (12. 6. 2018) byly specifické odtoky NL jak u dolního zemědělského povodí, tak i u horního lesního povodí úplně stejné (viz Obr. 14). Druhý den (13. 6. 2018) srážkové epizody se oba specifické odtoky NL u obou povodí zvýšily, ale u horního lesního povodí byl specifický odtok NL mírně větší než u dolního zemědělského povodí. Třetí den (14. 6. 2018) srážkové epizody se oba specifické odtoky NL snížily a byly stejné (viz Obr. 14). Poslední tři dny (15.–17. 6. 2018) se specifické odtoky NL u dolního zemědělského povodí a u horního lesního povodí mírně zvyšovaly a snižovaly, ale specifické odtoky NL byly podobné (viz Obr. 14).

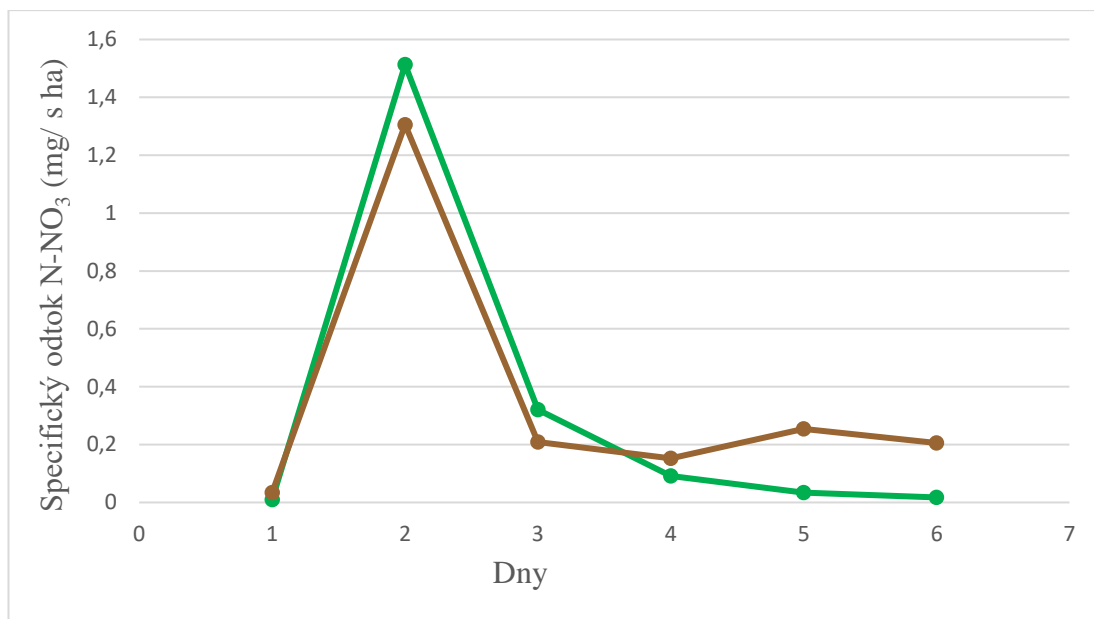


Obr. 14: Specifické odtoky NL (mg/s ha) ze sledovaného horního lesního povodí (zelená linie) a ze sledovaného dolního zemědělského povodí (hnědá linie) za období šesti dnů srážkové epizody od 12. 6. 2018 (1) do 17. 6. 2018 (6).

3.4.5 Specifický odtok N-NO₃ při srážkové epizodě

Specifické odtoky N-NO₃ za období šesti dnů srážkové epizody v mnou sledovaném dolním zemědělském povodí a horním lesním povodí byly proměnlivé (viz Obr. 15).

První den (12. 6. 2018) byly specifické odtoky N-NO₃ jak v horním lesním povodí, tak i v dolním zemědělském povodí úplně stejné. Druhý den (13. 6. 2018) se oba specifické odtoky N-NO₃ zvýšily. Horní lesní povodí mělo větší specifický odtok N-NO₃ než dolní zemědělské povodí. Třetí den (14. 6. 2018) srážkové epizody se specifické odtoky N-NO₃ u obou povodí snížily, ale i přesto mělo horní lesní povodí větší specifický odtok N-NO₃ než dolní zemědělské povodí. Čtvrtý den (15. 6. 2018) srážkové epizody se specifický odtok N-NO₃ u dolního zemědělského povodí zvýšil, zatímco u horního lesního povodí se snížil, přičemž specifický odtok N-NO₃ u dolního zemědělského povodí byl 10× větší než u horního. Pátý den (16. 6. 2018) srážkové epizody se specifický odtok N-NO₃ u dolního zemědělského povodí opět zvýšil, zatímco u horního lesního se opět snížil (viz Obr. 15). Specifický odtok N-NO₃ byl v pátém dni u dolního zemědělského povodí 10× větší než u horního lesního povodí. Poslední den (17. 6. 2018) srážkové epizody se specifické odtoky N-NO₃ u obou povodí snížily, ale i tak mělo dolní zemědělské povodí 20× větší odtoky než horní lesní povodí.

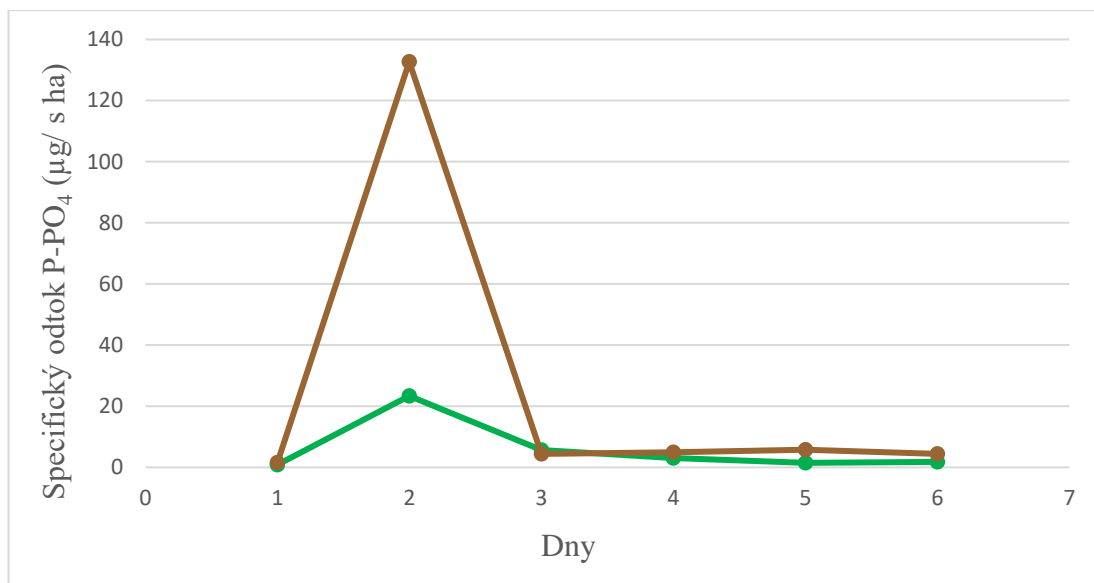


Obr. 15: Specifické odtoky N-NO₃ (mg/s ha) ze sledovaného horního lesního povodí (zelená linie) a ze sledovaného dolního zemědělského povodí (hnědá linie) za období šesti dnů srážkové epizody od 12. 6. 2018 (1) do 17. 6. 2018 (6).

3.4.6 Specifický odtok P-PO₄ při srážkové epizodě

Specifické odtoky P-PO₄ za období šesti dnů srážkové epizody v mnou sledovaném horním lesním povodí a v mnou sledovaném dolním zemědělském povodí byly proměnlivé (viz Obr. 16).

První den (12. 6. 2018) srážkové epizody byly specifické odtoky P-PO₄ u dolního zemědělského povodí a horního lesního povodí stejné. Druhý den (13. 6. 2018) srážkové epizody se u obou povodí specifické odtoky P-PO₄ zvýšily, ale u dolního zemědělského povodí (hnědá linie) byl specifický odtok P-PO₄ 6× větší než u horního lesního povodí. Třetí den (14. 6. 2018) srážkové epizody se specifické odtoky P-PO₄ u obou povodí snížily, takže byly stejné (viz Obr. 16). V posledních třech dnech (15. 6.–17. 6. 2018) docházelo ke zvyšování specifického odtoku P-PO₄ u dolního zemědělského povodí, zatímco u horního lesního povodí docházelo ke snižování specifického odtoku P-PO₄. Během těchto posledních tří dnů srážkové epizody byl specifický odtok P-PO₄ u dolního zemědělského povodí podobný, jako u horního lesního povodí.



Obr. 16: Specifické odtoky P-PO₄ (µg /s ha) ze sledovaného horního lesního povodí (zelená linie) a ze sledovaného dolního zemědělského povodí (hnědá linie) za období šesti dnů srážkové epizody od 12. 6. 2018 (1) do 17. 6. 2018 (6).

4 Diskuse

Tato diplomová práce se zabývala znečištěním povrchové vody v mnou sledovaném povodí v závislosti na způsobu hospodaření v krajině. Jak uvedli Podhrázká et al. (2002), změna půdního fondu a využívání krajiny výrazně ovlivňují hydrologické a vodohospodářské poměry v rámci dílčího povodí, kdy i u malých povodí to má zásadní vliv na srážko-odtokové procesy, které mohou mít za následek větší znečištění povodí. Podle Vácha et al. (2018) má hospodaření na zemědělské půdě výrazný vliv na vzhled a funkci krajiny, včetně zadržování vody v krajině.

Proto bylo v této práci zjišťováno, jaký vliv má krajinný pokryv na znečištění a co je původce celkového znečištění povrchové vody v mnou sledovaném povodí. Pro udržitelné hospodaření s přírodními zdroji, ochranu životního prostředí, kvalitu ovzduší je nutné pochopit změny krajinného pokryvu a využití půdy s interakcí atmosférického prostředí, které mají zásadní vliv na znečištění povodí (Vadrevu et al., 2020). Předmětem mé studie bylo měření odtoku vody z povodí v hydrologickém roce a při srážkových epizodách. V rámci dalšího předmětu studie bylo měření odtoku znečišťujících látek z povodí v hydrologickém roce a při srážkových epizodách.

4.1 Odtok vody z povodí v hydrologickém roce

4.1.1 Srážkový úhrn v hydrologickém roce

Hlavním zdrojem vody v krajině jsou srážky, které se po dopadu na povrch krajiny přeměňují na povrchový, hypodermický a podzemní odtok (Šálek et al., 2008). Měření srážkového úhrnu v mnou sledovaném povodí probíhalo během hydrologického roku (od listopadu do října). Jeho hodnoty se během hydrologického roku pohybovaly kolem 20–190 mm (viz Obr. 2).

Nejmenší úhrn srážek byl v dubnu, kdy dopadlo 10 mm srážek za měsíc (pouhých 24 % dubnového normálu pro ČR), zatímco největší úhrn byl zaznamenán v červnu, kdy dopadlo 191 mm srážek za měsíc (tedy 249 % červnového normálu). Srážky tak byly velmi nerovnoměrně rozloženy.

Pokud je půda nasycená, rychlost infiltrace srážek výrazně klesá (Vašků et al., 2011). Globální oteplování ovlivňuje srážky, může způsobit extrémní klimatické situace, jako jsou extratropické bouře, sněhové bouře nebo zvyšování srážkových událostí (Trenberth et al., 2011). Na mém sledovaném území můžeme pravděpodobně vidět vliv globálních změn klimatu projevující se tím, že v některých měsících je srážkový úhrn silně pod průměrem, a to může mít přímý vliv na růst vegetace v daném území

a také na zdržování vody v krajině a tím spojené sucho. Podle He et al. (2022) množství srážek má vliv na diverzitu rostlinného společenstva a vlastnosti půdy.

4.1.2 Specifický odtok vody v hydrologickém roce

Měření specifického odtoku vody během hydrologického roku (od listopadu do října) probíhalo tak, že jsem si povodí rozdělila na dvě části: horní lesní a dolní zemědělské povodí. Podle Šedy (2017) je specifický odtok vody definován jako množství vody vzniklé vsakem srážkových vod, které se podílí na podzemním odtoku.

Specifické odtoky vody u obou částí povodí byly velmi proměnlivé. V horním lesním povodí byla hodnota specifického odtoku vody největší v červnu, a to 341 m³/měsíc ha, zatímco nejnižší hodnota specifického odtoku vody byla v horním lesním povodí v únoru, a to 63 m³/měsíc ha (viz Obr. 3).

Specifický odtok vody u dolního zemědělského povodí byl největší v červnu, činil 533 m³/měsíc ha. Nejnižší hodnota specifického odtoku vody u dolního zemědělského povodí byla zaznamenána v dubnu, a sice 69 m³/měsíc ha (viz Obr. 3).

Srážky, které dopadají na povrch rostliny, jsou na něm zdržovány pomocí listů. Ty srážky dočasně zachytí a poté se buď vypaří do atmosféry, nebo spadnou na zem v podobě kapek (Muzylo et al., 2009). Tento jev se nazývá intercepce – množství srážek, které je zachyceno na povrchu vegetace (Pažourková, 2018). Proto je specifický odtok vody u dolního zemědělského povodí větší než u horního lesního povodí, protože se zvláště na orné půdě nemusí nacházet vegetace, která by tvořila překážku a zabránila většímu odtoku vody z krajiny, nebo je této vegetace mnohem méně než v případě vzrostlého lesa.

4.2 Odtok vody z povodí při srážkové epizodě

4.2.1 Srážkový úhrn při srážkové epizodě

Hlavním zdrojem vody v krajině jsou srážky, které se po dopadu na povrch krajiny přeměňují na povrchový, hypodermický a podzemní odtok (Šálek et al., 2008). Měření srážkového úhrnu v mnou sledovaném povodí při srážkové epizodě, které bylo podrobnější probíhalo v desetiminutových intervalech po dobu čtyř dnů srážkové epizody (12. 6.–15. 6. 2018).

Největší srážkový úhrn během čtyř dnů srážkové epizody byl 6 mm v průběhu 10 minut, zatímco nejmenší srážkový úhrn během čtyř dnů srážkové epizody byl 0,2 mm v průběhu 10 minut (viz Obr. 4).

Extrémní srážkové odezvy na měnící se klima zahrnují nejen změny četnosti a intenzity srážek, ale i změny intervalů mezi denními srážkami (Wang et al., 2020). V mém sledovaném povodí se během mé studie neobjevily žádné změny intenzity srážek způsobené např. zvyšující se teplotou, ale pokud by pozorování bylo dlouhodobé a vzali bychom v úvahu celá desetiletí, tak by se možná nějaký vliv dlouhodobých změn teploty na intenzitu srážek objevil. Podle Kotz et al. (1963) nám časové intervaly pomáhají ukazovat podrobněji rozložení srážek na daném území. Podle He et al. (2022) má množství srážek vliv na diverzitu rostlinného společenstva a vlastnosti půdy.

4.2.2 Specifický odtok vody při srážkové epizodě

Podrobnější měření specifického odtoku vody u mého sledovaného povodí probíhalo v desetiminutových intervalech během pěti dnů srážkové epizody (12. 6.–16. 6. 2018). Toto povodí jsem si rozdělila na dvě části: horní lesní a dolní zemědělské povodí.

Specifické odtoky vody u obou částí povodí byly velmi proměnlivé. V horním lesním povodí byl největší specifický odtok při srážkové epizodě 0,7 l/s ha, zatímco nejmenší specifický odtok vody při srážkové epizodě u horního lesního povodí byl 0,1 l/s ha (viz Obr. 5).

U dolního zemědělského povodí byl největší specifický odtok vody při srážkové epizodě 3,7 l/s ha. Nejmenší specifický odtok vody při srážkové epizodě u dolního zemědělského povodí byl 0,1 l/s ha.

Srážky, které dopadají na povrch rostliny, jsou zadržovány na jejím povrchu pomocí listů, které srážky dočasně zadrží a následně se buď vypaří do atmosféry, nebo spadnou na zem v podobě kapek (Muzylo et al., 2009). Tento jev se nazývá tzv. intercepce – množství srážek, které je zachyceno na povrchu vegetace (Pažourková, 2018).

Proto byl specifický odtok vody u dolního zemědělského povodí v některých případech větší než u horního lesního povodí, protože se v zemědělském povodí nachází méně vegetace, která by tvořila překážku a zabránila by zvětšování odtoku vody z krajiny. Tento jev patrný jak při dlouhodobém sledování, tak při této intenzivní srážkové epizodě, ale při té je efekt vegetace zjevně ještě intenzivnější, co se týče objemu odtoklé vody.

4.3 Odtok znečišťujících látek z povodí v hydrologickém roce

4.3.1 Vodivost v hydrologickém roce

Vodivost byla měřena v hydrologickém roce (od listopadu do října) v mém sledovaném povodí, které bylo rozděleno do dvou částí: horní lesní a dolní zemědělské povodí. Vodivost (konduktivita) vody je veličina charakterizující schopnost vody vést elektrický proud a tím ukázat míru obsahu látek, vedoucích elektrický proud, obsažených ve vodě (Vyskočil, 2000).

U dolního zemědělského povodí byla největší hodnota vodivosti v dubnu, a to 128 ($\mu\text{S}/\text{cm}$), naproti tomu i její nejmenší hodnota u dolního zemědělského povodí byla v říjnu, a to 104 ($\mu\text{S}/\text{cm}$).

U horního lesního povodí byla největší hodnota vodivosti v únoru 70 ($\mu\text{S}/\text{cm}$). Nejnižší hodnota vodivosti byla u horního lesního povodí v červnu, a to 62 ($\mu\text{S}/\text{cm}$).

Přesná znalost vodivosti je nezbytná pro pochopení procesů proudění vody a pro usnadnění analýzy stopových nečistot ve vodě (Light et al., 2004). Vodivost a celkové množství rozpuštěných pevných látek jsou parametry kvality vody (Rusydi et al., 2018). V mnou sledovaném povodí, pokud byla vyšší vodivost, tak to znamenalo, že více látek odtékalo z povodí. Podle Novák et al. (2007) může vodivosti ukazovat obsah látek ve vodě z jejich odtoku z půdy. Je zřejmé, že z půdy zemědělského povodí se do odtékajících vod dostávalo více znečišťujících látek, zvyšujících vodivost vody, protože se vegetace v tomto povodí vyskytovala sezonně a tím u zemědělského povodí možné iontové látky nespotřebované vegetací mohly více odtékat a způsobovat tak vyšší vodivost.

4.3.2 Specifický odtok vody v hydrologickém roce

Měření specifického odtoku vody probíhalo v hydrologickém roce (od listopadu do října) ve dvou částech mnou sledovaného povodí (horní lesní povodí a dolní zemědělské povodí).

U horního lesního povodí byl největší specifický odtok vody v říjnu, a to 0,05 l/ s ha, zatímco nejmenší specifický odtok vody horního lesního povodí byl v únoru 0,02 l/ s ha (viz Obr. 7).

U dolního zemědělského povodí byl největší specifický odtok v červenci, a to přes 0,1 l/ s ha, zatímco nejmenší specifický odtok vody u dolního zemědělského povodí byl v květnu 0,02 l/ s ha.

Srážky, které dopadají na povrch rostliny, jsou zadržovány na povrchu rostliny pomocí listů, které srážky dočasně zadrží, poté se buď vypaří do atmosféry, nebo spadnou na zem v podobě kapek (Muzylo et al., 2009). Tento jev se nazývá tzv. intercepce – množství srážek, které je zachyceno na povrchu vegetace (Pažourková, 2018).

Když dopadly srážky u horního lesního povodí na zemský povrch, rostliny jim svými těly tvořily překážku, takže oteklo pryč pouze malé množství vody, tím byl specifický odtok menší, i když v některých měsících se zvyšoval, ale to mohlo mít kvůli intenzivním srážkovým epizodám. Zatímco u dolního zemědělského povodí, kde se vegetace vyskytovala proměnlivě, srážky neměly v některých měsících žádnou překážku, anebo byla vegetace příliš malá, aby docházelo k zachycení srážek na listech, a proto více vody oteklo pryč a specifický odtok vody byl větší a na rozdíl od horního lesního povodí často velmi proměnlivý.

4.3.3 Specifický odtok NL v hydrologickém roce

Měření specifického odtoku NL (nerozpuštěných látek) probíhalo v hydrologickém roce (od listopadu do října) v mnou sledovaném povodí, které jsem si rozdělila na dvě části: horní lesní a dolní zemědělské povodí (viz Obr. 8).

V horním lesním povodí byla nejvyšší hodnota specifického odtoku NL v září, a to 0,13 mg/s ha, zatímco nejnižší hodnota specifického odtoku NL byla u horního lesního povodí v srpnu, a sice 0,02 mg/s ha.

U dolního zemědělského povodí byla nejvyšší hodnota specifického odtoku NL v lednu a činila 0,52 mg/s ha. Nejnižší hodnota specifického odtoku NL u dolního zemědělského povodí byla v dubnu 0,04 mg/s ha.

Jedním z významných zdrojů kontaminace povrchových a podzemních vod je odtékání nerozpuštěných látek při srážkách do povodí (Čejková et al., 2022). Jejich koncentrace v povrchových vodách při intenzivních srážkách může dosahovat desítek nebo stovek mg (Pitter, 2015). U mého sledovaného povodí můžeme vidět, že specifický odtok NL u dolního zemědělského povodí je v některých měsících výrazně vyšší než u horního lesního povodí. To může být způsobeno tím, že v těchto měsících, kdy je vyšší, se v dané části povodí nevyskytuje žádná vegetace, která by fungovala jako překážka a snížila by odtok NL z dolního zemědělského povodí. U horního lesního povodí, kde se vegetace vyskytovala celoročně, byl specifický odtok NL výrazně nižší, protože vegetace snižovala odtok NL do povodí. Obecně lze říci, že NL je ukazatelem eroze, která je z ploch méně krytých vegetací menší.

4.3.4 Specifický odtok N-NO₃ v hydrologickém roce

Měření specifického odtoku N-NO₃ (dusičnanový dusík) během hydrologického roku (od listopadu do října) probíhalo v mnou sledovaném povodí, které jsem si rozdělila na dvě části: horní lesní a dolní zemědělské povodí (viz Obr. 9).

V dolním zemědělském povodí byl nejvyšší specifický odtok v lednu, a to 0,19 mg/s ha, zatímco nejnižší specifický odtok N-NO₃ u dolního zemědělského povodí byl v květnu 0,02 mg/s ha.

V horním lesním povodí byl nejvyšší specifický odtok N-NO₃ v únoru – 0,02 mg/s ha. Zatímco nejnižší hodnota specifického odtoku N-NO₃ v horním lesním povodí byla v květnu 0,01 mg/s ha.

Dusičnany jsou hlavním zdrojem plošného znečištění vod, kdy se do vody dusičnany nemusí dostat pouze z hnojiv, ale i přeměnou dusíkatých organických látek (Kvítek et al, 2012).

Můžeme vidět, že u horního lesního povodí, kde se celoročně nacházela vegetace, byl specifický odtok N-NO₃ stálý a velmi malý. U dolního zemědělského povodí se ale vegetace vyskytovala sezónně, takže i specifický odtok N-NO₃ byl velmi proměnlivý.

Dusičnany díky tomu, že jsou neomezeně rozpustné ve vodě, snadněji odtékají z povodí. U horního lesního povodí, kde byla vegetace celoročně, byly dusičnany rostlinami spotřebovány a tím byl specifický odtok N-NO₃ nižší a poměrně stálý. U dolního zemědělského povodí byl specifický odtok N-NO₃ na jaře a v létě nižší, protože se na zemědělské půdě pěstovaly plodiny, které spotřebovávaly dusičnany, takže jich tolik neodtékalo do vody, ale když se sklidily a na zemědělské půdě se na podzim a v zimě nevyskytovala žádná vegetace, dusičnany nebyly spotřebovány, tím se jich dostávalo víc do vody a zvýšil se specifický odtok N-NO₃.

4.3.5 Specifický odtok P-PO₄ v hydrologickém roce

Měření specifického odtoku P-PO₄ (fosforečnanový fosfor) probíhalo v hydrologickém roce (od listopadu do října) v mnou sledovaném povodí, které jsme si rozdělila na dvě části: horní lesní a dolní zemědělské povodí (viz Obr. 10).

U horního lesního povodí byl největší specifický odtok P-PO₄ v květnu, a to 3,5 µg/s ha, zatímco nejnižší specifický odtok P-PO₄ zde byl v dubnu, a to 0,9 µg/s ha.

U dolního zemědělského povodí byl největší specifický odtok P-PO₄ v lednu a červenci – 6,6 µg/s ha. Nejnižší specifický odtok P-PO₄ u dolního zemědělského povodí byl v květnu – 0,6 µg/s ha.

Samotné fosforečnany, které se vyskytují ve vodě, nejsou škodlivé, ale spíše můžou při zvýšené koncentraci zhoršit kvalitu vody a zvýšit růst sinic a řas (Novotný, 2012).

U obou částí povodí jsou specifické odtoky P-PO₄ velmi proměnlivé, což mohlo být způsobeno různými výkyvy počasí.

Podobně jako u dusičnanů to bylo u fosforečnanů, kdy rostliny fosforečnany také spotřebovávaly. U horního lesního povodí, kde se vegetace vyskytovala celoročně, byl specifický odtok P-PO₄ nižší, protože rostliny spotřebovávaly fosforečnany a tím kromě května neodtékaly do vody, kdy se specifický odtok P-PO₄ zvýšil z důvodu intenzivní srážkové epizody, kdy rostliny nedokázaly fosforečnany spotřebovat, tím se větší množství dostalo do vody. U dolního zemědělského povodí se specifický odtok snížil, protože se na zemědělské půdě pěstovaly plodiny (jaro–léto), které spotřebovávaly fosforečnany, a tím se jich do vody nedostávalo tolik. Když se plodiny sklídily, specifický odtok P-PO₄ byl větší, protože žádné plodiny nespotebovávaly fosforečnany, tím se jich více dostalo do vody.

4.4 Odtok znečišťujících látek z povodí při srážkové epizodě

4.4.1 Specifický odtok vody při srážkové epizodě

Podrobnější měření specifického odtoku vody u mého sledovaného povodí probíhalo v desetiminutových intervalech během pěti dnů srážkové epizody (12.6.–16. 6. 2018). Toto povodí jsem si rozdělila na dvě části: horní lesní a dolní zemědělské povodí.

Specifické odtoky vody u obou částí povodí byly velmi proměnlivé. V horním lesním povodí byl největší specifický odtok při srážkové epizodě 0,7 l/s ha. Nejmenší specifický odtok vody při srážkové epizodě u horního lesního povodí byl 0,1 l/s ha (viz Obr. 12).

U dolního zemědělského povodí byl největší specifický odtok vody při srážkové epizodě 3,7 l/s ha. Nejmenší specifický odtok vody při srážkové epizodě u dolního zemědělského povodí byl 0,1 l/s ha.

Při první velké srážce se u dolního zemědělského povodí specifický odtok vody výrazně zvýšil, protože menší množství vegetace na orné půdě nedokázalo takové množství vody zadržet tak účinně jako les, takže se část srážek vsákla do půdy a větší část srážek odtekla z pole do povodí a tím se zvýšil specifický odtok. Oproti tomu u horního lesního povodí byla vegetace ve větším množství, takže dokázala větší část

srážek zadržet a tím byl specifický odtok vody nižší, zbytek srážek se buď vsákl do půdy, nebo odtekl do povodí.

Při druhé velké srážce byly u obou povodí specifické odtoky vody podobné, protože půda byla v obou povodí už nasycena, a proto i podobné množství srážek odteklo do povodí.

4.4.2 Vodivost při srážkové epizodě

Měření vodivosti při srážkové epizodě probíhalo v šesti dnech srážkové epizody (12. –17. 6. 2018) v mnou sledovaném povodí, které jsem si rozdělila na dvě části: horní lesní a dolní zemědělské povodí (viz Obr. 13).

U horního lesního povodí byla největší hodnota vodivosti při srážkové epizodě druhý den, a to 69 ($\mu\text{S}/\text{cm}$), zatímco nejnižší hodnota vodivosti při srážkové epizodě u horního lesního povodí byla třetí a pátý den – 58 ($\mu\text{S}/\text{cm}$).

U dolního zemědělského povodí byla nejvyšší hodnota vodivosti při srážkové epizodě pátý den, a to 114 ($\mu\text{S}/\text{cm}$), zatímco nejnižší hodnota vodivosti při srážkové epizodě u dolního zemědělského povodí byla třetí den – 93 ($\mu\text{S}/\text{cm}$).

Přesná znalost vodivosti je nezbytná pro pochopení procesů proudění vody a pro usnadnění analýzy stopových nečistot ve vodě (Light et al., 2004). Vodivost a celkové množství rozpuštěných pevných látek jsou parametry kvality vody (Rusydi et al., 2018).

U dolního zemědělského povodí se během některých dnů srážkové epizody vodivost výrazně snížila, protože ze zemědělského pole odtékalo více vody a tím se látky naředily a vodivost klesla. Zatímco u horního lesního povodí, když se vodivost mírně zvýšila, bylo to dáno tím, že v porovnání se zemědělským povodím méně vody odteklo, tím se látky tolik nenaředily a vodivost se zvýšila, protože s sebou srážková voda přece jen spláchla více nečistot.

4.4.3 Specifický odtok NL při srážkové epizodě

Měření specifického odtoku NL (nerozpuštěných látek) při srážkové epizodě probíhalo během šesti dnů srážkové epizody (12. 6.–17. 6. 2018) v mnou sledovaném povodí, které jsem si rozdělila do dvou částí: horní lesní a dolní zemědělské povodí (viz Obr. 14).

U horního lesního povodí byla nejvyšší hodnota specifického odtoku NL druhý den – 36 mg/ s ha. Nejnižší hodnota specifického odtoku NL u horního lesního povodí byla první a šestý den – 0,1 mg/ s ha.

U dolního zemědělského povodí byla nejvyšší hodnota specifického odtoku NL druhý den, a to 30 mg/ s ha, zatímco nejnižší hodnota u dolního zemědělského povodí byla první den 0,2 mg/ s ha.

Jedním z významných zdrojů kontaminace povrchových a podzemních vod je odtékání nerozpuštěných látek při srážkách do povodí (Čejková et al., 2022). Koncentrace těchto látek při intenzivních srážkách může dosahovat až desítek nebo stovek mg (Pitter, 2015).

Během srážkové epizody, i když byl velmi intenzivní srážkový úhrn, kdy se uvolnilo a odplavilo z obou povodí velké množství nerozpuštěných látek, přestože se v lesním povodí nacházelo více vegetace, byl odtok nerozpuštěných látek z něj vyšší, i když ne příliš výrazně. Pravděpodobně došlo při prudkém dešti ke splachu NL v podobě prachu a pylu i z velkého povrchu lesní vegetace, proto specifické odtoky NL byly u obou povodí relativně podobné.

4.4.4 Specifický odtok N-NO₃ při srážkové epizodě

Měření specifického odtoku N-NO₃ při srážkové epizodě probíhalo během šesti dnů srážkové epizody (12. 6.–17. 6. 2018) v mém sledovaném povodí, která jsem si rozdělila na dvě části – horní lesní a dolní zemědělské povodí (viz Obr. 15).

U horního lesního povodí byl nejvyšší specifický odtok N-NO₃ druhý den srážkové epizody, a to 1,5 mg/ s ha, zatímco nejnižší hodnota specifického odtoku u horního lesního povodí byla první den 0,01 mg/ s ha.

U dolního zemědělského povodí byl nejvyšší specifický odtok N-NO₃ druhý den, a sice 1,3 mg/ s ha. Nejnižší specifický odtok N-NO₃ u dolního zemědělského povodí byl první den, a to 0,03 mg/ s ha.

Při srážkové epizodě můžeme vidět, že když je intenzivní srážkový úhrn, odtok N-NO₃ se zvýšil v obou částech povodí velmi podobně, protože vegetace nestačila vstřebávat takové množství srážek, takže se zvýšil odtok N-NO₃. Když byl naopak srážkový úhrn průměrný, specifický odtok N-NO₃ u lesního povodí byl výrazně nižší.

Dusičnany jako ve vodě neomezeně rozpustné při intenzivních srážkách rychle odtékají z území, jsou vymývány vodou z různých povodí podobně intenzivně, ale když srážky ustanou, vrátí se do normálu. U horního lesního povodí je tento „normál“ nižší než u dolního zemědělského povodí.

4.4.5 Specifický odtok P-PO₄ při srážkové epizodě

Měření specifického odtoku P-PO₄ při srážkové epizodě probíhalo v šesti dnech srážkové epizody (12. 6.–17. 6. 2018) v mnou sledovaném povodí, které jsme si rozdělila na dvě části: horní lesní a dolní zemědělské povodí (viz Obr. 16).

U horního lesního povodí byl největší specifický odtok při druhém dnu srážkové epizody – 23 µg/ s ha. Nejnižší specifický odtok P-PO₄ u horního lesního povodí byl první den srážkové epizody – 0,9 µg/ s ha.

U dolního zemědělského povodí byl největší specifický odtok P-PO₄ druhý den srážkové epizody 133 µg/ s ha. Nejnižší specifický odtok P-PO₄ u dolního zemědělského povodí byl první den srážkové epizody 1,5 µg/ s ha.

Specifické odtoky P-PO₄ byly v obou částech povodí při srážkové epizodě velmi podobné kromě druhého dne, kdy se oba zvýšily z důvodu velmi intenzivních srážek.

U horního lesního povodí se specifický odtok P-PO₄ během intenzivních srážkových zvyšoval méně z důvodu výskytu většího množství vegetace než u dolního zemědělského povodí.

Fosforečnany jsou málo rozpustné ve vodě, ale při intenzivních srážkách rychleji odtékají z povodí, po ukončení srážek se vrátí do normálu. U dolního zemědělského povodí je normál větší než u horního lesního povodí. Lze předpokládat, že na zemědělském povodí je obsah fosforečnanů v půdě vyšší v důsledku minerálního hnojení, proto je i jejich odtok při intenzivní srážkové epizodě vyšší než z půdy trvale a dlouhodobě pokryté lesním porostem.

Závěr

Práce ukázala, že vegetace v zemědělské krajině má výrazný vliv na odtok vody a látek z povodí. Vegetace pomáhá ke zpomalování odtoku vody, zvyšování jejího vsakování a ke snižování odtoku znečišťujících látek z povodí. Proto je vegetace v zemědělské krajině velmi důležitá.

V České republice převládají rozlehlé plochy orné půdy, které by měly být více přerušovány remízami a skupinami vegetací pro posílení ochrany před rychlým odtokem vody. Problém zadržování vody v krajině se týká celé Evropy, zvláště v současných podmínkách klimatických změn.

Seznam použité literatury

1. Akhtar, N., Syakir Ishak, M. I., Bhawani, S. A., & Umar, K. (2021). Various natural and anthropogenic factors responsible for water quality degradation: A review. *Water*, 13(19), 266.
2. Alahi, M. E. E., & Mukhopadhyay, S. C. (2018). Detection methods of nitrate in water: A review. *Sensors and Actuators A: Physical*, 280, 210–221.
3. Badamasi, H., Yaro, M. N., Ibrahim, A., & Bashir, I. A. (2019). Impacts of Phosphates on Water Quality and Aquatic Life. *Chem. Res. J*, 4, 124–133.
4. Beutel, M. W., Duvil, R., Cubas, F. J., Matthews, D. A., Wilhelm, F. M., Grizzard, T. J., ... & Gebremariam, S. (2016). A review of managed nitrate addition to enhance surface water quality. *Critical Reviews in Environmental Science and Technology*, 46(7), 673–700.
5. Bilotta, G. S., & Brazier, R. E. (2008). Understanding the influence of suspended solids on water quality and aquatic biota. *Water research*, 42(12), 2849–2861.
6. Coufal, P. (2013). Vybrané kvalitativní parametry vody v Trkmance.
7. Čamborková, L. (2015). Stanovení tvrdosti vody a celkové vodivosti pitné vody.
8. Čejková, J., Kólová, A., Kučera, J., Váňa, M., Holba, M., & Polášek, P. (2022). Testing of a prototype separation device designed for rainwater treatment. *Vodohospodářské technicko-ekonomické informace*, 63(4), 28–34.

-
9. da Silva, B. F., Jelic, A., López-Serna, R., Mozeto, A. A., Petrovic, M., & Barceló, D. (2011). Occurrence and distribution of pharmaceuticals in surface water, suspended solids and sediments of the Ebro river basin, Spain. *Chemosphere*, 85(8), 1331–1339. Dostupné z: <http://www.hydrol-earth-syst-sci-discuss.net/8/3421/2011/>.
 10. ENN: RESEARCHERS STARVE TOXIC ALGAE TO NOURISH RIVERS. ENVIRONMENTAL NEWS NETWORK, JANUARY 10, 2000.
 11. Fadiran, A. O., Dlamini, S. C., & Mavuso, A. (2008). A comparative study of the phosphate levels in some surface and ground water bodies of Swaziland. *Bulletin of the Chemical Society of Ethiopia*, 22(2).
 12. Gippel, C. J. (1995). Potential of turbidity monitoring for measuring the transport of suspended solids in streams. *Hydrological processes*, 9(1), 83–97.
 13. Gorgoglione, A., Gregorio, J., Rios, A., Alonso, J., Chreties, C., & Fossati, M. (2020). Influence of land use/land cover on surface-water quality of Santa Lucia river, Uruguay. *Sustainability*, 12(11), 4692.
 14. GUTH, J. A T. KUČERA. Monitorování změn krajinného pokryvu s využitím DPZ a GIS. *Příroda*. Praha, 1997, 10, 107–124.
 15. Guth, J., & Kučera, T. (1997). Monitorování změn krajinného pokryvu s využitím DPZ a GIS. *Příroda*, 10, 107–124.
 16. Hall, R. M., Penke, N., Kriechbaum, M., Kratschmer, S., Jung, V., Chollet, S., ... & Winter, S. (2020). Vegetation management intensity and landscape diversity alter plant species richness, functional traits and community composition across European vineyards. *Agricultural Systems*, 177, 102706.
 17. He, Y., Yu, M., Ding, G., Wang, C., & Zhang, F. (2022). Precipitation amount and event intervals interact to change plant diversity during dry years in a desert shrubland. *Ecological Indicators*, 145, 109701.

-
18. Hrabánková, A. (2016). Ochrana vod před dusičnany ze zemědělství. *Vodohospodářské technicko-ekonomické informace*, 58(5), 34–39.
19. Imeson, A. C., & Verstraten, J. M. (1981). Suspended solids concentrations and river water chemistry. *Earth Surface Processes and Landforms*, 6(3–4), 251–263.
20. Into, H. D. I. G. (2003). Nitrate in Drinking Water. Jiang, D., Matsushita, B., Pahlevan, N., Gurlin, D., Lehmann, M. K., Fichot, C. G., ... & O'Donnell, D. (2021). Remotely estimating total suspended solids concentration in clear to extremely turbid waters using a novel semi-analytical method. *Remote sensing of environment*, 258, 112386.
21. Kočí, V., Burkhard, J., & Maršálek, B. (2000). Eutrofizace na přelomu tisíciletí. *Eutrofizace 2000*, 10, 3–13.
22. Kotz, S., & Neumann, J. (1963). On the distribution of precipitation amounts for periods of increasing length. *Journal of geophysical research*, 68(12), 3635–3640.
23. Kratochvílová, P. (2012). Změny krajinného pokryvu v Krušných horách a jejich možný vliv na srážko-odtokový proces.
24. Kusari, L., & Ahmedi, F. (2013). The use of turbidity and total suspended solids correlation for the surface water quality monitoring. *International Journal of Current Engineering and Technology*, 3(4), 1311–1314.
25. KVÍTEK T., BYSTRICKÝ, V., DUFFKOVÁ, R., MORAVCOVÁ, J., PAVLÍČEK, T., PETERKOVÁ, J., POMIJE, T., TACHECÍ, P., ZAJÍČEK, A., ŽLÁBEK, P., 2012. Modelování vlivu využívání půdy v geomorfologických zónách na odtok vody a koncentraci dusičnanů. *Metodika*. Praha: VÚMOP, v. i. 89 s. ISBN 978-80-87361-17-7.

-
26. Kvítek, T., & Tipl, M. (2003). *Ochrana povrchových vod před dusičnany z vodní eroze a hlavní zásady protierozní ochrany v krajině* (p. 47). Praha: Ústav zemědělských a potravinářských informací.
27. Lam, Q. D., Schmalz, B., & Fohrer, N. (2011). The impact of agricultural Best Management Practices on water quality in a North German lowland catchment. *Environmental monitoring and assessment*, 183, 351–379
28. LELLÁK, J., KUBÍČEK, F.: Hydrobiologie. 1. vyd. Praha, Karolinum, 1991, 256 s., ISBN 80-7066-530-0.
29. Logan, T. J. (1990). Sustainable agriculture and water quality. *Sustainable agricultural systems*, 582–613.
30. Light, T. S., Licht, S., Bevilacqua, A. C., & Morash, K. R. (2004). The fundamental conductivity and resistivity of water. *Electrochemical and solid-state letters*, 8(1), E16.
31. Mansor, H., Maju, N. A. H., Gunawan, T. S., & Ahmad, R. (2022). The Development of Water Pollution Detector Using Conductivity And Turbidity Principles. *IIUM Engineering Journal*, 23(2), 104–113.
32. Marandi, A., Polikarpus, M., & Jöeleht, A. (2013). A new approach for describing the relationship between electrical conductivity and major anion concentration in natural waters. *Applied geochemistry*, 38, 103–109.
33. Mikešová, A. (2016). Management zemědělské krajiny a jeho vliv na koncentrace iontů v tekoucích vodách.
34. Múcher, C. A., Hazeu, G. W., Swetnam, R., Gerard, F., Luque, S., Pino, J., & Halada, L. (2009, May). Historic land cover changes at Natura 2000 sites and their associated landscapes across Europe. In *Remote Sensing for a Changing Europe: Proceedings of the 28th Symposium of the European Association of Remote Sensing Laboratories, Istanbul, Turkey, 2–5 June 2008* (p. 226). IOS Press.

-
35. Muzylo, A., Llorens, P., Valente, F., Keizer, J. J., Domingo, F., & Gash, J. H. C. (2009). A review of rainfall interception modelling. *Journal of hydrology*, 370(1–4), 191–206.
36. Najbrtová, A. (2017). MODELOVANÍ PROCESU V ČISTÍRNĚ ODPADNÍCH VOD.
37. Nejadhashemi, A. P., Wardynski, B. J., & Munoz, J. D. (2012). Large-scale hydrologic modeling of the Michigan and Wisconsin agricultural regions to study impacts of land use changes. *Transactions of the ASABE*, 55(3), 821–838.
38. NOVÁK, P., VOPRAVIL, J., LAGOVÁ, J., VETIŠKOVÁ, D., 2007. Vývoj metod predikce stavů sucha a povodňových situací na základě infiltračních a retenčních vlastností půdního pokryvu ČR. DÚ 01 Analýza a mapování infiltračních schopností půd ČR. Závěrečná zpráva VaV 1D/1/5/05. Praha: VÚMOP, v. v. i. 52 s.
39. NOVOTNÝ, P. R. (2012). Stanovení fosforečnanů ve vodách a charakterizace jejich negativního vlivu na akvatický ekosystém.
40. Pažourková, E. (2018). *Vodní bilance subalpinského povodí: Missiaga (Dolomity, Itálie)* (Master's thesis, České vysoké učení technické v Praze. Výpočetní a informační centrum).
41. Peel, J. W., Reddy, K. J., Sullivan, B. P., & Bowen, J. M. (2003). Electrocatalytic reduction of nitrate in water. *Water Research*, 37(10), 2512–2519.
42. PITTER, P. (2015). Hydrochemie. 5. aktualizované a doplněné vydání. Praha: Vysoká škola chemicko-technologická v Praze.
43. Pitter, Pavel. Hydrochemie. Praha: Vydavatelství VŠCHT Praha, 2009. ISBN 978-80-7080-701-9.

-
44. Podhrázká, J., & Toman, F. (2003). Vliv hospodaření v povodí na změny odtokových poměrů. In *Protipovodňová prevence a krajinné plánování. Sborník z mezinárodní konference. Pardubice: ČSSI* (pp. 107–114).
45. Rusydi, A. F. (2018, February). Correlation between conductivity and total dissolved solid in various type of water: A review. In *IOP conference series: earth and environmental science* (Vol. 118, p. 012019). IOP Publishing.
46. Rusydi, A. F. (2018, February). Correlation between conductivity and total dissolved solid in various type of water: A review. In *IOP conference series: earth and environmental science* (Vol. 118, p. 012019). IOP Publishing.
47. Selman, P. (2004). Community participation in the planning and management of cultural landscapes. *Journal of environmental planning and management*, 47(3), 365–392.
48. SHAW, R.: GULF ZONE A DEADLY POOL OF DISTANT SOURCES. ENVIRONMENTAL NEWS NETWORK, 19. 2. 2000.
49. Shi, P., Zhang, Y., Li, Z., Li, P., & Xu, G. (2017). Influence of land use and land cover patterns on seasonal water quality at multi-spatial scales. *Catena*, 151, 182–190.
50. SCHRÖDER, ed. Studies in Mountain Hydrology. Koblenz: IHP, HWRP – Berichte, 2004,
51. SLADĚČKOVÁ, A., ŽÁČEK, L.: TECHNOLOGICAL AND HYGIENIC CONSEQUENCES OF RESERVOIRS EUTROPHICATION IN THE CZECH REPUBLIC. WATER SCIENCE AND TECHNOLOGY 37: (2) 195–202 1998.

-
52. SMITH, V. H., TILMAN, G. D., NEKOLA, J. C.: EUTROPHICATION: IM-PACTS OF EXCESS NUTRIENT INPUTS ON FRESHWATER, MARINE, AND TERRESTRIAL ECOSYSTEMS. ENVIRONMENTAL POLLUTION 100: (1-3) 179–196 1999.
53. Svoboda, L. (2011). Fotokatalytická degradace vybraných látek ve vodách.
54. ŠÁLEK, M., KAPLICKÁ, M., KVÍTEK, T., 2008. Silná bouře na Pelhřimovsku dne 23. května 2005. Meteorologické zprávy, 61 (4), 113–118. ISSN 0026-1173.
55. ŠEDA, S., 2014. Vrty pro tepelná čerpadla a jejich rizika pro hydrogeologickou stratifikaci. Vodní hospodářství, 8, 14–18. 6319 ISSN 1211-0760 Šumava, 2004, 84–88.
56. TESAŘ, M., M. ŠÍR a E. ZELENKOVÁ. Vliv vegetace na vodní a teplotní režim tří povodí.
57. TESAŘ, M., M. ŠÍR, J. DVOŘÁK a Ľ. LICHNER. Influence of vegetative cover changes on the soil water regime in headwater regions in the Czech Republic. In: HERRMANN, A. a U.
58. TROJÁKOVÁ, Dominika. *Zjišťování odtoku vody z lesích pozemkůměřením průtoku vody ve vodním toku*. Online, Bakalářská. České Budějovice: Jihočeská univerzita, 2021. Dostupné z: https://wstag.jcu.cz/portal/studium/prohlizeni.html?pc_pagenavigationalstate=AAAAAQAGMjMyOTExEwEAAAABAAhzdGF0ZUtleQAAAEAFc05MjIzMzcyMDM2ODU0NzczOTEwAAAAA**#prohlizeniSearchResult. [cit. 2024-02-04].
59. UNUCKA, J. A M. ADAMEC. Modelování vlivu krajinného pokryvu na srážkoodtokové vztahy v povodí Olše. *Journal of Hydrology nad Hydromechanics. Bratislava: Ústav pro hydrodynamiku AV ČR, v. v. i. a Ústav hydrologie SAV*, 2008, 56(4), 257–271.

-
60. Vadrevu, K., Ohara, T., & Justice, C. (2017). Land cover, land use changes and air pollution in Asia: A synthesis. *Environmental Research Letters*, 12(12), 120201.
61. Vácha, R. Udržitelné hospodaření na půdě k podpoře retence vody v krajině.
62. Vyskočil, L.: Primární etalón elektrolytickej konduktivity. *Metrológia a skúšobníctvo*, 5,23, výzkumu II: sborník z konferencie, Srní 4.–7. října 2004. Vimperk: Správa NP a CHKO ve vrcholovém pásmu Šumavy. In: ŠUSTR, P. a L. DVOŘÁK, ed. Aktuality šumavského.
63. Wang, L., Wang, W. J., Du, H., Wu, Z., Shen, X., & Ma, S. (2020). Decreasing precipitation occurs in daily extreme precipitation intervals across China in observations and model simulations. *Climate Dynamics*, 54, 2597–2612.
64. Warwick, C., Guerreiro, A., & Soares, A. (2013). Sensing and analysis of soluble phosphates in environmental samples: A review. *Biosensors and Bioelectronics*, 41, 1–11.
65. Wisconsin. Hydrology and Earth System Sciences Discussions [online]. 2011, 8(2).
66. Wood, R., & Handley, J. (2001). Landscape dynamics and the management of change. *Landscape research*, 26(1), 45–54.
67. Yun, J., Jeong, SJ, Ho, CH, Park, CE, Park, H., & Kim, J. (2018). Vliv zimních srážek na jarní fenologii v boreálních lesích. *Global Change Biology*, 24 (11), 5176-518.
68. Zalidis, G., Stamatiadis, S., Takavakoglou, V., Eskridge, K., & Misopolinos, N. (2002). Impacts of agricultural practices on soil and water quality in the Mediterranean region and proposed assessment methodology. *Agriculture, Ecosystems & Environment*, 88(2), 137–146.

-
69. Zhang, J. Z., & Chi, J. I. E. (2002). Automated analysis of nanomolar concentrations of phosphate in natural waters with liquid waveguide. *Environmental science & technology*, 36(5), 1048–1053.
70. Zhang, Y., Sheng, S., Mao, S., Wu, X., Li, Z., Tao, W., & Jenkinson, I. R. (2019). Highly sensitive and selective fluorescent detection of phosphate in water environment by a functionalized coordination polymer. *Water research*, 163, 114883.
71. ZHAO, D., SENGUPTA, A.K.: ULTIMATE REMOVAL OF PHOSPHATE FROM WASTEWATER USING A NEW CLASS OF POLYMERIC ION EXCHANGERS. *WATER RESEARCH VOL. 32, NO. 5, PP. 1613–1625, 1998.*
72. Zia, H., Harris, N. R., Merrett, G. V., Rivers, M., & Coles, N. (2013). The impact of agricultural activities on water quality: A case for collaborative catchment-scale management using integrated wireless sensor networks. *Computers and electronics in agriculture*, 96, 126–138.

Seznam obrázků

Obr. 1: Povodí horní a dolní částí Bedřichovského potoka s vyznačenými závěrovými profily 18

Obr. 2: Srážkové úhrny (mm) za období jednotlivých měsíců hydrologického roku od listopadu (11) do října (11) ve sledovaných povodí 23

Obr. 3: Specifické odtoky vody ($\text{m}^3/\text{měsíc ha}$) ze sledovaného horního lesního povodí (zelená linie) a ze sledovaného dolního zemědělského povodí (hnědá linie) za období jednotlivých měsíců hydrologického roku od listopadu (11) do října (10) 24

Obr. 4: Srážkový úhrn (mm) za období čtyř dnů srážkové epizody od 12. 6. 2018 (0) do 15. 6. 2018 (3) ve sledovaných povodích v desetiminutových intervalech 25

Obr. 5: Specifické odtoky (l/s ha) ze sledovaného horního lesního povodí (zelená linie) a ze sledovaného dolního zemědělského povodí (hnědá linie) za období pěti dnů srážkové epizody od 12. 6. 2016 do 16. 6. 2018 v desetiminutových intervalech 26

Obr. 6: Vodivost ($\mu\text{S/cm}$) ze sledovaného horního lesního povodí (zelená linie) a ze sledovaného dolního zemědělského povodí (hnědá linie) za období jednotlivých měsíců hydrologického roku od listopadu (1) do října (12) 27

Obr. 7: Specifické odtoky vody (l/s ha) ze sledovaného horního lesního povodí (zelená linie) a ze sledovaného dolního zemědělského povodí (hnědá linie) za období jednotlivých měsíců hydrologického roku od listopadu (1) do října (12) 28

Obr. 8: Specifické odtoky NL (mg/s ha) ze sledovaného horního lesního povodí (zelená linie) a ze sledovaného dolního zemědělského povodí (hnědá linie) za období jednotlivých měsíců hydrologického roku od listopadu (1) do října (12) 29

Obr. 9: Specifické odtoky N-NO₃ (mg/s ha) ze sledovaného horního lesního povodí (zelená linie) a ze sledovaného dolního zemědělského povodí (hnědá linie) za období jednotlivých měsíců hydrologického roku od listopadu (1) do října 30

Obr. 10: Specifické odtoky P-PO₄ (μg/s ha) ze sledovaného horního lesního povodí (zelená linie) a ze sledovaného dolního zemědělského povodí (hnědá linie) za období jednotlivých měsíců hydrologického roku od listopadu (1) do října (12) 31

Obr. 11: Srážkový úhrn (mm) za období čtyřech dnů srážkové epizody od 12. 6. 2018 do 15. 6. 2018 ve sledovaných povodí v desetiminutových intervalech 32

Obr. 12: Specifické odtoky (l/s ha) ze sledovaného horního lesního povodí (zelená linie) a ze sledovaného dolního zemědělského povodí (hnědá linie) za období pěti dnů srážkové epizody od 12. 6. 2018 (1) do 16. 6. 2018 (6) v desetiminutových intervalech 33

Obr. 13: Vodivost (μS/cm) ze sledovaného horního lesního povodí (zelená linie) a ze sledovaného dolního zemědělského povodí (hnědá linie) za období šesti dnů srážkové epizody od 12. 6. 2018 (1) do 17. 6. 2018 (6) 34

Obr. 14: Specifické odtoky NL (mg/s ha) ze sledovaného horního lesního povodí (zelená linie) a ze sledovaného dolního zemědělského povodí (hnědá linie) za období šesti dnů srážkové epizody od 12. 6. 2018 (1) do 17. 6. 2018 (6) 35

Obr. 15: Specifické odtoky N-NO₃ (mg/s ha) ze sledovaného horního lesního povodí (zelená linie) a ze sledovaného dolního zemědělského povodí (hnědá linie) za období šesti dnů srážkové epizody od 12. 6. 2018 (1) do 17. 6. 2018 (6) 36

Obr. 16: Specifické odtoky P-PO₄ (μg /s ha) ze sledovaného horního lesního povodí (zelená linie a ze sledovaného dolního zemědělského povodí (hnědá linie) za období šesti dnů srážkové epizody od 12. 6. 2018 (1) do 17. 6. 2018 (6) 37

Seznam tabulek

Tab. 1: Parametry horního a dolního povodí Bedřichovského potoka 17

Tab. 2: Hodnoty krajinných pokryvů z celkových hodnot obou povodí 18

Seznam použitých zkratk

NL – nerozpuštěné látky

N-NO₃ – dusičnanový dusík

P-PO₄ – fosforečnanový fosfor

Seznam příloh

1. Příloha – Srážková a hydrologická data pro celý hydrologický rok
2. Příloha – Hydrochemická data pro celý hydrologický rok
3. Příloha – Hydrochemická data pro srážkovou epizodu
4. Příloha – Parametry povodí

Přílohy

1. Příloha – Srážková a hydrologická data pro celý hydrologický rok

měsíc	měsíc	rok	úhrn srážek (mm)	Be-H specifický odtok vody (m3/ měsíc ha)	Be-D specifický odtok vody (m3/ měsíc ha)
listopad	11	2017	37	97,027	231,374
prosinec	12	2017	26,1	88,461	147,502
leden	11	2018	44,1	98,401	242,623
únor	2	2018	12,6	63,169	102,658
březen	3	2018	16	97,524	111,773
duben	4	2018	10,3	64,618	68,931
květen	5	2018	176	75,607	122,88
červen	6	2018	191,1	340,585	532,83
červenec	7	2018	54,5	75,897	309,208
srpen	8	2018	39,2	67,352	111,437
září	9	2018	90,3	93,657	153,212
říjen	10	2018	36	83,098	144,992

2. Příloha – Hydrochemická data pro celý hydrologický rok

a) Bedřichovský horní profil

měsíc	mě- síc	datum	rok	Roz- loha povodí	vodi- vost ($\mu\text{S}/\text{cm}$)	NL (mg/l)	N-NO3 (mg/l)	P- PO4 ($\mu\text{g}/\text{l}$)	průtok vody (l/s)	specifický odtok vody ($\text{l}/\text{s ha}$)	specifický od- tok NL ($\text{mg}/\text{s ha}$)	specifický odtok N- NO3 ($\text{mg}/\text{s ha}$)	specifický od- tok P-PO4 ($\mu\text{g}/\text{s ha}$)
listopad	11	28. 11.	2017	306,8	67,8	1,00	0,693	34	8,5685	0,027928606	0,027928606	0,019354524	0,949572591
prosinec	12												
leden	1	16. 1.	2018	306,8	68,9	4,2	0,738	78	7,9372	0,02587092	0,108657866	0,019092739	2,017931797
únor	2	20. 2.	2018	306,8	69,6	1,4	0,84	37	7,35216	0,023964002	0,033549603	0,020129762	0,881875272
březen	3												
duben	4	4. 4.	2018	306,8	69,3	1,8	0,737	37	7,07698	0,02306708	0,041520744	0,017000438	0,85590401
květen	5	2. 5.	2018	306,8	65,4	1,2	0,411	172	6,32084	0,020602465	0,024722958	0,008467613	3,537278386
červen	6	7. 6.	2018	306,8	62	2,2	0,448	42	8,5685	0,027928606	0,061442932	0,012512015	1,184647664
červenec	7	25. 7.	2018	306,8	67,8	1,8	0,444	43	8,5685	0,027928606	0,05027149	0,012400301	1,208191479
srpen	8	23. 8.	2018	306,8	67,8	0,8	0,533	45	7,35216	0,023964002	0,019171202	0,012772813	1,087534337
září	9	19. 9.	2018	306,8	67,5	4,6	0,567	53	8,90149	0,029013986	0,133464334	0,01645093	1,52514917
říjen	10	17. 10.	2018	306,8	67,4	1,2	0,476	40	13,3276	0,043440816	0,052128979	0,020677828	1,748536265

b) Bedřichovský dolní profil

měsíc	mě- síc	datum	rok	Roz- loha povodí Be-D (ha)	vodi- vost ($\mu\text{S}/\text{cm}$)	NL (mg/l)	N- NO3 (mg/l)	P-PO4 ($\mu\text{g}/\text{l}$)	průtok vody (l/s)	specifický odtok vody ($\text{l}/\text{s ha}$)	specifický od- tok NL ($\text{mg}/\text{s ha}$)	specifický odtok N- NO3 ($\text{mg}/\text{s ha}$)	specifický od- tok P-PO4 ($\mu\text{g}/\text{s ha}$)
listopad	11	28. 11.	2017	362,8	115,0	0,20	1,699	70	25,2381	0,069564881	0,01391298	0,118190734	4,869541703
prosinec	12												
leden	1	16. 1.	2018	362,8	126,2	6,2	2,259	78	30,6071	0,084363501	0,52305371	0,190577149	6,580353086
únor	2	20. 2.	2018	362,8	125,9	1,8	2,666	35,3	13,4637	0,037110573	0,06679903	0,098936787	1,310003219
březen	3												
duben	4	4. 4.	2018	362,8	127,5	1	2,616	23,56	12,5493	0,034590202	0,0345902	0,090487968	0,814945154
květen	5	2. 5.	2018	362,8	107	9,4	1,556	40,799	5,46372	0,015059879	0,14156287	0,023433172	0,614428014
červen	6	7. 6.	2018	362,8	110	3,6	1,04	55,825	11,6484	0,032106827	0,11558458	0,033391101	1,792363643
červenec	7	25. 7.	2018	362,8	112,3	1,8	1,479	61,984	38,5495	0,106255506	0,19125991	0,157151893	6,586141254
srpen	8	23. 8.	2018	362,8	106,9	6,6	1,422	47,376	14,0712	0,038785019	0,25598112	0,055152297	1,837479048
září	9	19. 9.	2018	362,8	106,6	2,6	1,409	47,497	15,6864	0,043236973	0,11241613	0,060920895	2,053626506
říjen	10	17. 10.	2018	362,8	103,4	4,2	1,173	31,559	16,7639	0,046207001	0,1940694	0,054200812	1,458246748

3. Příloha – Hydrochemická data pro srážkovou epizodu

a) Bedřichovský horní profil

Rozloha povodí Be-H (ha)	vodivost (μS/cm)	NL (mg/l)	N-NO3 (mg/l)	P-PO4 (μg/l)	průtok vody (l/s)	specifický odtok vody (l/s ha)	specifický odtok NL (mg/s ha)	specifický odtok N-NO3 (mg/s ha)	specifický odtok P-PO4 (μg/s ha)
306,8	62,1	2,4	0,446	40,520	6,5613204	0,021386312	0,051327148	0,009538295	0,866573346
306,8	69,3	60	2,528	39,047	183,6427134	0,598574685	35,91448111	1,513196804	23,37254573
306,8	58,3	9,6	1,039	18,508	94,7100252	0,30870282	2,963547073	0,32074223	5,713471794
306,8	57,4	4,8	0,767	25,337	36,7197102	0,119686148	0,57449351	0,091799276	3,032487931
306,8	57,7	3	0,624	27,775	16,8728034	0,0549961	0,164988299	0,034317566	1,52751667
306,8	60,5	2	0,454	47,16	11,5562394	0,037667012	0,075334025	0,017100824	1,776376304

b) Bedřichovský dolní profil

Rozloha povodí Be-D (ha)	vodivost (μS/cm)	NL (mg/l)	N-NO3 (mg/l)	P-PO4 (μg/l)	průtok vody (l/s)	specifický odtok vody (l/s ha)	specifický odtok NL (mg/s ha)	specifický odtok N-NO3 (mg/s ha)	specifický odtok P-PO4 (μg/s ha)
362,8	111,0	4,8	1,080	49,210	11,3441652	0,031268372	0,150088183	0,033769841	1,538716564
362,8	99,0	41,52	1,835	186,491	258,1515818	0,711553423	29,54369812	1,305700531	132,6983094
362,8	92,7	17	1,793	37,647	42,180099	0,116262676	1,976465499	0,208458979	4,376940979
362,8	103,4	7	1,419	46,482	38,9110502	0,107252068	0,750764475	0,152190684	4,985290616
362,8	114,4	6,4	1,81	41,239	51,0071762	0,140593099	0,899795832	0,254473509	5,797918796
362,8	114,1	5,2	1,692	36,206	44,0023358	0,12128538	0,630683975	0,205214863	4,391258462

4. Parametry povodí

a) Parametry povodí

parametr	povodí Be-H	povodí Be-D
rozloha [ha]	306,8	362,8
průměrná nadm. výška [m]	735	631
průměrný sklon území [°]	8,9	5,2
průměrný sklon vodních toků [%]	7,65	1,19
celková délka sítě vodních toků [m]	8 540	7 651

b) Rozloha povodí krajinného pokryvu v povodích

krajinný pokryv	povodí Be-H (ha)	povodí Be-D (ha)
orná půda	0	47,9
trvalé travní porosty	31,3	139,8
mokřady	0	9,2
keře	2,3	17
lesy	271,3	139,5
jiné plochy	1,9	9,5
celkem	306,8	362,9
