

Česká zemědělská univerzita v Praze

Fakulta životního prostředí

Katedra aplikované ekologie



Monitoring kvality vody v rekreační zóně Nové Záluží

DIPLOMOVÁ PRÁCE

Vedoucí práce: prof. Ing. Jan Vymazal, CSc.

Diplomant: Bc. Anna Egerová

2019

ČESKÁ ZEMĚDĚLSKÁ UNIVERZITA V PRAZE

Fakulta životního prostředí

ZADÁNÍ DIPLOMOVÉ PRÁCE

Bc. Anna Egerová

Regionální environmentální správa

Název práce

Monitoring kvality vody v rekreační zóně Nové Záluží

Název anglicky

Water quality monitoring in recreation area Nové Záluží

Cíle práce

1. Popsat rekreační území Záluží se zaměřením na vodní toky a plochy.
2. Vybrat odběrové lokality za účelem posouzení kvality vody v Bílém potoce a čtyřech vodních nádržích v rekreačním areálu.
3. Provést odběry vody na vybraných lokalitách v období březen – říjen 2018 přibližně v měsíčních intervalech.
4. Vyhodnotit kvalitu vody v základních chemických a mikrobiologických ukazatelích.
5. Sepsat diplomovou práci.

Metodika

V první části bude proveden terénní průzkum dané oblasti a budou vybrány odběrové lokality. Ve druhé části budou v měsíčních intervalech odebírány vzorky vody a analyzovány na základní chemický a mikrobiologický rozbor. V závěrečné fázi budou výsledky vyhodnoceny a bude sepsána diplomová práce.

Doporučený rozsah práce

60 stran včetně příloh

Klíčová slova

vodní nádrž, kvalita vody, rekreační oblast, Litvínov

Doporučené zdroje informací

ČSN 75 7221. Kvalita vod – Klasifikace kvality povrchových vod.
Hartman, P., Příkryl, Z., Štědrónský, E., 2005. Hydrobiologie. Informatorium, Praha.
Pitter, P., 2015. Hydrochemie. VŠCHT Praha.
Synáčková, M., 2014. Základy vodního hospodářství. FŽP ČZU Praha.

Předběžný termín obhajoby

2018/19 LS – FŽP

Vedoucí práce

prof. Ing. Jan Vymazal, CSc.

Garantující pracoviště

Katedra aplikované ekologie

Konzultant

Ing. Vladimíra Belušová

Elektronicky schváleno dne 3. 2. 2019

prof. Ing. Jan Vymazal, CSc.

Vedoucí katedry

Elektronicky schváleno dne 7. 2. 2019

prof. RNDr. Vladimír Bejček, CSc.

Děkan

V Praze dne 24. 02. 2019

Prohlášení

Prohlašuji, že jsem tuto diplomovou práci vypracovala samostatně, pod vedením prof. Ing. Jana Vymazala, CSc. Další informace mi poskytla Ing. Vladimíra Belušová. V diplomové práci jsem uvedla všechny literární prameny, ze kterých jsem čerpala.

Prohlašuji, že tištěná verze se shoduje s verzí odevzdanou přes Univerzitní informační systém.

V Praze 15.03.2019

.....

Poděkování

Děkuji prof. Ing. Janu Vymazalovi, CSc. za vstřícnost a podnětné rady při vedení mé diplomové práce. Zároveň děkuji Ing. Vladimíře Belušové za ochotu, se kterou mě provedla úskalími zpracování laboratorních rozborů vody a mému manželovi za podporu po celou dobu studia.

V Praze 15.03.2019

.....

Abstrakt

V roce 2018 byl proveden monitoring kvality vody ve vodních nádržích v rekreační zóně Nové Záluží a v Bílém potoce. Během monitoringu byly na předem určených místech v období od března do října odebrány vzorky povrchové vody, které byly následně podrobeny chemickému a mikrobiologickému rozboru. Dále byla shromažďována data o intenzitě vtoku znečištěných vod pocházejících z odlehčení městského kanalizačního systému.

Na základě výsledků provedených rozborů a monitoringu vtoku znečištěných vod do vodních nádrží, bylo provedeno vyhodnocení a zařazení jednotlivých nádrží do příslušné třídy kvality vody. Současně byly výsledky posouzeny z pohledu dodržování norem environmentální kvality. Ze získaných dat vyplynulo negativní ovlivnění kvality vody v nádržích. Dále bylo zjištěno, že vody natékající z těchto vodních nádrží do Bílého potoka, neovlivňují kvalitu vody v této vodoteči.

Výsledky práce mohou být využity jako podklad pro provozovatele kanalizačního systému v Litvínově a pro místní orgány ochrany přírody v oblasti správy a provozu kanalizačního systému či revizi podmínek aktuálně provozovaných zdrojů znečištění.

Klíčová slova

vodní nádrž, kvalita vody, rekreační oblast, Litvínov

Abstract

In 2018, water quality monitoring was performed in water reservoirs in recreational areas Nové Záluží and Bílý Potok. In the course of this monitoring, samples of surface water were taken on pre-defined spots in the period from March to October and they were subsequently chemically and microbiologically analysed. Also, the data on the intensity of influx of waste water coming from the unloading of city sewage system were collected.

On the basis of the performed analyses and monitoring of influx of waste water to water reservoirs, an evaluation was made and individual reservoirs were put into the relevant water quality class. At the same time, the results were evaluated from the point of view of complying with environmental quality standards. The obtained data show negative impact on the quality of water in reservoirs. It was also found out that water coming from these reservoirs to Bílý potok does not influence the quality of water in this waterway.

The results of this work can be used as the basis for the operator of the sewage system in Litvínov and for local authorities concerned with nature protection in the field of the management and operation of the sewage system or for the revision of conditions of currently operated pollution sources.

Keywords

water reservoir, water quality, recreational area, Litvínov

Obsah

1. Úvod	1
2. Cíle práce	2
3. Literární rešerše	3
3.1 Kvalita povrchových vod	3
3.2 Příčiny znečištění vody	6
3.3 Zdroje znečištění	9
3.4 Ukazatele kvality vody	10
3.4.1 Obecné, fyzikální a chemické ukazatele	10
3.4.2 Organické látky	11
3.4.3 Kovy a metaloidy	12
3.4.4 Mikrobiologické a biologické ukazatele	12
3.4.5 Radiologické ukazatele	13
3.5 Organoleptické vlastnosti vody	13
4. Charakteristika studijního území	14
4.1 Vodní toky a vodní plochy v rekreační zóně Nové Záluží	15
4.1.1 Vodní toky	15
4.1.2 Vodní nádrže	16
4.2 Přírodní poměry	17
4.2.1 Geomorfologie území	18
4.2.2 Biogeografická situace	18
4.2.3 Fytogeografická situace	19
4.2.4 Územní systém ekologické stability	19
4.2.5 Územní plán města Litvínova	19
5. Metodika	20
5.1 Metodika výběru odběrových lokalit	20
5.2 Lokalizace bodových zdrojů znečištění	25
5.3 Postup sběru dat	31
5.4 Vyhodnocení rozborů vzorků	32
6. Výsledky	33
6.1 Vyhodnocení rozborů odebraných vzorků vody	33
6.2 Vyhodnocení bodových zdrojů znečištění	42
7. Diskuse	46
7.1 Kvalita vody ve vodních nádržích	46

7.2	Kvalita vody v Bílém potoce.....	49
7.3	Souhrnné vyhodnocení kvality vody.....	52
8.	Závěr a přínos práce.....	55
9.	Přehled literatury a použitých zdrojů	56
10.	Přílohy	62

1. Úvod

Rekreační zóna Nové Záluží leží v západní části města Litvínova a tvoří ji rozsáhlé plochy zeleně, síť cyklostezek, cest pro pěší, cyklisty i in-line bruslaře v okolí vodního díla Hamr na Zálužském potoce. Vodní dílo Hamr tvoří hráz s akumulacím a retenčním prostorem nádrže, objekty sloužící k regulaci průtoku vody, přívodní a odpadní koryto propojené s Bílým potokem. Tímto korytem jsou odvedeny, kumulovány a následně řízeně vypouštěny povodňové průtoky v Bílém potoce. Celé vodní dílo slouží jako protipovodňové opatření na ochranu důlních objektů MUS, a.s. a také areálu nedalekých chemických závodů UNIPETROL RPA, s.r.o. Součástí vodního díla jsou 2 velké vodní nádrže nazývané Nové vody a Šedák a dále menší vodní nádrž nazývaná Tuň. Vody z retenčního prostoru těchto nádrží odtékají propustkem s regulací průtoku do vodní nádrže Rudý sever a odtud dále korytem do Bílého potoka.

Vodní dílo bylo vybudováno v 60. letech 20. století. V době mimo povodňových situací jsou do soustavy vedeny pouze vody Zálužského potoka, které natékají do vodní nádrže Tuň, odtud do nádrže Nové vody a dále do nádrže Šedák.

Plocha rekreační zóny je více než 36 ha. Celá rekreační zóna je místem s bohatou historií dokumentující významný vliv důlní činnosti na území celého kraje. Na místě bývalého hnědouhelného dolu zvaného Rudý sever se nyní rozkládá intenzivně využívaný sportovně rekreační areál vhodný k aktivnímu i pasivnímu odpočinku v přírodě.

Do přívodního betonového koryta pro povodňové situace na Bílém potoce jsou svedeny vody z části kanalizačního systému města Litvínova. Koryto je zaústěno do nádrže Nové vody. Současně se v městské části Chudeřín nacházejí 3 čerpací stanice odpadních vod, jejichž havarijní přepady jsou taktéž zaústěny do vodních nádrží vodního díla Hamr.

V uplynulých letech byl pozorován častý výtok odpadních vod, které značně zhoršují estetický dojem území a jeho rekreační potenciál. V průběhu roku 2018 byl proveden celoroční monitoring území zaměřený na četnost výtoku odpadních vod. V době od března do října byly prováděny odběry vzorků vody za účelem jejich laboratorního rozboru. Zjištěné výsledky byly zpracovány a byla vyhodnocena kvalita povrchové vody v základních chemických a mikrobiologických ukazatelích.

2. Cíle práce

Cílem diplomové práce je:

- zpracování podrobného popisu rekreační zóny Nové Záluží se zaměřením na vodní toky a plochy,
- výběr vhodných odběrových lokalit za účelem posouzení kvality vody v Bílém potoce a čtyřech vodních nádržích v rekreačním areálu,
- provedení odběrů vody na vybraných lokalitách v období březen – říjen 2018 v přibližně měsíčních intervalech,
- vyhodnotit kvalitu vody v základních chemických a mikrobiologických ukazatelích,
- zpracování diplomové práce.

3. Literární rešerše

3.1 Kvalita povrchových vod

Zákon č. 254/2001 Sb., o vodách a o změně některých zákonů, v platném znění (dále jen zákon č. 254/2001 Sb.), určuje stav povrchové vody jako *obecné vyjádření stavu útvaru povrchové vody určené ekologickým nebo chemickým stavem, podle toho, který je horší*. Pojmem ekologický stav rozumíme *vyjádření kvality struktury a funkce vodních ekosystémů vázaných na povrchové vody*. Pojem dobrý chemický stav je definován jako *chemický stav potřebný pro dosažení cílů ochrany vod jako složky životního prostředí, při kterém koncentrace znečišťujících látek nepřekračují normy environmentální kvality*.

22. prosince 2000 nabyla účinnosti Směrnice 2000/60/EU Evropského parlamentu a Rady (dále jen Rámcová směrnice o vodách), jež udává povinnost členským státům usilovat o *dosažení přinejmenším dobrého stavu vod prostřednictvím stanovení a zavedení nezbytných opatření v rámci integrovaných programů opatření, a to s ohledem na stávající požadavky Společenství. Pokud dobrý stav vody již existuje, má být udržován*.

Povrchové vody tvoří všechny vody přirozeně se vyskytující na zemském povrchu. Dále jsou členěny na vody kontinentální a mořské. Kontinentální vody dále členíme na tekoucí vody (vodní toky) a stojaté vody (jezera, nádrže, rybníky) (Pitter, 2015).

Základními nástroji pro hodnocení povrchových vod v podmínkách České republiky je norma ČSN 75 7221 Kvalita vod – Klasifikace kvality povrchových vod (dále jen ČSN 75 7221) a nařízení vlády č. 401/2015 Sb. o ukazatelích a hodnotách přípustného znečištění povrchových vod a odpadních vod, náležitostech povolení k vypouštění odpadních vod do vod povrchových a do kanalizací a o citlivých oblastech (dále jen NV č. 401/2015 Sb.).

Dle ČSN 75 7221 je jakost vody klasifikována do jedné z pěti tříd. Klasifikace kvality vody podle každého jednotlivého ukazatele do třídy kvality vody se provádí porovnáním vypočítané charakteristické hodnoty tohoto ukazatele s jemu odpovídající soustavou mezních hodnot.

Pojmem kvalita vody rozumíme hodnocení souboru jejích vlastních vlastností, a to s ohledem na různé druhy využití, míru toxicity pro organismy či obecně dle vztahu k přírodnímu prostředí. Posuzujeme při tom rozdílné fyzikální, chemické a biologické vlastnosti. Na základě porovnání těchto vlastností s předem stanovenou stupnicí hodnot hovoříme o kvalitě vody a míře její zátěže (Langhammer, 2009). Třídy jakosti povrchových vod podle ČSN 75 7221 jsou uvedeny v tabulce č. 1.

Třída	Charakteristika	Typické využití	Barva
I. třída	neznečištěná voda	Kvalita povrchové vody, která téměř nebyla ovlivněna lidskou činností a při které ukazatele kvality vody nepřesahují hodnoty odpovídající běžnému přirozenému pozadí ve vodních tocích.	světle modrá
II. třída	mírně znečištěná voda	Kvalita povrchové vody, která byla ovlivněna lidskou činností tak, že ukazatele kvality vody dosahují hodnot, které umožňují existenci bohatého, vyváženého a udržitelného ekosystému.	tmavě modrá
III. třída	znečištěná voda	Kvalita povrchové vody, která byla ovlivněna lidskou činností tak, že ukazatele kvality vody dosahují hodnot, u kterých je předpoklad, že nemusí vytvořit podmínky pro existenci bohatého, vyváženého a udržitelného ekosystému.	zelená
IV. třída	silně znečištěná voda	Kvalita povrchové vody, která byla značně ovlivněna lidskou činností tak, že ukazatele kvality vody dosahují hodnot, které nevytváří podmínky umožňující existenci původního přirozeného ekosystému.	žlutá
V. třída	velmi silně znečištěná voda	Kvalita povrchové vody, která byla extrémně ovlivněna lidskou činností tak, že ukazatele kvality vody dosahují hodnot, které neumožňují existenci původního přirozeného ekosystému.	červená

Tabulka č. 1 – Charakteristiky tříd kvality vody dle ČSN 75 7221

Principem klasifikace dle výše uvedené normy je vyhodnocení souboru dat o kvalitě vody za ucelené časové období, přičemž délka tohoto časového období je minimálně 1 rok, a zpravidla ne delší než 5 let vzhledem k možným změnám v povodí. Vlastní proces klasifikace dat jakosti vody můžeme popsat, jak uvádí Langhammer (2009), jako třístupňový proces:

1. Vlastní klasifikaci předchází monitoring, tj. sběr a prvotní příprava dat o kvalitě vody.
2. Klasifikace je prováděna na pravděpodobnostním principu, kdy nejprve vypočteme tzv. charakteristickou hodnotu, která je následně porovnávána se soustavou limitních hodnot. V praxi to znamená, že nehodnotíme koncentraci jednotlivých ukazatelů v konkrétním vzorku, ale hodnotíme charakteristickou hodnotu, vypočtenou ze souboru dat za ucelené období, zpravidla 2 let.
3. Zjištěné údaje porovnáme s limitními hodnotami a stanovíme třídu jakosti pro daný ukazatel. Podle nejhorší třídy jakosti ve skupině ukazatelů stanovíme třídu jakosti pro celou skupinu. Následně podle nejhorší třídy jakosti ve všech skupinách stanovíme výslednou jakost vody.

Základní klasifikace vody dle ČSN 75 7221 je založena na klasifikaci těchto ukazatelů: BSK_5 , $CHSK_{Cr}$, $N-NH_4^+$, $P_{celk.}$ a saprobní index makrozoobentosu. Zatřídění do příslušné třídy kvality je provedeno podle nejnepříznivějšího zjištěného ukazatele.

V tabulce č. 2 jsou uvedeny mezní hodnoty tříd kvality vody dle ČSN 75 7221 pro vybrané ukazatele, jejichž sledování bylo zároveň i předmětem vyhodnocení rozborů vzorků ze zájmového území.

Ukazatel	Zkratka	Jednotka	Třída				
			I	II	III	IV	V
Celkový dusík	Ncelk.	mg/l	< 3	< 6	< 10	< 14	≥ 14
Celkový organický uhlík	TOC	mg/l	< 7	< 10	< 16	< 20	≥ 20
Biochemická spotřeba kyslíku, pětidenní	BSK ₅	mg/l	< 2	< 4	< 8	< 15	≥ 15
Chemická spotřeba kyslíku dichromanem	CHSK _{Cr}	mg/l	< 15	< 25	< 45	< 60	≥ 60
Intestinální enterokoky	ENT	KTJ/100 ml	< 600	< 1 300	< 2 500	< 4 600	≥ 4 600
Termotolerantní (fekální) koliformní bakterie	FC	KTJ/100 ml	< 2000	< 10 000	< 20 000	< 40 000	≥ 40 000

Tabulka č. 2 – Mezní hodnoty tříd kvality vody pro vybrané ukazatele - barevné vyznačení dle ČSN 75 7221

NV č. 401/2015 Sb. stanovuje, mimo jiné, ukazatele vyjadřující stav povrchové vody, ukazatele a hodnoty přípustného znečištění povrchových vod, ukazatele a hodnoty přípustného znečištění odpadních vod, ukazatele a hodnoty přípustného znečištění pro citlivé oblasti a pro vypouštění odpadních vod do vod povrchových atd. NV č. 401/2015 Sb. udává normy environmentální kvality (dále jen NEK) vyjádřením celoroční průměrné hodnoty daného ukazatele. Při vlastním hodnocení to znamená, že aritmetický průměr zjištěných hodnot daného ukazatele nepřekročí stanovené limitní hodnoty. V případě, že je stanovená limitní hodnota překročena alespoň v jednom případě, je chemická kvalita sledovaného místa nevyhovující. Ukazatele vyjadřující dobrý stav povrchové vody jsou uvedeny v příloze č. 3 NV č. 401/2015 Sb. a patří k nim neporušená samočistící schopnost, absence organismů s potenciálně patogenními a toxickými vlastnostmi, absence vzniku kalových lavic a pěny na vodní hladině a další.

V tabulce č. 3 jsou uvedeny vybrané ukazatele a hodnoty přípustného znečištění povrchových vod, které byly zároveň i předmětem vyhodnocení rozborů vzorků ze zájmového území.

Ukazatel	Zkratka	Jednotka	Přípustné znečištění (roční průměr)
Celkový dusík	Ncelk.	mg/l	6
Celkový organický uhlík	TOC	mg/l	10
Biochemická spotřeba kyslíku, pětidenní	BSK ₅	mg/l	3,8
Chemická spotřeba kyslíku dichromanem	CHSK _{Cr}	mg/l	26
Escherichia coli	ECOLI	KTJ/100 ml	2500
Intestinální (střevní) enterokoky	ENT	KTJ/100 ml	2000
Termotolerantní (fekální) koliformní bakterie	FC	KTJ/100 ml	4000

Tabulka č. 3 – Vybrané ukazatele a hodnoty přípustného znečištění povrchových vod dle NV č. 401/2015 Sb.

3.2 Příčiny znečištění vody

Voda vyskytující se v přírodním prostředí není chemicky čistá. Obsahuje různé látky, které se do vody dostávají již v atmosféře. K hlavnímu obohacování vody rozpuštěnými látkami dochází při infiltraci půdním a horninovým prostředím. Z chemického hlediska dělíme tyto látky na anorganické a organické, a jejich zdroje na přírodní či antropogenní, mezi které patří průmyslové a splaškové odpadní vody a nečistoty z ovzduší (Pitter, 2015).

Antropogenní činnost, ale i změna srážkových či teplotních poměrů vede, dle Ambrožové (2003), ke změnám původního složení vody. Přirozené znečištění vody způsobené např. erozí či spadem listí je v přírodě eliminováno samočisticí schopností vody, avšak vstupem antropogenního znečištění je tato schopnost podstatně narušena. Samočištění vody je komplexem přirozeně probíhajících procesů, kterými je povrchová voda zbavována znečišťujících látek (Synáčková, 1996).

Anorganické látky ve vodách jsou obvykle členěny dle jejich chemické příbuznosti a významu pro ekosystémy (Langhammer, 2009).

Mezi základní anorganické látky sledované jako ukazatele jakosti vody patří:

- nutrienty (živiny) – sloučeniny dusíku, fosforu, draslíku
- ostatní anorganické látky – sloučeniny síry, chloru, fluoru

Nadměrný přísun živin do vodního prostředí způsobuje eutrofizaci, charakterizovanou růstem fytoplanktonu, řas, rozsivek, sinic vytvářejících vodní květ, vláknitých řas a dalších vodních makrofyt (Maršálek a kol., 2009). Přítomnost živin ve vodním prostředí má dramatické následky, a to jak pro zdroje pitné vody, tak pro rekreační a rybochovné aktivity (Carpenter, 1998, Smith, 2009).

Obohacování vod o živiny, eutrofizace, je přirozený přírodní proces. V posledních desetiletích došlo k zintenzivnění procesu eutrofizace vlivem nárůstu lidské činnosti. Takto vyvolaná eutrofizace s sebou nese řadu negativních dopadů na vodní prostředí a náprava tohoto stavu je složitá. Rozlišujeme tedy eutrofizaci přírodní (přirozenou) a antropogenní (antropickou, kulturní, indukovanou) (Kočí, 2000).

Přirozená eutrofizace vzniká rozkladem organických látek při běžných přírodních pochodech. Jedná se zejména o spad listů, uvolňování živin z půdního podloží či rozkládající se vodní organismy (Kočí, 2000). Proces vede ke zvýšení stupně trofie a podepisuje se zejména na oligotrofních jezerech. V této souvislosti mluvíme o zrání nádrží, které postupně nabývá na intenzitě (Lellák a Kubíček, 1991).

Antropogenní eutrofizace vzniká nadměrným a intenzivním obohacováním vody o živiny, převážně dusík a fosfor. Zdroji živin jsou především intenzivně hnojené zemědělské půdy, komunální a průmyslové odpadní vody tvořené z velké části biologicky rozložitelnými látkami, léky, detergenty aj. Dalšími zdroji mohou být chovy ryb a vodní drůbeže, kdy dochází k dokrmování či hnojení rybníků. Nespotřebované živiny jsou usazovány v sedimentech. Původcem dusíku ve vodách je i atmosférická depozice zplodin z dopravy či chovu dobytka (Oppeltová, 2015; Maršálová a Maršálek, 2010).

Zvýšená dostupnost živin je hlavní, nikoliv však jedinou, podmínkou pro mohutný rozvoj fytoplanktonu. Z dalších podstatných faktorů můžeme jmenovat např. zdržení a teplotu vody, změnu výšky vodního sloupce a vztahy v biocenóze. Rueda a kol. (2006) uvádějí průměrnou dobu, po kterou voda zůstává v rámci vodního systému, jako klíčový faktor určující stav vodní nádrže. Tento souběh podmínek následně umožňuje mohutný rozvoj biomasy. V podmínkách ČR má taktéž podstatný vliv sezónnost. V zimním období dochází k minimálnímu rozvoji biomasy, naopak maximálního růstu je dosaženo koncem jara a začátkem léta. Nejnižší hodnoty jsou zaznamenávány v období od října do března (Rulík a kol., 2014). Při rozkladu autotrofních organismů dochází ke kyslíkovému deficitu nebo produkci toxinů sinic, jež negativně ovlivňují společenstva vodních organismů (Maršálek a kol. 2009; Carpenter, 1998).

Při zkoumání kvality povrchových vod a hodnocení znečištění živinami Jeppesen a kol. (2011) upozorňují na výrazný vliv změny klimatu. I přes snižující se zatížení povrchových vod živinami jsou v současné době pozorovány mnohem vyšší koncentrace dusíku ve vodách v suchých a teplých oblastech. Je to dáno zvýšenou evapotranspirací a následným zvýšením koncentrací dusíku ve zbývajících vodě. Je tedy nutné omezit zdroje znečištění povrchových vod, zejména změnou zemědělských postupů, zlepšením čištění odpadních vod a odpovědnějším nakládáním s vodami.

Organické látky antropogenního původu pocházejí nejčastěji ze splaškových a průmyslových odpadních vod, dále pak z odpadů ze zemědělství a skládek. Některé organické látky též vznikají při úpravě vody chlorací. Přítomnost organických látek neposkytuje jednoznačnou informaci o původu znečištění, jelikož některé látky mohou být jak přírodního tak antropogenního původu. Plastové lahve, např.

z polyethylentereftalátu (PET), jsou také nezanedbatelným zdrojem toxických látek (Pitter, 2015).

Organické znečištění vod přírodního původu tvoří především výluhy z půdy a sedimentů, produkty životní činnosti rostlinných a živočišných organismů a bakterií. Většinou se jedná o látky biogenního původu, především huminové kyseliny. Z hlediska původu hovoříme o organickém znečištění autochtonního původu, které vzniká přímo v lokalitě ve vodním prostředí a alochtonního původu, které se do vody se dostává např. splachem z polí (Pitter, 2015).

Z hlediska kvality vody je podstatné rozlišovat mezi látkami podléhajícími biologickému rozkladu a látkami rezistentními. Znečištění vody rezistentními látkami je závažný problém, jelikož mohou přecházet až do pitné vody (Langhammer, 2009). Stanovení biologické rozložitelnosti organických látek ve vodě tak patří mezi základní zkoušky látek přicházejících nově do prostředí (Pitter, 2015). Biologický rozklad organických látek může vést ke snížení až vyčerpání kyslíku ve vodním prostředí (Ambrožová, 2003).

Přítomnost organických látek ve vodách podstatně ovlivňuje jejich chemické a biologické vlastnosti, např. mohou tvořit povrchový povlak na hladině a tím omezovat přestup kyslíku, mohou ovlivňovat chuť, pach i barvu vody. Organické látky mohou však mít velmi závažné karcinogenní, genotoxické, mutagenní, alergenní nebo teratogenní účinky (Pitter, 2015).

Mezi organické látky se zvláštním hygienickým významem nebo významem pro provoz úpraven vod a čistíren odpadních vod patří huminové látky, fenoly, uhlovodíky, halogenované organické látky, tenzidy, pesticidy a komplexotvorné látky (polyfosforečnany, polykarboxyláty a další). Mezi perzistentní organické polutanty (POP) řadíme především polycyklické aromatické uhlovodíky, polychlorované dibenzo-*p*-dioxiny, polychlorované dibenzofurany, polychlorované bifenyly a organochlorové pesticidy (Pitter, 2015).

Specifické organické látky umělého původu, jež se do přírodního prostředí dostávají buď jako odpady z průmyslové činnosti či cíleně ve formě pesticidů, se nazývají xenobiotika (Grünwald, 1997). Tyto látky se ve vodě vyskytují v rozpuštěné formě, adsorbované na suspendovaných látkách či sedimentech nebo akumulované v organismech. Tyto látky jsou obtížně odstranitelné z přírodního prostředí a zároveň jsou vzhledem k jejich toxicitě zdrojem možného ohrožení životního prostředí i zdraví obyvatel (Langhammer, 2009).

3.3 Zdroje znečištění

Langhammer (2009) uvádí, že spektrum znečišťujících látek, které se v povrchových vodách mohou vyskytovat, je velmi široké. Zdroje těchto látek mohou být bodové, plošné či difúzní.

Nejvýraznější složku v procesu kontaminace povrchových vod znečišťujícími látkami představují **bodové zdroje**. Jsou to ty zdroje, ze kterých dochází k vypouštění znečišťujících látek přímo do vodních toků nebo nádrží. Mezi nejčastěji jmenované bodové zdroje patří vyústění odpadních vod z průmyslových podniků, měst a obcí a to jak v podobě zaústění kanalizačních stok, tak i vyústění z čistíren odpadních vod (Langhammer, 2009).

V místech, kde je vybudována jednotná kanalizace, jsou odváděny splaškové, dešťové, a případně i balastní vody, jedním společným potrubím. Při větších průtocích způsobených intenzivními dešti je odpadní voda odváděna výstí z odlehčovacích komor přímo do recipientu (Rulík, 2014; Maršálek, 2010). Přestože správně navržená a fungující odlehčovací komora má zajistit částečné mechanické předčištění vody a nařazení odváděných odpadních vod, odlehčované vody jsou stále silně znečištěné a mohou nadměrně zatěžovat recipient (Synáčková, 2014).

V letech 2010 a 2011 provedli Padedda a kol. (2017) studii jezera Cedrino v Itálii. Cílem této studie bylo zjištění antropogenního znečištění jezera polutanty způsobujícími eutrofizaci a navržení vhodného managementu. Hlavními zdroji znečištění v povodí byly identifikovány bodové zdroje z čistíren odpadních vod a splachy ze zemědělství. Po kompletním vyhodnocení odebraných vzorků vody a fytoplanktonu byla navržena opatření pro snížení množství živin vstupujících do povodí. Opatření spočívala v modernizaci zastaralých čistíren odpadních vod s absencí terciálního stupně čištění, případně zlepšení provozu moderní čistírny odpadních vod. Dalším opatřením byla mineralizace statkových hnojiv v půdě místo používání anorganických fosfor obsahujících hnojiv, a zároveň doplnění záchytných nádrží s vegetačním doprovodem, které zachytí vodu odtékající z polí. Autoři studie však upozorňují na možné zpoždění v očekávaném zlepšení kvality vody z důvodu množství živin obsažených v sedimentech.

Bodové zdroje mají významnou roli v procesu kontaminace povrchových vod. Nelze však opomenout vliv a podstatně složitější proces kontaminace povrchových vod z **plošných zdrojů** znečištění. Část znečišťujících látek je splachována povrchovým odtokem, část je ukládána v půdním profilu, část je transportována hypodermálním a bazálním odtokem. Hlavním zdrojem z kategorie plošných zdrojů je zemědělská činnost, zejména rostlinná výroba, přičemž vlastními zdroji znečištění jsou hnojiva a aplikované chemické postřiky (Langhammer 2009).

V případě roztroušených drobných bodových zdrojů znečištění ze skládek, dopravy, hnojišť, zemědělství, průmyslu apod., hovoříme o **difúzních zdrojích** znečištění. Legislativa Evropské unie vymezuje pouze dvě kategorie zdrojů znečištění, a to zdroje bodové a difúzní, které zahrnují i plošné zdroje (Pitter, 2015). Wiens (1980) upozorňuje právě na difúzní zdroje znečištění, zejména z důvodu používání různých pesticidů v zemědělství. Za hlavní zdroje znečištění jsou považovány intenzivně obdělávané plochy plodin a chov hospodářských zvířat.

Schreiber a kol. (2015) provedli studii v sousedním Německu, spolkové zemi Severní Porýní-Vestfálsko, v povodí řeky Swist. Studie byla provedena v horním toku řeky, který není ovlivněn odpadními vodami z obydlených oblastí. Výsledky studie prokázaly, že hlavním zdrojem mikrobiální kontaminace řeky jsou difúzní zdroje z povodí. Nejvyšší mikrobiální koncentrace byly zjištěny v povrchovém odtoku v oblastech s intenzivní zemědělskou činností. Podpovrchový odtok vykazoval podstatně nižší koncentrace znečištění.

3.4 Ukazatele kvality vody

Ukazatele kvality vody vyjadřují fyzikální stav, chemické složení a biologické oživení vody. Mezní hodnoty těchto ukazatelů pro jednotlivé třídy kvality vody určuje norma ČSN 75 7221.

3.4.1 Obecné, fyzikální a chemické ukazatele

Elektrická konduktivita

Konduktivita je mírou koncentrace ionizovatelných anorganických a organických součástí vody. Konduktivita je značně závislá na teplotě vody a její zvýšení u povrchových vod je způsobeno přítokem znečištěných komunálních vod. Hodnoty jsou stanovovány různými typy konduktometrů (Pitter, 2015; Hartmann a kol., 2005). Hodnoty elektrické konduktivity ve vodě výrazně kolísají v závislosti na míře antropogenního znečištění. Vysoké hodnoty elektrické konduktivity jsou tak ukazatelem přítomnosti antropogenní zátěže, avšak nelze dle těchto hodnot určit charakter znečištění (Pitter, 2015).

Rozpuštěný kyslík

Kyslík je životně důležitý prvek pro vodní organismy. Jeho množství ve vodním prostředí kolísá jak během roku tak i během dne. Obsah rozpuštěného kyslíku ve vodě pozitivně ovlivňuje fotosyntézu vodních rostlin. K odčerpávání kyslíku dochází při dýchání živočichů, dekompozici organické hmoty, zvyšování teploty vody či přítoku podzemních vod (Lellák a Kubíček, 1991).

Živiny (nutrienty)

Nutrienty jsou látky potřebné pro život organismů a jejich přítomnost ve vodním prostředí je žádoucí pro správnou funkci ekosystémů. Přítomnost živin je sledována vzhledem k jejich nadměrnému výskytu způsobenému antropogenním znečištěním. Nadměrné množství nutrientů ve vodách má řadu nežádoucích účinků. Mezi hlavní nutrienty řadíme sloučeniny dusíku, fosforu a draslíku (Langhammer, 2009).

Do skupiny nutrientů, které jsou nezbytné pro rozvoj mikroorganismů, patří **dusík**. Znalost jednotlivých forem výskytu dusíku ve vodách je nezbytná, vzhledem k uplatnění dusíku ve všech biologických procesech čištění a úpravy vody (Pitter, 2015). Dusík se ve vodě vyskytuje v různých formách a oxidačních stupních. Langhammer (2009) z hlediska významu pro kvalitu vody uvádí tyto nejdůležitější formy: amoniakální dusík (N-NH_4^+), dusičnany (NO_3^-), dusitany (NO_2^-)

Hauer a Lamberti (2007) upozorňují na dalekosáhlé působení dusíku ve vodním prostředí. Antropogenně zvýšené množství dusíku způsobuje ztrátu rozmanitosti vodního prostředí, urychluje proces eutrofizace a taktéž ohrožuje lidské zdraví.

Fosfor představuje živinu nezbytnou pro rozvoj a růst vyšších organismů. Vodní organismy fosfor spotřebovávají pro své životní pochody, přeměňují jej na organicky vázaný fosfor. Při rozkladu organismů se opět fosfor uvolňuje do vodního prostředí (Lellák a Kubíček, 1991). Významným zdrojem fosforu jsou zemědělsky obdělávané plochy. Plošnými splachy z polí se fosfor dostává do vodního prostředí, kde významně přispívá k rozvoji eutrofizace jak na místní, tak i na globální úrovni (Rodriguez a kol., 2004). Dalším zdrojem fosforu ve vodním prostředí jsou splaškové i průmyslové odpadní vody. Fosfor se do vod dostává z fekálních odpadů, pracích a čistících prostředků využívaných v domácnostech. Zdrojem fosforu v průmyslových odpadních vodách jsou výroby detergentů, skel a porcelánu, zápalek, pyrotechniky, dále i z potravinářské výroby a hutnictví (Langhammer, 2009).

Antropogenním zdrojem **draslíku** ve vodním prostředí je výroba a aplikace draselných hnojiv. Koncentrace draslíku v povrchových vodách není příliš významná a není limitována (Pitter, 2015).

3.4.2 Organické látky

Organických látek je ve vodách velké množství, často jen v nepatrných koncentracích. Pro stanovení celkových organických látek ve vodě se kvůli jejich velkému množství používají komplexní ukazatele (Pitter, 2015; Langhammer, 2009):

- biochemická spotřeba kyslíku za 5 dní (BSK₅) - ukazatel udávající množství rozpuštěného kyslíku spotřebovaného pro biochemickou oxidaci látek ve vodě za 5 dnů při teplotě 20 °C. Biologicky rozložitelné organické znečištění představují zejména splaškové vody, odpady ze živočišné zemědělské výroby a také některé průmyslové odpadní vody. Ukazatel BSK₅ indikuje především znečištění z bodových a difúzních zdrojů.
- chemická spotřeba kyslíku (CHSK) – komplexní ukazatel veškerého organického znečištění (biologicky rozložitelného i nerozložitelného). Odráží zejména znečištění z oblasti průmyslu a komunálních zdrojů. Dle použitého oxidačního činidla představuje CHSK dvě metody – oxidace manganistanem draselným (CHSK_{Mn}) a oxidace dichromanem (CHSK_{Cr}).
- celkový organický uhlík (TOC) – stanovení ukazatele probíhá buď termickou oxidací nebo oxidací na mokré cestě. Vysoké hodnoty TOC vyjadřují silné znečištění organickými látkami, které způsobují snížení obsahu rozpuštěného kyslíku ve vodě.

Některé skupiny chemicky podobných organických látek lze stanovit samostatně, skupinovým stanovením:

- adsorbance v ultrafialové oblasti
- organicky vázaných halogenů
- uhlovodíků
- fenolů
- huminových látek
- tenzidů (povrchově aktivních látek)
- organicky vázaného dusíku

Dle normy ČSN 75 7221 do této skupiny ukazatelů patří adsorbovatelné organicky vázané halogeny (AOX) – skupina organických látek, které obsahují některý z halogenů (chlor, fluor, brom, jod), mohou zahrnovat jednoduché organické látky i složité molekuly, dále chlorované uhlovodíky, ftaláty, bisfenol A, polycyklické aromatické uhlovodíky, kyselina ethylendiamintetraoctvá a pesticidy.

3.4.3 Kovy a metaloidy

Kovy a metaloidy (polokovy) přírodního původu se do vod dostávají vyplavováním z hornin a půd v závislosti na geologickém podloží. Dalším přírodním zdrojem je vulkanická činnost či obohacení vody v místech rudných nalezišť. Hlavním antropogenním zdrojem kovů a polokovů jsou odpadní vody z těžby a zpracování rud, hutí, válcoven, z povrchové úpravy kovů atd. Významným zdrojem kovů a polokovů v povrchových vodách jsou také atmosférické vody, znečištěné exhalacemi ze spalování fosilních paliv a výfukovými plyny motorových vozidel. V této souvislosti je nutné zmínit významný rozdíl mezi jednotlivými oblastmi, jelikož některé sloučeniny kovů při spalování odpadů sublimují, nezůstávají jen v popelu, a přecházejí i do plynné formy např. kadmium. Rozlišit přírodní pozadí ve vodách a antropogenní znečištění je v současnosti obtížné (Pitter, 2015).

3.4.4 Mikrobiologické a biologické ukazatele

Termotolerantní (fekální) koliformní bakterie (dále jen koliformní bakterie) a intestinální enterokoky jsou indikátory fekálního znečištění. Bakterie se přirozeně vyskytují ve střevním traktu člověka a teplotně odolných zvířat a jejich zvýšené množství ve vodách ukazuje fekální kontaminaci. Zdrojem mikrobiálního znečištění povrchových vod jsou především nedostatečně vyčištěné odpadní vody (bodové zdroje znečištění), avšak nelze pominout vliv prosakujících septiků či netěsností v kanalizačním systému (Baudišová a Mlejnková, 2017).

Koliformní bakterie jsou v právních předpisech nahrazovány stanovením druhu *Escherichia coli*, jež je součástí střevní mikroflóry teplotně odolných živočichů včetně člověka, a která je podskupinou koliformních bakterií, a v povrchových vodách tvoří průměrně 60 % z jejich počtu. Zároveň se tento druh ve vodě nepomnožuje a v závislosti na přírodních podmínkách přežívá pouze omezenou dobu (Baudišová a Mlejnková, 2017).

Enterokoky představují další doprovodný ukazatel mikrobiologického znečištění. Přítomnost těchto bakterií ve vodě indikuje čerstvou fekální kontaminaci. Bakterie je přirozenou součástí střevní mikroflóry, nalezneme ji ale i na rostlinách či v půdě (Kožíšek, 2003). Výskyt tohoto druhu znečištění značně kolísá. Tyto výkyvy jsou značné, až několikařádové např. po silných deštích (ČSN 75 7221).

3.4.5 Radiologické ukazatele

Zdroje radioaktivity vod mohou být přírodní či umělé. Přírodní pozadí radioaktivity vod tvoří radionuklidy $^{40}_{19}\text{K}$, které doprovázejí přirozeně se vyskytující draslík ve vodách. Vody v okolí nalezišť a těžby uranových rud a zpracovatelských provozů taktéž obsahují radioaktivní prvky. Umělá radioaktivita je způsobena radionuklidy vznikajícími při jaderných haváriích, explozích a odpady z provozu jaderných reaktorů (Pitter, 2015).

3.5 Organoleptické vlastnosti vody

Organoleptickými vlastnostmi označujeme ty vlastnosti vody, které jsou zjištělné smyslovými orgány a jsou posuzovány senzoricou analýzou prostřednictvím smyslových orgánů - zrak, čich a chuť (Pitter, 2015).

Základním ukazatelem jakosti a vlastností vody je **teplota**. Teplota vody je ovlivněna příjmem slunečního záření z atmosféry, které způsobuje ohřev vody, dna a břehů (Langhammer, 2009). Velká měrná kapacita, vysoké skupenské teplo tuhnutí a varu a malá schopnost molekulárního přenosu tepla patří k tepelným vlastnostem vody, které zajišťují vodnímu prostředí tepelnou stabilitu, jež tlumí denní či sezónní kolísání teploty okolního prostředí (Lellák a Kubíček, 1991).

Barva vody je ovlivněna především přirozeně se vyskytujícími huminovými látkami, které zbarvují přírodní vody žlutě nebo žlutohnědě (Pitter, 2015). Antropogenní ovlivnění barvy vody pochází především z průmyslových odpadních vod (Žáček, 1998).

Zákal vody je způsobený nerozpuštěnými organickými a anorganickými látkami. Příčinou zákalu jsou plankton, bakterie, jílnaté částice, hydratované oxidy železa a manganu (Pitter, 2015).

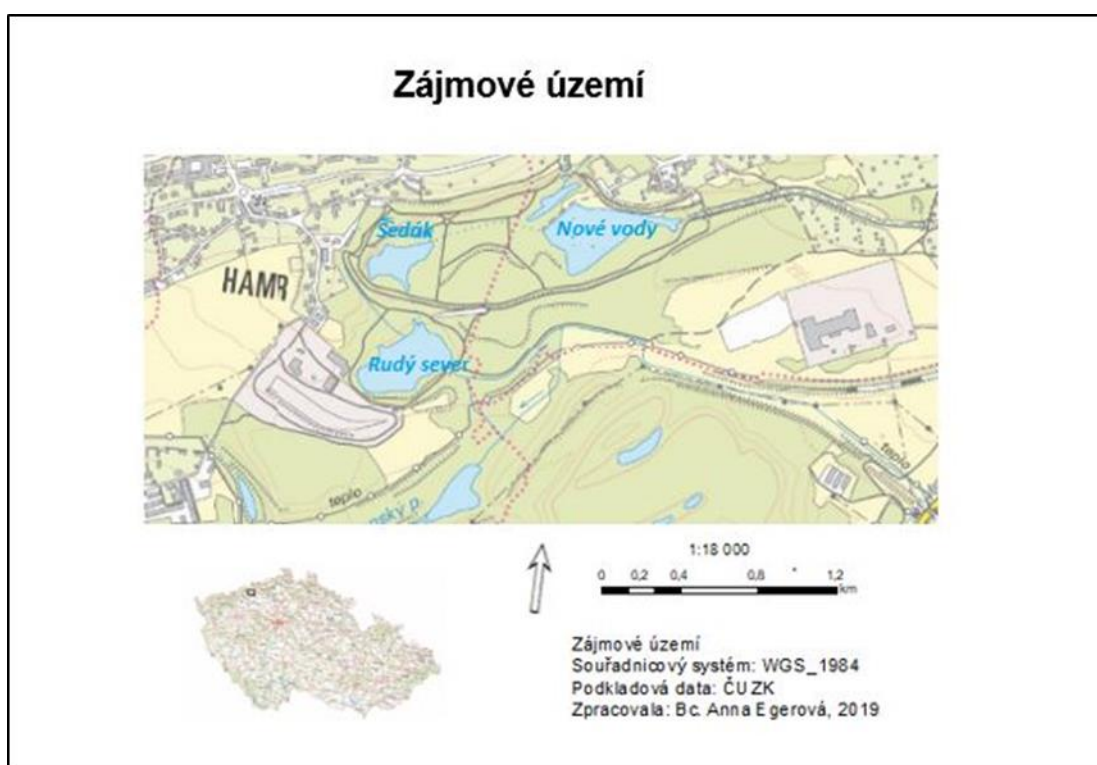
Smyslově posuzovanou vlastností, která je objektivně hodnocena posuzovatelem, je **pach** vody (Langhammer, 2009). Příčinou pachu vody jsou látky antropogenního původu (látky obsažené v odpadních vodách), látky přirozeně se vyskytující ve vodě (např. sulfan v minerálních vodách) i látky biologického původu. Druh pachu je popisován slovně – zemitý, fekální, hnilobný, plísňový apod. Síla pachu je hodnocena pomocí šestimístné stupnice – žádný, velmi slabý, zřetelný, zřetelný, silný a velmi silný (Žáček, 1998).

Stejně látky, které způsobují pach vody, ovlivňují její **chuť**. Jedná se o vápník, hořčík, železo, mangan, zinek, hydrogenuhličitan, chloridy, sírany aj. (Pitter, 2015).

4. Charakteristika studijního území

Rekreační zóna Nové Záluží se nachází cca 1 km západně od centra města Litvínova mezi městskými částmi Horní Litvínov, Chudeřín a Hamr. Lokalitu tvoří území bývalého povrchového hnědouhelného dolu Rudý sever, který byl založen v roce 1883 pod názvem Antonia a během své existence několikrát změnil svůj název. Činnost v dole byla ukončena v roce 1965. V následujících letech byla provedena rekultivace, jež území dala dnešní podobu.

Základním prvkem rekultivace byla výstavba vodního díla Hamr (dále jen VD Hamr) v 60. až 80. letech dvacátého století. VD Hamr vzniklo ohrázením vytěženého dolu Rudý sever třemi hrázemi. Retenční nádrž má ovladatelný prostor o objemu 632,60 tis. m³ a zatopenou plochu 195,9 tis. m². V nádrži jsou za běžných stavů prostory se stálým nadržením – nádrže Nové vody a Šedák (obr. č. 1). Prostor nádrže je z ekologických důvodů rekultivován a zalesněn.



Obr. č. 1 – Zájmové území

Přestože přes VD Hamr protéká Zálužský potok, jedná se v podstatě o boční nádrž Bílého potoka, jehož povodňové průtoky jsou na rozdělovacím objektu nad vodním dílem odkloněny do VD Hamr. VD Hamr tak tvoří jeden z prvků protipovodňové ochrany zejména pro areál nedalekých chemických závodů a městskou část Chudeřín. Zadržovaná voda je odváděna zpět do Bílého potoka odpadním příkopem. Stálý přítok do nádrží v době normálních průtoků zajišťuje Zálužský potok.

VD Hamr se skládá z retenční nádrže, přívodního a odpadního koryta. V prostoru nádrže se dále nachází spojovací potrubí, spodní výpusť a bezpečnostní přeliv, na který navazuje skluz bezpečnostního přelivu. Výpustní zařízení VD Hamr se nachází na břehu nádrže Šedák.

Vlastní potrubí výpusti DN 1000 o celkové délce 62,2 m je zaústěno do vodní nádrže Rudý sever, která se nachází pod VD Hamr. Tlumení přebytečné vodní energie vytékající vody se děje nárazem na monolitickou železobetonovou nornou stěnu.

4.1 Vodní toky a vodní plochy v rekreační zóně Nové Záluží

Podle vodohospodářské mapy zájmové území náleží k povodí toku Bílina. Hlavními recipienty v horní části území jsou vodní toky Bílý potok (hydrologické č. povodí 1-14-01-0200) a Zálužský potok (hydrologické č. povodí 1-14-01-022), v sousedním povodí protéká významný vodní tok Loupnice (hydrologické č. povodí 1-14-01-0160) a Divoký potok (hydrologické č. povodí 1-14-01-0210). V dolní části území je pak významný Bílý potok a Mračný potok (hydrologické č. povodí 1-14-01-0210), které se oba vlévají do řeky Bíliny. Území je charakterizováno průměrným ročním úhrnem srážek 474 mm, z toho ve vegetačním období IV.-X. úhrn činí 299 mm. Celoroční průměrný výpar z volné hladiny dosahuje 740 mm (Manipulační řád VD Hamr, 2013).

4.1.1 Vodní toky

Zálužský potok je zaústěn do VD Hamr, konkrétně do vodní nádrže Tuň. Tento potok protéká městskou částí Hamr podél zrušeného koupaliště, v městské zástavbě částečně protéká krytým profilem a vtéká do zmiňované vodní nádrže. Základní hydrologické údaje Zálužského potoka jsou uvedeny v tabulce č. 4.

Zálužský potok (hydrologické č. povodí 1-14-01-022)		profil: VD Hamr										
Plocha povodí (km ²)		4										
Průměrná dlouhodobá roční výška srážek (mm)		772										
Průměrný dlouhodobý roční průtok (l.s ⁻¹)		36,3										
N-leté průtoky Q_N (m³.s⁻¹)												
N	1	2	5	10	20	50	100					
Q _N	0,7	1	2	3,2	5	8,3	12,4					
M-denní průtoky Q_M (l.s⁻¹)												
M	30	60	90	120	180	210	240	270	300	330	355	364
Q _M	86,7	59	44,3	35,9	26	22,9	19,6	16,3	13,8	11,6	3,8	1,63

Tabulka č. 4 – Zálužský potok – hydrologické údaje (Manipulační řád VD Hamr, 2013)

Bílý potok protéká městem Litvínovem a obtéká zájmové území podél jihovýchodní hranice. Nadlimitní průtoky v potoce jsou odváděny odlehčovacím korytem do VD Hamr, konkrétně pak do nádrže Nové vody. Zadržovaná voda protéká VD Hamr a odtud je odváděna odpadním korytem lichoběžníkového profilu o celkové délce 1,540 km. Koryto je vedeno přirozenou údolnicí mezi nádrží Rudý sever a Bílým potokem. Před zaústěním do Bílého potoka je koryto opevněno betonem. Základní hydrologické údaje Bílého potoka jsou uvedeny v tabulce č. 5.

Bílý potok (hydrologické č. povodí 1-14-01-0200)		profil: rozdělovací objekt k VD Hamr										
Plocha povodí (km ²)		19,1										
Průměrná dlouhodobá roční výška srážek (mm)		959										
Průměrný dlouhodobý roční průtok (l.s ⁻¹)		294										
N-leté průtoky Q_N (m³.s⁻¹)												
N	1	2	5	10	20	50	100					
Q _N	1,4	2,1	4,3	7	11	18	26,7					
M-denní průtoky Q_M (l.s⁻¹)												
M	30	60	90	120	180	210	240	270	300	330	355	364
Q _M	703	479	359	291	212	185	157	129	112	92	30,9	13,5

Tabulka č. 5 – Bílý potok – hydrologické údaje (Manipulační řád VD Hamr, 2013)

4.1.2 Vodní nádrže

Vodní nádrže Nové vody a Tůň

Plocha nádrže Nové vody je cca 3 ha. Dle manipulačního řádu VD Hamr je kóta hladiny ve výšce 294,1 m n.m. V nejhlubším místě je nádrž hluboká cca 4 m. Do vodní nádrže je zaústěno přírodní odlehčovací koryto z Bílého potoka. Nádrž je propojena potrubím se sousední menší nádrží Tůň, jejíž plocha je cca 0,4 ha. Stálým přítokem těchto nádrží je Zálužský potok. Obě vodní nádrže mají bohatou pobřežní vegetaci tvořenou především rákosinami zejm. orobincem úzkolistým (*Typha angustifolia*), stromy a keři zejm. olše lepkavá (*Alnus glutinosa*), vrba křehká (*Salix fragilis*) a vrba trojmužná (*Salix Triandria*). Tato vegetace má významnou protiabrazivní funkci zpevňující břehovou linii. Husté koruny stromů tlumí vítr a tím i vlnobití a erozi břehů na návětrných stranách nádrže. Kořeny stromů a břehové porosty tvoří vhodný úkryt pro živočichy a zároveň umožňují plynulý přechod mezi vodním a suchozemským prostředím. Kolem nádrže Nové vody vede pěšina pro turisty a rybáře, kteří tudy přistupují k vodní hladině (Hendrychová, 2007).

Vodní nádrž Šedák

Plocha nádrže Šedák je cca 1 ha. Hladina nádrže je vyrovnaná s hladinou v nádrži Nové vody. Dle manipulačního řádku VD Hamr je kóta hladiny ve výšce 294,0 m n. m. V nejhlubším místě u výpustního zařízení je nádrž hluboká cca 4 m. Severo-západně od nádrže Šedák se vyskytuje prameniště, v němž cca 40 m od nádrže na malé ploše vyvěrá voda a několika potůčky se řine po svahu a vlévá se do nádrže. Břehy nádrže jsou velmi členité s bohatou pobřežní vegetací. Hodnotné jsou zejména trvale podmáčené zamokřené plochy v okolí nádrže (Hendrychová, 2007).

Vodní nádrž Rudý sever

Vodní nádrž Rudý sever je poslední nádrž v systému ve směru průtoku vody. Do této nádrže je zaústěna výpusť z VD Hamr. Z nádrže Rudý sever je voda odváděna odpadním korytem o délce cca 1,5 km zpět do Bílého potoka. Plocha vodní nádrže je cca 3,3 ha. Vodní nádrž má bohatou pobřežní vegetaci. Podél jižního břehu nádrže rostou statné vrby, z nichž mnohé jsou ve fázi rozpadu, stojí ve vodě a dutiny v kmenech využívají pro hnízdění ptáci. Stejně významné jsou i keřové porosty vrb, které kořeny za břehovou linií do vodní plochy a tvoří přechod mezi stromovým porostem a rákosinami. Poskytují tak vhodné hnízdiště pro vodní ptactvo (Hendrychová, 2007).

4.2 Přírodní poměry

V letech 2006 až 2007 byl proveden přírodovědný průzkum celé lokality z důvodu plánovaného záměru vybudování rekreační zóny, ve kterém byl popsán současný stav biotopů. Byly zde zjištěny přírodně blízké porosty středně starých sukcesních stádií lesa, zdravé rekultivované lesní porosty, neeutrofizované vodní plochy a pobřežní vegetace. Porost je v zásadě stejnověký, avšak místy je tvořen více odumírajícími stromy s tlejícím dřevem a stejně tak i dorůstajícími stromy s přirozenou obnovou porostu semenáčky. Přítomné je bohaté keřové patro (Hendrychová, 2007).

Zájmové území leží dle Quitta (Tolazs a kol. 2007) v teplé a srážkově chudé oblasti W2 ovlivněné morfologií území. Svahy Krušných hor na severu a severozápadě prudce klesají do prostoru Podkrušnohorské pánve. Při převládajícím západním proudění vzduchu vytváří anemo-orografický systém velkého rozsahu, jež značně podmiňuje silný srážkový stín Podkrušnohorské pánve. Vybrané klimatické charakteristiky studijního území jsou uvedeny v tabulce č. 6.

Charakteristika	Hodnota
Průměrná roční teplota	8 - 9 °C
Průměrná sezónní teplota – léto	16 - 17 °C
Průměrná sezónní teplota – zima	0 - 1 °C
Průměrná teplota v letním půlroce – vegetační období (duben – září)	14 - 15 °C
Průměrný roční úhrn srážek	450 - 550 mm
Průměrný úhrn srážek v letním půlroce – vegetační období (duben – září)	300 - 315 mm
Průměrná doba trvání průměrné denní teploty 10 °C a více	160 - 170 dnů
Průměrný počet dní se sněhovou pokrývkou	30 - 40 dnů
Průměrná roční relativní vlhkost vzduchu	75 - 80 %

Tab. č. 6 - Vybrané klimatické charakteristiky (Tolazs a kol., 2007)

4.2.1 Geomorfologie území

Sledovaná oblast dle geomorfologického členění České republiky náleží ještě k Podkrušnohorské podsoustavě reprezentované celkem Mostecká pánev, podcelkem území spadá do Chomutovsko-teplické pánve s okrsky Komořanská kotlina a Duchcovská pánev. Oblast téměř hraničí s celkem Krušných hor, konkrétně podcelkem Loučenská hornatina (Demek, 1987).

4.2.2 Biogeografická situace

Dle biogeografického členění České republiky (Culek, 1996) je zájmové území součástí Mosteckého bioregionu. Zároveň však území leží na hranici s Krušnohorským bioregionem a spadá tak do nereprezentativní, avšak druhově velmi bohaté, přechodové zóny. Kontrast mezi bioregiony je zřejmý na první pohled. Prudké svahy Krušných hor spadají do území rozsáhlých povrchových dolů, výsypek a průmyslových oblastí.

Flóru Mosteckého bioregionu tvoří převážně expanzivní ruderalní druhy, jako např. třtina křovištní (*Calamagrostis epiglejos*), ovsík vyvýšený (*Arrhenatherum elatius*), vratič obecný (*Tanacetum vulgare*) aj. Tyto druhy doplňuje řada neofytů s obdobným chováním, jako je ječmen hřívnatý (*Hordeum jubatum*), zlatobýl kanadský (*Solidago canadensis*), janovec metlatý (*Cytisus scoparius*) aj. V okolí vodních ploch a na úpatí Krušných hor se na některých místech vyskytují přirozená lesní společenstva. V území převažují výsadby vzniklé lesnickou rekultivací území po povrchových dolech a výsypkách (Neuhäuslová, 2001).

Fauna Mosteckého bioregionu je hercynského původu, reprezentována druhy např. ropucha krátkonohá (*Bufo calamita*), ježek západní (*Erinaceus europaeus*) aj., a je obohacována horskými zástupci ze sousedícího Krušnohorského bioregionu. Z druhů ptáků se vyskytují např. linduška úhorní (*Anthus campestris*), strnad luční (*Emberiza calandra*) aj. Mokřady se v území vyskytují zřídka, a to na zachovalých stanovištích v okolí vodních ploch. V oblasti je hojný výskyt skokana skřehotavého (*Rana ridibunda*), a to i na velmi narušených vodních plochách a tocích (Neuhäuslová, 2001).

V potenciální přirozené vegetaci řešeného území by byly zastoupeny černýšové dubohabřiny as. *Melampyro nemorosi-Carpinetum* a violkové bučiny - *Violo reichenbachianae-Fagetum* (Neuhäuslová, 2001).

Dle geobotanické mapy ČR se v zájmovém území vyskytují C - dubo-habrové háje: *Carpinion betuli* (Mikyška, 1968).

4.2.3 Fytogeografická situace

Zájmové území leží v oblasti termofytika, ve fytogeografickém okrese 3 - Podkrušnohorská pánev. Vegetační stupeň je kolinní až suprakolinní (Skalický, 1988).

4.2.4 Územní systém ekologické stability

Lokalita je součástí územního systému ekologické stability - nadregionálního biokoridoru.

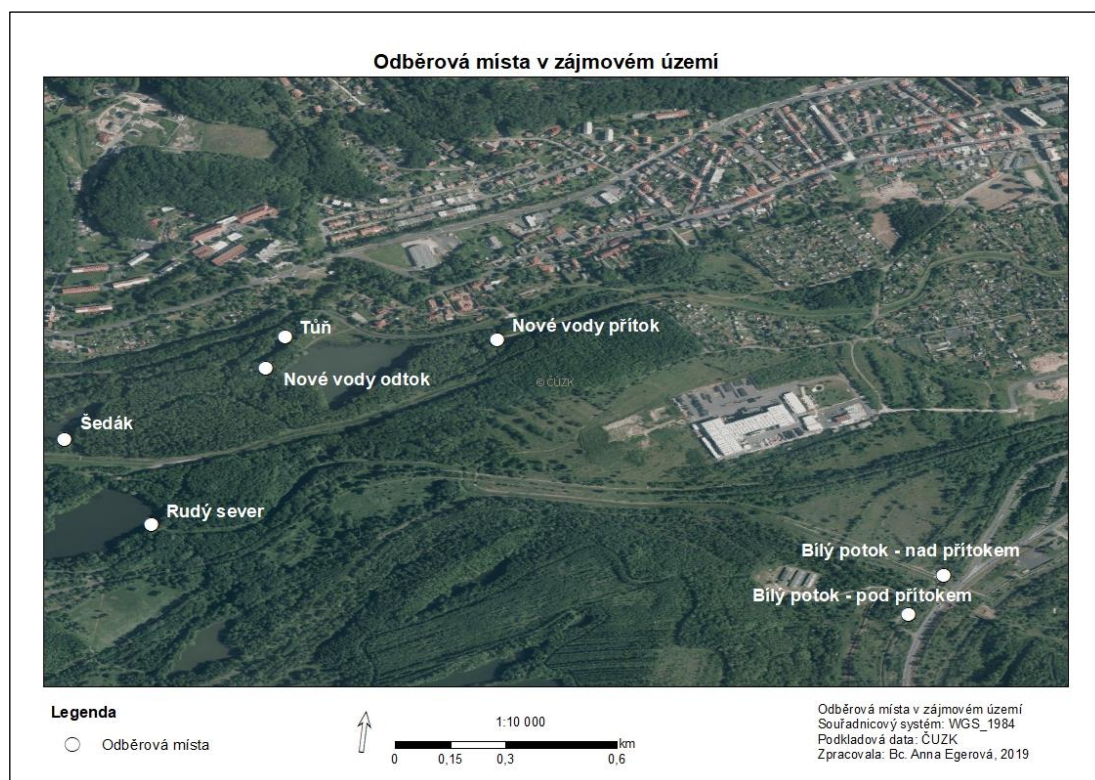
4.2.5 Územní plán města Litvínova

V územním plánu města Litvínova, ve znění po změně č. 12, které nabylo účinnosti dne 15.12.2017, je území vedeno jako plochy občanského vybavení - sport a tělovýchova (Město Litvínov, 2018).

5. Metodika

5.1 Metodika výběru odběrových lokalit

Odběrová místa v zájmovém území byla zvolena s ohledem na směr průtoku vody a dle vstupu znečištění do nádrží. Takto zvolená odběrová místa umožňují zjistit, zda a v jaké míře dochází k pročištění vody v nádržích. Jednotlivá odběrová místa jsou znázorněna na obr. č. 2, souřadnice odběrových míst jsou uvedeny v tabulce č. 7.



Obr. č. 2 – Mapa odběrových míst v zájmovém území

Odběrové místo	Nadmořská výška m n. m.	Souřadnice
1. Nové vody přítok	294	50°35'35.570"N, 13°35'25.361"E
2. Tůň	294	50°35'35.744"N, 13°35'6.763"E
3. Nové vody odtok	294	50°35'33.050"N, 13°35'5.064"E
4. Šedák	294	50°35'26.776"N, 13°34'47.379"E
5. Rudý sever	289	50°35'19.313"N, 13°34'54.964"E
6. Bílý potok - nad přítokem	283	50°35'14.840"N, 13°36'4.515"E
7. Bílý potok - pod přítokem	281	50°35'11.475"N, 13°36'1.461"E

Tabulka č. 7 – Souřadnice odběrových míst

Odběrové místo č. 1 – Nové vody přítok

První odběrové místo se nachází ve východní části nádrže Nové vody. V místě je jeden břeh pokrytý neprostupnou vegetací. Podél protějšího břehu vede pěšina a břeh vodní nádrže je volně přístupný. V tomto místě probíhaly odběry vzorků vody. V této části nádrže je úzká zátoka, široká od cca 5 m až do cca 20 m s bohatou pobřežní vegetací. V místě vznikají zamokřené plochy, které však v průběhu letních měsíců vyschly v důsledku poklesu vodní hladiny. Odběrové místo č. 1 je zobrazeno na obrázku č. 3.



Obr. č. 3 – Pohled na nádrž Nové vody z odběrového místa č. 1 (Egerová, 2018)

V blízkosti tohoto odběrového místa jsou zmapovány dva bodové zdroje znečištění označené jako zdroj A a zdroj B. Odběr vody probíhal ve vzdálenosti cca 80 m od těchto zdrojů znečištění.

Odběrové místo č. 2 – Tůň – přítok

Druhé odběrové místo se nachází v severovýchodní části nádrže Tůň, kam vtéká jediný stálý přítok VD Hamr – Zálužský potok (obr. č. 4). Koryto potoka je v podstatné části technicky upraveno, vybetonováno do lichoběžníkového tvaru. Část potoka je zatrubněna a protéká městskou částí Hamr. Posledních cca 100 m toku je koryto přírodní, bez opevnění, a volně vtéká do vodní nádrže. Odběr vzorků probíhal cca 5 m od místa, kde se potok vlévá do vodní nádrže (obr. 5).



Obr. č. 4 – Zálužský potok (Egerová, 2018)



Obr. č. 5 – Vodní nádrž Tůň, odběrové místo č. 2 (Egerová, 2018)

Voda z nádrže Tůň na jednom místě samovolně přetéká do vodní nádrže Nové vody, na dalším místě do odtokového koryta a zároveň dochází k rozlivu do okolních lesů. K tomuto stavu dochází především v jarních měsících v době tání sněhu a období vydatných srážek. Při takto vysokém stavu vody vznikají rozsáhlé zamokřené plochy, které i v suchém roce 2018 zůstaly z části zachovány po celé sledované období. V průběhu jarních měsíců došlo k poklesu hladiny pod úroveň přelivu do odtokového koryta a zůstal zavodněn jen přeliv do nádrže Nové vody. V průběhu léta 2018 došlo ke značnému poklesu hladiny v nádrži i průtoku v Zálužském potoce.

V jihozápadní části nádrže je bohatá pobřežní vegetace rákosin, vrb a olší.

Odběrové místo č. 3 – Nové vody odtok

Třetí odběrové místo bylo zvoleno na odtoku z nádrže Nové vody do nádrže Šedák v odtokovém korytu (obr. č 6). Koryto je bez opevnění, na svém konci je opatřeno zařízením pro regulaci výšky hladiny. Délka koryta je 70 m a jeho šířka cca 4 m. Voda dále protéká pod povrchem betonovým spojovacím potrubím DN 1000 do prostoru nádrže Šedák. Voda zde je bez zápachu a viditelného znečištění.



Obr. č. 6 – Odtokové koryto z nádrže Nové vody, odběrové místo č. 3 (Egerová, 2018)

Odběrové místo č. 4 – Šedák

Odběrové místo č. 4 je lokalizované v blízkosti spodní výpusti vodní nádrže Šedák v nejhlubší části nádrže (obr. č. 7). Odtud voda z VD Hamr odtéká do nádrže Rudý sever. Vodní nádrž není zatížena bodovými zdroji znečištění. Břehy nádrže jsou pokryty bohatou vegetací, cenné jsou zamokřené plochy u severního břehu nádrže.



Obr. č. 7 – Vodní nádrž Šedák (Egerová, 2018)

Odběrové místo č. 5 – Rudý sever

Vodní nádrž Rudý sever (obr. č. 8) je poslední nádrž ve směru proudění vody. Tato nádrž již není součástí vlastního VD Hamr, je však s tímto vodním dílem spojena prostřednictvím spodní výpusti vodní nádrže Šedák. V případně povodňových stavů je do nádrže sveden bezpečnostní přeliv. Odběr vzorků probíhal u odtoku vody z nádrže. Voda je bez viditelného znečištění, je cítit slabý fekální zápach. Voda z nádrže je dále odváděna odpadním korytem do Bílého potoka (obr. č. 9).

Do nádrže je zaústěna výpust' z odlehčovací komory č. 6 a č. 6a. Tyto bodové zdroje jsou označeny písmenem C.



Obr. č. 8 – Vodní nádrž Rudý sever (Egerová, 2018)



Obr. č. 9 – Odpadní koryto do Bílého potoka (Egerová, 2018)

Odběrová místa č. 6 – Bílý potok – nad přítokem a č. 7 – Bílý potok – pod přítokem

Jak již bylo uvedeno, voda z VD Hamr je odváděna korytem do Bílého potoka. V místě zaústění odpadního koryta do Bílého potoka jsou obě koryta vybetonována. V tomto místě je koryto Bílého potoka cca 1 m široké, lichoběžníkového tvaru s příkrými betonovými břehy s charakteristickým rychlým prouděním vody v umělém korytě.

Tato dvě odběrová místa byla zvolena s cílem zjistit, zda znečištění vstupující do VD Hamr a nádrže Rudý sever ovlivňuje kvalitu vody v Bílém potoce. Obě odběrová místa jsou uvedena na obr. č. 10 a 11. Na obr. č. 12 je zobrazeno místo soutoku obou koryt.



Obr. č. 10 – Koryto Bílého potoka nad přítokem (Egerová, 2018)



Obr. č. 11 – Koryto Bílého potoka pod přítokem (Egerová, 2018)

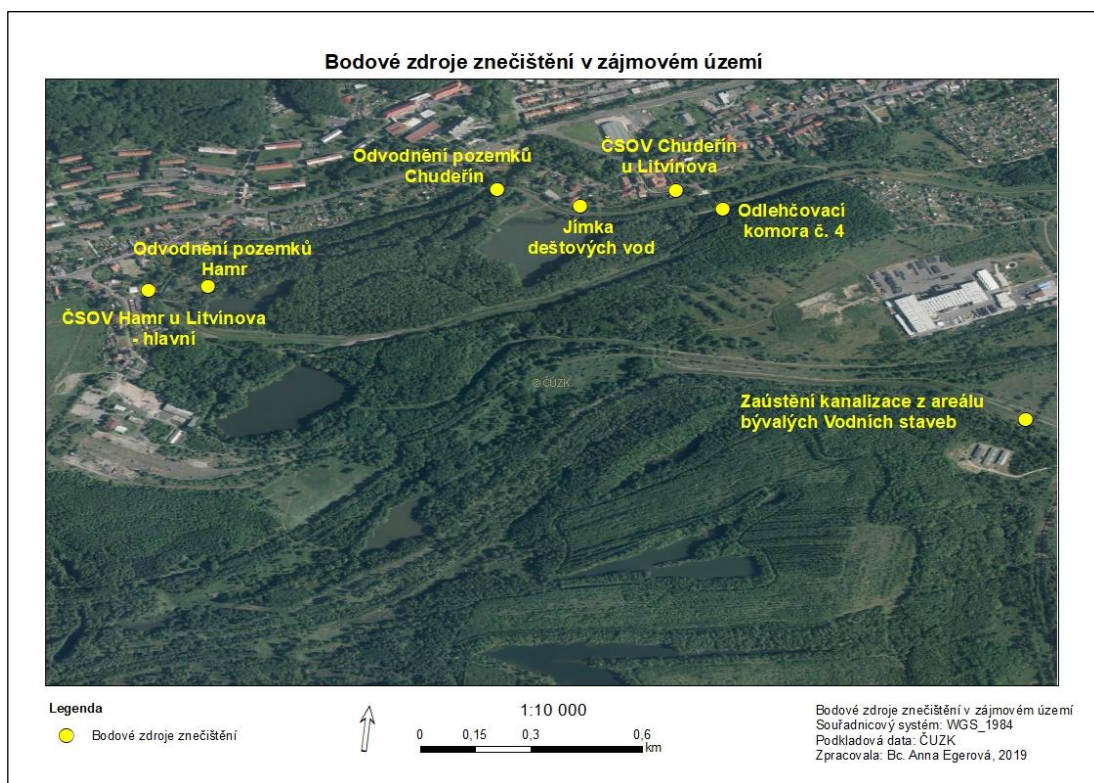


Obr. č. 12 – Soutok odpadního koryta a Bílého potoka (Egerová, 2018)

V trase odpadního koryta a z části i podél koryta Bílého potoka je vedeno horkovodní potrubí. Do vodotečí jsou svedeny výtoky z revizních či odkalovacích armatur.

5.2 Lokalizace bodových zdrojů znečištění

V zájmovém území bylo identifikováno několik bodových zdrojů znečištění. Vzhledem ke geomorfologii terénu v této části města jsou v lokalitě provozovány čerpací stanice odpadních vod (dále jen ČSOV), ve kterých jsou odpadní vody přečerpávány do páteřních stok a odtud gravitačně natékají na čistírnu odpadních vod v Záluží. Každá z těchto čerpacích stanic je vybavena odlehčovací komorou, jejíž přepad je vyústěn do recipientu tj. do některé z vodních nádrží. Dalším bodovým zdrojem znečištění jsou zaústění odlehčovacích komor na stokové síti, odvodnění pozemků a zaústění kanalizace z areálu bývalých vodních staveb. Všechny identifikované bodové zdroje znečištění jsou znázorněny na obr. č. 13. Souřadnice jednotlivých bodových zdrojů znečištění jsou uvedeny v tabulce č. 8.



Obr. č. 13 – Bodové zdroje znečištění (Egerová, 2018)

Označení	Bodové zdroje znečištění	Nadmořská výška m. n m.	Souřadnice
A.	Čerpací stanice odpadních vod Chudeřín u Litvínova	299	50°35'37.832"N, 13°35'24.192"E
B.	Odlehčovací komora č. 4	296	50°35'36.250"N, 13°35'28.238"E
C.	Čerpací stanice odpadních vod Hamr u Litvínova - hlavní	303	50°35'29.133"N, 13°34'37.824"E
D.	Odvodnění pozemků v městské části Hamr	295	50°35'29.414"N, 13°34'43.066"E
E.	Odvodnění pozemků v městské části Chudeřín	294	50°35'37.898"N, 13°35'8.403"E
F.	Jímka dešťových vod pod hrází nádrže Nové vody	295	50°35'36.476"N, 13°35'15.42"E
G.	Zaústění kanalizace z areálu vodních staveb	293	50°35'7.755"N, 13°35'54.807"E

Tabulka č. 8 – Souřadnice bodových zdrojů znečištění

A. Čerpací stanice odpadních vod Chudeřín u Litvínova

Zdroj A tvoří výústní zařízení odlehčovací komory č. 5 (dále OK 5) z čerpací stanice odpadních vod (dále jen ČSOV) Chudeřín u Litvínova. Zařízení ústí na severním břehu nádrže ve vzdálenosti cca 30 m od vodní hladiny při běžném vodním stavu. Potrubí DN 300 je zakončeno uzavírací klapkou (obr. č. 14).

Na tuto ČSOV jsou čerpány odpadní vody ze stanice Chudeřín u Litvínova – Janáčkova a dále odpadní vody z městské části Chudeřín. Stanice byla zprovozněna v roce 1973.



Obr. č. 14 – Výústní objekt OK 5, ČSOV Chudeřín u Litvínova (Egerová, 2018)

V místě byly identifikovány plochy rozlivu odpadních vod, na kterých byly zbytky fekálií i odpadu. Vtok těchto vod do vodní nádrže byl taktéž identifikován podle stop po odpadních vodách na vlastní břehové hraně (obr. č. 15).



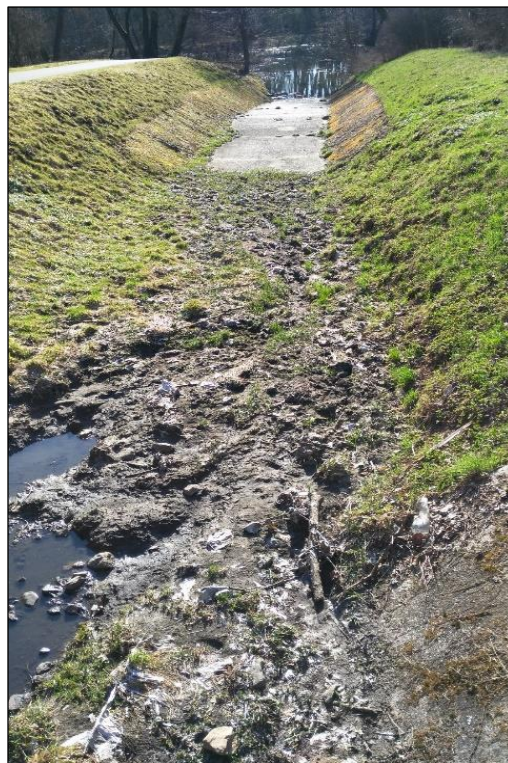
Obr. č. 15 – Výústní objekt OK 5, rozliv odpadních vod (Egerová, 2018)

B. Odlehčovací komora č. 4

Zdroj B tvoří výústní objekt odlehčovací komory č. 4 (dále jen OK 4) jednotné kanalizační sítě, páteřní stoky AB, zaústěný do přírodního koryta do VD Hamr. Vyústění je provedeno betonovou odpadní rourou DN 1000 pod dřevěným mostkem (obr. č. 16) v místě betonového skluzu ústícího do nádrže. V korytě jsou značné nánosy zachyceného bahna a odpadu, které postupně zarůstají travinami (obr. č. 17).



Obr. č. 16 – Výústní objekt OK 4 (Egerová, 2018)



Obr. č. 17 – zbytky znečištění z odpadních vod (Egerová, 2018)

V místě je cítit intenzivní fekální zápach a jsou znatelné zbytky fekálií a nečistot pocházejících z odpadních vod.

C. Čerpací stanice odpadních vod Hamr u Litvínova – hlavní

Na tuto ČSOV jsou čerpány odpadní vody ze stanic Hamr u Litvínova – velká, Hamr u Litvínova – Mlýnská, a dále odpadní vody z přilehlých lokalit (obr. č. 18). Stanice byla zprovozněna v roce 1973. Odlehčovací komory označené č. 6 a 6a jsou zaústěny do strouhy vedoucí do vodní nádrže Rudý sever (obr. č. 19).



Obr. č. 18 – ČSOV Hamr u Litvínova hlavní (v pozadí), v popředí výústní objekt (Egerová, 2018)



Obr. č. 19 – Odvodní strouha (Egerová, 2018)

Strouha o délce cca 300 m je zakončena na břehu nádrže Rudý sever. V místě jsou viditelné stopy po rozlivu odpadních vod, jsou zde zbytky fekálií a odpadu. V místě je cítit silný fekální zápach.

D. Odvodnění pozemků v městské části Hamr

Strouha odvodnění je zaústěna do nádrže Šedák. V průběhu roku 2018 nebyl zaznamenán průtok v tomto korytě (obr. č. 20 a 21).



Obr. č. 20 – odvodňovací strouha z městské části Hamr (Egerová, 2018)



Obr. č. 21 – odvodňovací strouha z městské části Hamr – zaústění do nádrže Šedák (Egerová, 2018)

E. Odvodnění pozemků v městské části Chudeřín

Odvodňovací příkop z pozemků v městské části Chudeřín je zaústěn v zamokřeném území v blízkosti nádrže Tůň (obr. č. 22 a 23).



Obr. č. 22 – odvodňovací příkop z městské části Chudeřín (Egerová, 2018)

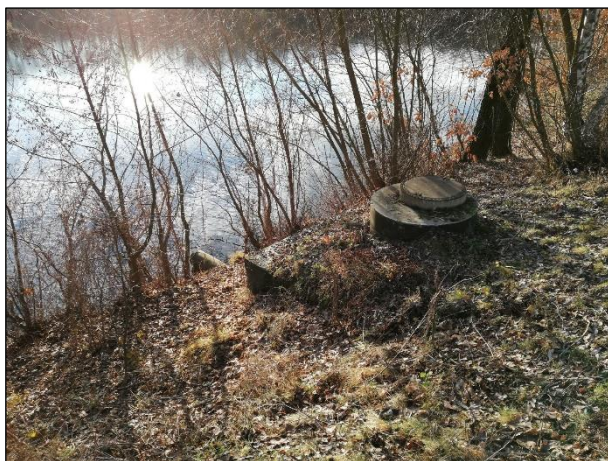


Obr. č. 23 – odvodňovací příkop z městské části Chudeřín – zaústění v blízkosti nádrže Tůň (Egerová, 2018)

Průtok vody v korytě byl zaznamenán v jarních měsících (duben, květen) a dále pak až v listopadu 2018. Dle dostupných informací není do této strouhy zaústěno odlehčení kanalizace. Koryto slouží pro odvodnění pozemků v okolí podniku Nanovia, s.r.o. V těchto místech dle historických záznamů býval rozsáhlý mokřad. Odvodnění bylo provedeno právě tímto korytem a je zaústěno v blízkosti vodní nádrže Tuň.

F. Jímka dešťových vod pod hrází nádrže Nové vody

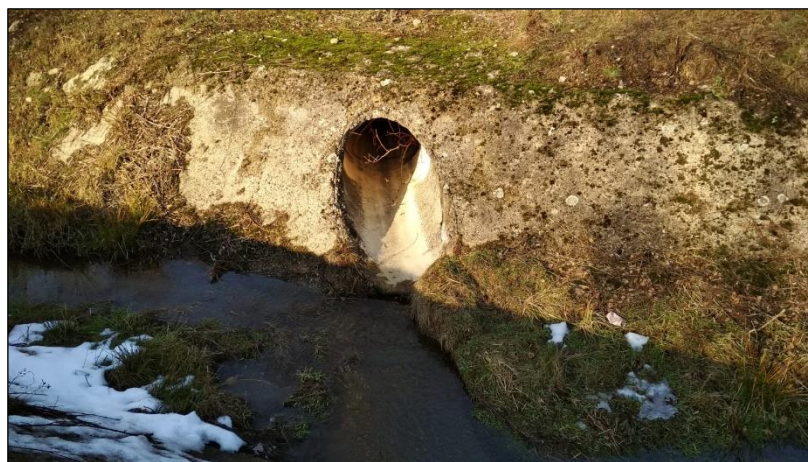
Do nádrže Nové vody jsou zaústěny podzemní vody vyvěrající v prostoru puklinového zlomu v blízkosti podniku Nanovia, s.r.o. a dále srážkové vody ze širší oblasti. Tyto vody vyvěrají stále, a to i v době beze srážek, a jsou bezejmennou vodotečí svedeny do jímky pod hrází (obr. č. 24). Dále jsou gravitačně vedeny potrubím umístěným v hrázi do nádrže Nové vody (Bohemiaplan, 2009).



Obr. č. 24 – Zaústění jímky dešťových vod (Egerová, 2018)

G. Zaústění kanalizace z areálu bývalých vodních staveb

Toto vyústění je provedeno do odpadního koryta z VD Hamr betonovou rourou DN 700. V průběhu sledovaného období nebyl zaznamenán výtok znečištění (obr. č. 25).



Obr. č. 25 – Zaústění kanalizace z areálu bývalých vodních staveb (Egerová, 2018)

5.3 Postup sběru dat

Práce spočívala v pravidelném měsíčním monitoringu kvality vody ve vodních nádržích v období od března do října 2018. Dále byla pravidelně kontrolována vytipovaná problematická místa, kde vtékají znečištěné odpadní vody do vodních nádrží. Tyto kontroly byly prováděny 1x za týden, případně vždy po silnějším dešti. Při samotném zahájení průzkumu zájmového území byly zdokumentovány bodové zdroje znečištění, a to od vlastních staveb až po samotný vtok do recipientu.

Místa pro odběry vzorků vody byla vytipována na základě dobré místní znalosti území a po prostudování mapových podkladů ke kanalizační síti městských částí Chudeřín, Hamr, Janov a Horní Litvínov. Místa byla lokalizována pomocí GPS lokátoru a byla zaznamenána nadmořská výška. První terénní šetření proběhlo ve dnech 22. a 23.3.2018. V této době byla vodní hladina částečně zamrzlá.

V průběhu terénních šetření byla pořizována fotodokumentace v rámci celé oblasti včetně fotodokumentace po výtoky odpadních vod do recipientů. Pořízené fotografie jsou použity v této práci.

Odběry vzorků vody byly prováděny 1x v měsíci dle metodiky odběru vzorků z vodních nádrží, řek a potoků, vydané Vysokou školou báňskou – Technickou univerzitou Ostrava (Šebestová, 2018). Údaje o vzorku zjištěné na místě, byly zaznamenány do připravených protokolů v rozsahu teplota vzduchu, počasí v době odběru, teplota vody a vzhled vzorku (zápach, zákal). Odběry vzorků probíhaly ve dnech: 22.3.2018, 24.4.2018, 28.5.2018, 26.6.2018, 24.7.2018, 19.8.2018, 25.9.2018 a 19.10.2018. Tyto údaje jsou uvedeny v příloze č. 8.

Odebírány byly prosté vzorky v hloubce cca 30 cm pod hladinou a cca 3 m od břehu do odběrových nádob příslušného objemu – 500 ml a 1 000 ml. Odběrové nádoby s odebranými vzorky byly uloženy do přepravky tak, aby byly chráněny před světlem a byly uchovány v chladném místě. Nejpozději do 12 hodin byly vzorky předány k laboratornímu rozboru.

Mikrobiologický rozbor vzorků vody byl prováděn v laboratořích Zdravotního ústavu v Ústí nad Labem, kde byly zjišťovány hodnoty mikrobiologického znečištění *Escherichia coli*, intestinální enterokoky, termotolerantní (fekální) koliformní bakterie.

Chemický rozbor vzorků vody byl prováděn v laboratořích České zemědělské univerzity, Fakulty životního prostředí. Byly zjišťovány koncentrace hlavních živin – celkový dusík (TN), celkový uhlík (TC), celkový organický uhlík (TOC), celkový anorganický uhlík (TIC), amoniakální dusík (N-NH_4^+), dusičnany (NO_3^-), dusitany (NO_2^-), chloridy (Cl^-), sírany (SO_4^{2-}), fosforečnany (o-PO_4^{3-}), BSK_5 , CHSK_{Cr} , elektrická konduktivita a pH.

Výsledky kompletního chemického a mikrobiologického rozboru odebraných vzorků jsou uvedeny v přílohách č. 1 až 7.

5.4 Vyhodnocení rozborů vzorků

Zjištěné hodnoty ukazatelů znečištění byly porovnány s mezními hodnotami tříd kvality vody dle ČSN 75 7221. Jelikož bylo k dispozici méně než 11 naměřených hodnot, bylo provedeno orientační určení kvality vody dle maximální naměřené hodnoty vybraných ukazatelů, které byly porovnány s mezní hodnotou ukazatele pro příslušnou třídu kvality vody.

Hodnoty ukazatelů znečištění byly dále vyhodnoceny podle NV č. 401/2001 Sb. a limitními hodnotami NEK pro jednotlivé vybrané ukazatele.

K podrobnému vyhodnocení zjištěných koncentrací znečišťujících látek byly vybrány následující ukazatele:

- Intestinální enterokoky
- Termotolerantní (fekální) koliformní bakterie
- *Escherichia coli*
- Celkový organický uhlík
- Biochemická spotřeba kyslíku, pětidenní
- Chemická spotřeba kyslíku dichromanem
- Celkový dusík

Průběh hodnot vybraných ukazatelů kvality vody byl vyjádřen v grafu.

U vybraných ukazatelů bylo provedeno zařazení do příslušných tříd kvality vody dle ČSN 75 7221. Výsledné parametry byly zpracovány do tabulky s barevným vyznačením příslušné třídy kvality vody:

- I. třída kvality – světle modrá
- II. třída kvality – tmavě modrá
- III. třída kvality – zelená
- IV. třída kvality – žlutá
- V. třída kvality – červená

6. Výsledky

6.1 Vyhodnocení rozborů odebraných vzorků vody

Odběrové místo č. 1 – Nové vody přítok

Mikrobiologické znečištění

Sezonní průběh ukazatelů mikrobiologického znečištění je graficky znázorněn na obr. č. 26. Z počátku sledovaného období byly hodnoty zvýšené vzhledem k intenzitě vtoku znečištěných odpadních vod, následoval pokles hodnot a jejich nárůst na konci sledovaného období. Zjištěné hodnoty intestinálních enterokoků se pohybovaly v rozmezí 70-200 KTJ/ml. Hodnoty koliformních bakterií se pohybovaly v rozmezí 900-2600 KTJ/100 ml a *Escherichia coli* v rozmezí 86-2300 KTJ/100 ml.

Organické znečištění a živiny

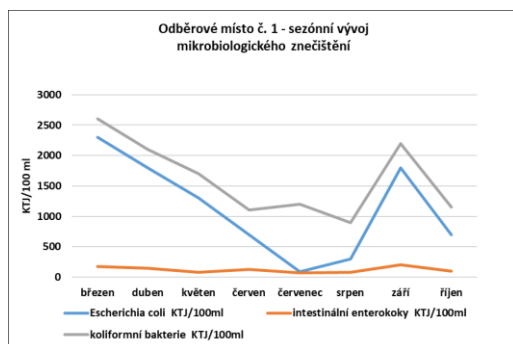
U ukazatele TOC je zřetelný postupný pokles znečištění od počátku období a jeho opětovný růst na konci léta. Avšak i přes tento pokles byly hodnoty zvýšené. Nejvyšší hodnoty TOC byly zjištěny v dubnu a v září. V průběhu celého sledovaného období se hodnoty TOC pohybovaly od 10,66 do 36,4 mg/l.

BSK₅ dosahovalo nejvyšších hodnot v jarních měsících a na počátku léta, poté došlo k jeho výraznému poklesu a tento stav setrval až do konce sledovaného období. Nejnižší hodnota BSK₅ byla zjištěna v říjnu (5,61 mg/l) naopak nejvyšší hodnota 25,8 mg/l byla zjištěna v červnu.

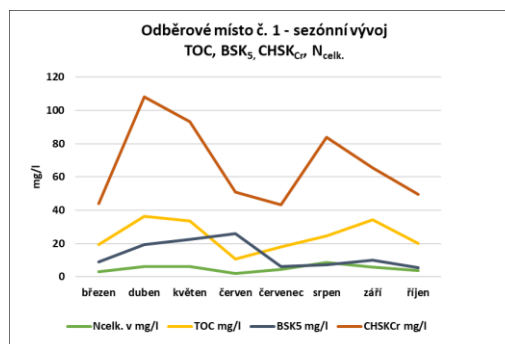
Ukazatel CHSK_{Cr} vykazuje nejvyšší zjištěné hodnoty v dubnu a v květnu, poté je zaznamenán značný pokles. K opětovnému zvýšení ukazatele došlo v srpnu a v září. V průběhu celého období se hodnoty pohybovaly v rozmezí od 43,2 do 108 mg/l.

Hodnoty ukazatele N_{celk.} jsou zvýšené v jarních měsících, kdy docházelo k intenzivnějšímu vtoku znečištěných odpadních vod a poté až na konci léta, kdy došlo k poklesu hladiny vody v nádrži z důvodu bezdeštného období a vysokých teplot vzduchu. Zjištěné hodnoty N_{celk.} se ve sledovaném období pohybovaly od 2,04 do 8,64 mg/l.

Sezonní průběh těchto ukazatelů je znázorněn na obr. č. 27.



Obr. č. 26 – Grafické znázornění vývoje mikrobiologického znečištění (odběrové místo č. 1)



Obr. č. 27 – Grafické znázornění vývoje TOC, BSK₅, CHSK_{Cr}, N_{celk.} (odběrové místo č. 1)

Terénní zjištění

V průběhu sledovaného období byl v blízkosti odběrového místa č. 1 cítit silný fekální zápach. O intenzivním vtoku znečištěných odpadních vod svědčí nalezené zbytky nečistot pocházejících z domácností (vatové tyčinky, vlhčené ubrousky, toaletní papír apod.).

V druhé polovině července a v srpnu 2018 byl ve vodě zpozorován výskyt sinic (obr. č. 28).



Obr. č. 28 - Výskyt sinic v blízkosti odběrového místa č. 1 (Egerová, 2018)

Odběrové místo č. 2 – Tůň

Mikrobiologické znečištění

Hodnoty ukazatelů mikrobiologického znečištění v odběrovém místě č. 2 byly zvýšené po celé sledované období. K mírnému poklesu znečištění došlo v průběhu léta (červenec a srpen), tedy v bezdeštném období. Zjištěné hodnoty intestinálních enterokoků se pohybovaly v rozmezí 85-170 KTJ/ml, koliformních bakterií v rozmezí 1500-2400 KTJ/100 ml a *Escherichia coli* v rozmezí 290-2400 KTJ/100 ml. Sezónní průběh těchto ukazatelů mikrobiologického znečištění je znázorněn na obr. č. 29.

Organické znečištění a živiny

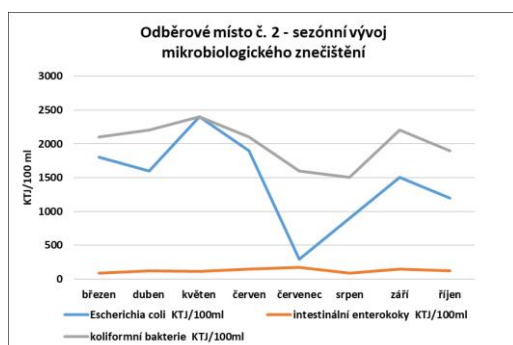
Hodnoty TOC v odběrovém místě č. 2 vykazují setrvale nízké hodnoty. Jediný výkyv byl zaznamenán v červenci, kdy zjištěná hodnota 8 mg/l byla nejvyšší ve sledovaném období. Naopak nejnižší hodnota 3,9 mg/l byla zjištěna v červnu.

Podobně i ukazatel BSK₅ vykazoval stabilní hodnoty, k jedinému výkyvu došlo v září. Rozmezí hodnot se pohybovalo od 1,71 až 3,85 mg/l.

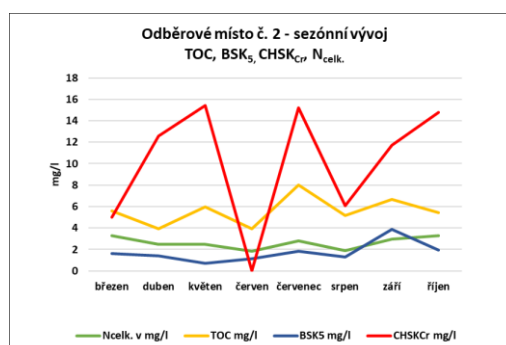
Hodnoty CHSK_{Cr} byly rozkolísané. V výkyvům docházelo v průběhu celého sledovaného období. Nejnižší hodnota byla zjištěna v červnu (hodnota <5 mg/l), naopak nejvyšší hodnoty byly zaznamenány v květnu a v srpnu (15,4 mg/l).

Hodnoty N_{celk.} vykazovaly stabilní úroveň. Lehce zvýšené byly na počátku a na konci sledovaného období, kdy hodnoty dosahovaly 3,29 mg/l. Nejnižší hodnota byla zjištěna v srpnu, a to 1,89 mg/l.

Sezónní průběh ukazatelů organického znečištění a živin je znázorněn na obr. č. 30.



Obr. č. 29 – Grafické znázornění vývoje mikrobiologického znečištění (odběrové místo č. 2)



Obr. č. 30 – Grafické znázornění vývoje TOC, BSK₅, CHSK_{Cr}, N_{celk.} (odběrové místo č. 2)

Terénní zjištění

V průběhu monitoringu nebylo zjištěno významné znečištění vody splašky ani nebyl zaznamenán výskyt sinic. V blízkosti odběrového místa bylo přítomno antropogenní znečištění odpady (plastové lahve, obaly). Voda zde je bez zápachu.

Odběrové místo č. 3 – Nové vody odtok

Mikrobiologické znečištění

Hodnoty ukazatelů mikrobiologického znečištění na odtoku z nádrže Nové vody jsou nižší, než hodnoty na předchozích dvou odběrových místech. Mikrobiologické znečištění je nízké, k drobnému výkyvu došlo v červenci u koliformních bakterií. Toto zvýšení bylo jednorázové a pouze u tohoto ukazatele. Sezónní průběh ukazatelů mikrobiologického znečištění je znázorněn na obr. č. 31 a 32.

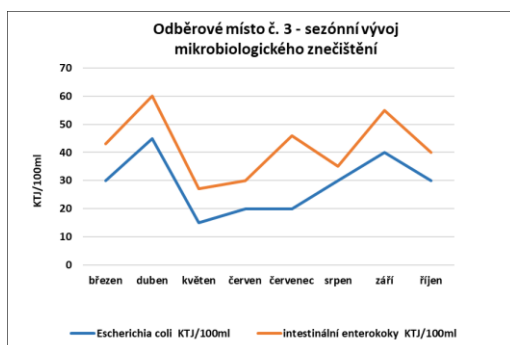
Organické znečištění a živiny

Hodnoty TOC byly lehce zvýšené, docházelo k pravidelným výkyvům v průběhu období. Nejvyšší zaznamenaná hodnota v květnu činila 9,05 mg/l, naopak nejnižší hodnota byla zjištěna v březnu, a to 4,59 mg/l.

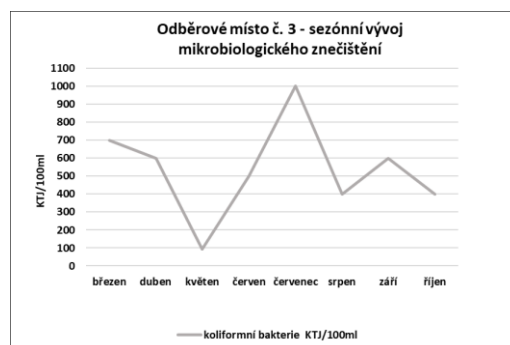
Nejvyšší hodnoty BSK₅ bylo dosaženo v říjnu. K výkyvům docházelo i v průběhu sledovaného období (v květnu a v srpnu), přesto však ukazatel BSK₅ vykazoval spíše nižší hodnoty. Stejný průběh měl i ukazatel CHSK_{Cr}.

Hodnoty ukazatele N_{celk.} vykazovaly stabilní průběh bez výkyvů. Zjištěné hodnoty se pohybovaly v rozmezí od 0,70 do 2,89 mg/l.

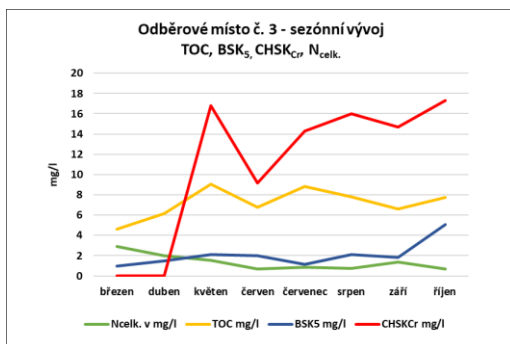
Sezónní průběh ukazatelů organického znečištění a živin je znázorněn na obr. č. 33.



Obr. č. 31 – Grafické znázornění vývoje ukazatelů *Escherichia coli* a intestinální enterokoky (odběrové místo č. 3)



Obr. č. 32 – Grafické znázornění vývoje ukazatele koliformní bakterie (odběrové místo č. 3)



Obr. č. 33 – Grafické znázornění vývoje TOC, BSK₅, CHSK_{Cr}, N_{celk.} (odběrové místo č. 3)

Terénní zjištění

V průběhu monitoringu nebylo v této části vodní nádrže přítomné znečištění odpadky, ani nebyl zaznamenán výskyt sinic. Voda je bez zápachu, jen s mírným zákalem. Voda odtéká kanálem do další části VD Hamr – nádrže Šedák. V průběhu roku 2018 došlo k velkému poklesu hladiny ve vodní nádrži Nové vody vzhledem k velmi teplému a srážkově chudému létu.

Odběrové místo č. 4 – Šedák

Mikrobiologické znečištění

Hodnoty všech sledovaných ukazatelů mikrobiologického znečištění jsou nízké. V červenci došlo k výkyvu hodnot koliformních bakterií, avšak tento výkyv neznamenal zásadní zhoršení kvality vody z pohledu mikrobiologického znečištění. Sezónní průběh ukazatelů mikrobiologického znečištění je znázorněn na obr. č. 34 a č. 35.

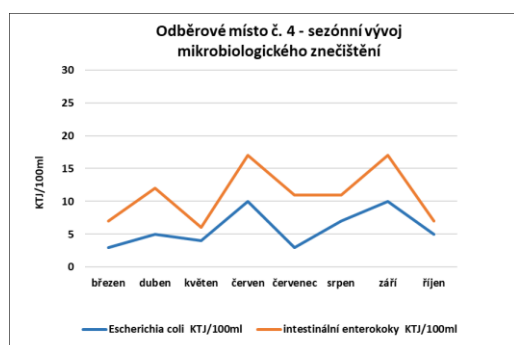
Organické znečištění a živiny

Hodnoty ukazatele TOC mají trvale rostoucí tendenci a svého maxima dosáhly na konci sledovaného období. Na počátku sledování byla zjištěna nejnižší hodnota 4,47 mg/l a na konci sledování byla hodnota již 10,15 mg/l.

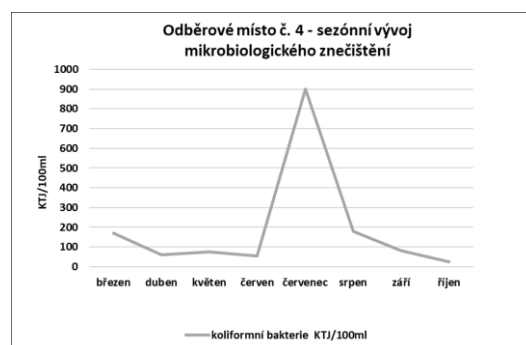
Stejný vývoj byl zjištěn i u ukazatelů BSK₅ a CHSK_{Cr}. I u těchto ukazatelů byly zjištěny nejnižší hodnoty na počátku sledovaného období. Dále pak docházelo k postupnému růstu hodnot.

Ukazatel znečištění živinami N_{celk.} vykazuje stabilně nízké hodnoty po celé sledované období. Zjištěné hodnoty se pohybovaly v rozmezí od 0,56 do 2,77 mg/l.

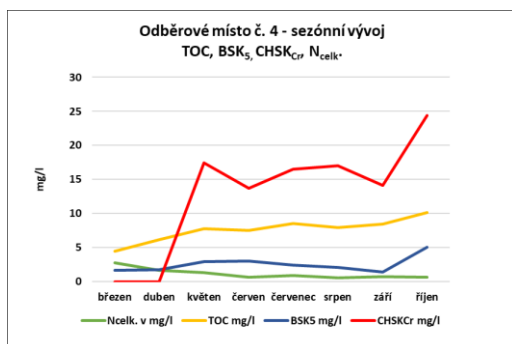
Sezónní průběh ukazatelů organického znečištění a živin je znázorněn na obr. č. 36.



Obr. č. 34 – Grafické znázornění vývoje ukazatelů *Escherichia coli* a *intestinální enterokoky* (odběrové místo č. 4)



Obr. č. 35 – Grafické znázornění vývoje ukazatele koliformní bakterie (odběrové místo č. 4)



Obr. č. 36 – Grafické znázornění vývoje TOC, BSK₅, CHSK_{Cr}, N_{celk}. (odběrové místo č. 4)

Terénní zjištění

V odběrovém místě č. 4 nebylo v průběhu sledovaného období zjištěno antropogenní znečištění. Bohužel v jiných částech na březích nádrže bylo zaznamenáno znečištění odpadky (plastové lahve, hadry, pneumatiky apod.). Voda v nádrži je bez zápachu. Při odběru vody do vzorkovnic nebyla voda zakalená. I u této vodní nádrže došlo k poklesu hladiny a tím i zásadnímu snížení odtoku vody.

Odběrové místo č. 5 – Rudý sever

Mikrobiologické znečištění

Hodnoty ukazatelů mikrobiologického znečištění vykazují stabilně nízké hodnoty. Ke zvýšení hodnot koliformních bakterií došlo v letních měsících, kdy byla zjištěna nejvyšší hodnota 1300 KTJ/100 ml. Hodnoty *Escherichia coli* a intestinálních enterokoků se pohybovaly v řádu jednotek. Sezónní průběh ukazatelů mikrobiologického znečištění je znázorněn na obr. č. 37 a 38.

Organické znečištění a živiny

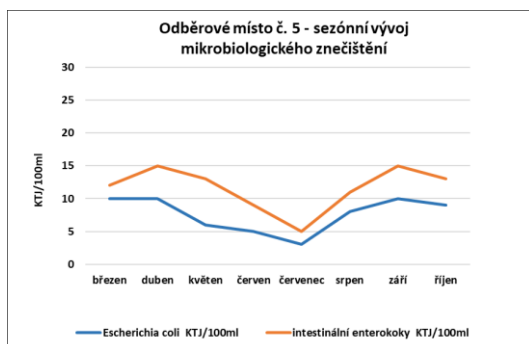
Hodnoty ukazatelů organického znečištění mají trvale vzestupnou tendenci. Svého maxima dosáhly v srpnu, kdy došlo k podstatnému zhoršení kvality vody.

Nejnižší hodnota TOC byla zjištěna v březnu (6,07 mg/l) a nejvyšší hodnota byla zjištěna v srpnu, a to 71,54 mg/l.

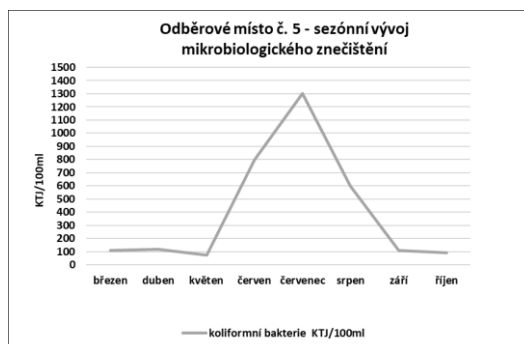
Hodnoty CHSK_{Cr} vykazovaly stejný průběh, nejnižší hodnota 9 mg/l zjištěna v březnu, nejvyšší hodnota 163 mg/l zjištěna v srpnu.

Hodnoty BSK₅ se pohybovaly v rozmezí 2,25 mg/l až 4,64 mg/l a hodnoty N_{celk} se pohybovaly v rozmezí od 0,98 mg/l do 7,28 mg/l a jejich nárůst během letních měsíců nebyl tak razantní.

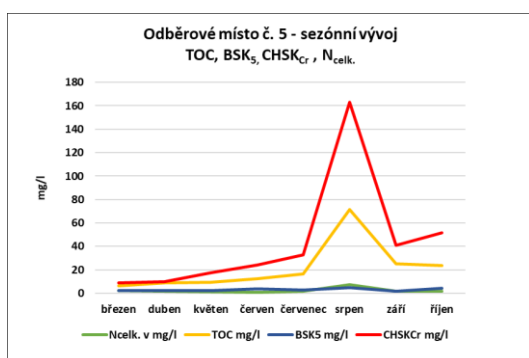
Sezónní průběh ukazatelů organického znečištění a živin je znázorněn na obr. č. 39.



Obr. č. 37 – Grafické znázornění vývoje ukazatelů *Escherichia coli* a intestinální enterokoky (odběrové místo č. 5)



Obr. č. 38 – Grafické znázornění vývoje ukazatele koliformní bakterie (odběrové místo č. 5)



Obr. č. 39 – Grafické znázornění vývoje TOC, BSK₅, CHSK_{Cr}, N_{celk.} (odběrové místo č. 5)

Terénní zjištění

Voda ve vodní nádrži Rudý sever v blízkosti odběrového místa je bez viditelného antropogenního znečištění. Na březích nádrže je přítomné antropogenní znečištění (odpadky, plastové lahve). Voda má slabý fekální zápach. V červenci a v srpnu byl ve vodě zaznamenán slabý výskyt sinic.

Odběrové místo č. 6 – Bílý potok – nad přítokem

Mikrobiologické znečištění

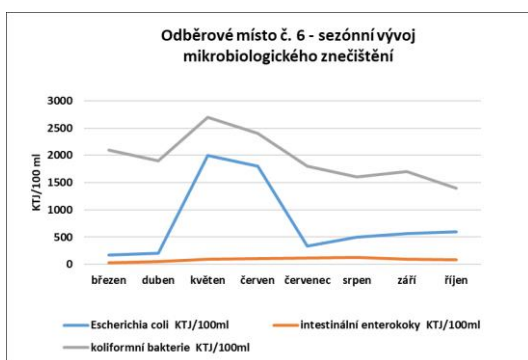
Hodnoty ukazatelů mikrobiologického znečištění jsou zvýšené. Zejména koliformní bakterie se ve sledovaném období pohybovaly od 1400 do 2700 KTJ/100ml. Nejvyšších hodnot tohoto znečištění bylo dosaženo v jarních měsících a dále vykazovaly setrvalý pokles. Podobný průběh měly i hodnoty *Escherichia coli*. Hodnoty ukazatele intestinální enterokoky byly stabilně nízké v rozmezí od 34 od 130 KTJ/100 ml.

Sezónní průběh ukazatelů mikrobiologického znečištění je znázorněn na obr. č. 40.

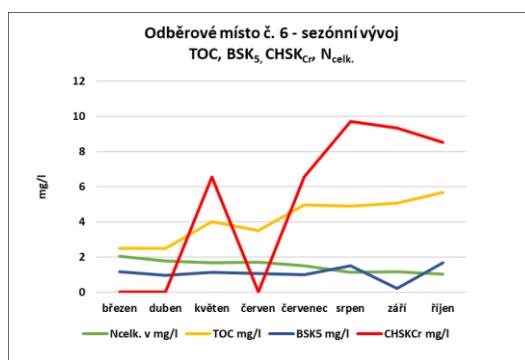
Organické znečištění a živiny

Hodnoty ukazatelů organického znečištění jsou nízké. Ukazatelé TOC a $CHSK_{Cr}$ vykazují postupný růst, přesto však nevykazují významné zhoršení kvality vody. Ukazatele BSK_5 a $N_{celk.}$ po celé období vykazovaly vyrovnané nízké hodnoty.

Sezónní průběh ukazatelů organického znečištění a živin je znázorněn na obr. č. 41.



Obr. č. 40 – Grafické znázornění vývoje mikrobiologického znečištění (odběrové místo č.6)



Obr. č. 41 – Grafické znázornění vývoje TOC, BSK_5 , $CHSK_{Cr}$, $N_{celk.}$ (odběrové místo č. 6)

Terénní zjištění

Koryto Bílého potoka v místě odběru vzorků je bez antropogenního znečištění. Voda je bez zápachu.

Odběrové místo č. 7 – Bílý potok – pod přítokem

Mikrobiologické znečištění

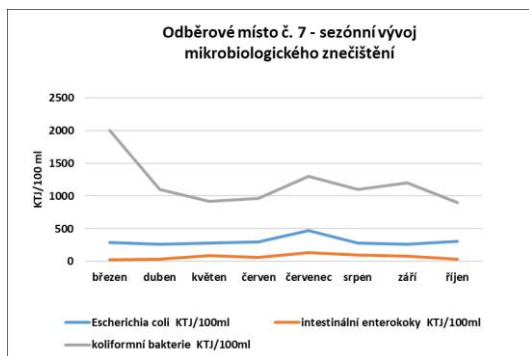
Hodnoty koliformních bakterií byly z počátku sledovaného období zvýšené (dosahovaly hodnoty 2000 KTJ/100 ml), avšak v následujících měsících vykazovaly setrvalý pokles. Hodnoty ukazatelů *Escherichia coli* a intestinální enterokoky byly stabilně nízké.

Sezónní průběh ukazatelů mikrobiologického znečištění je znázorněn na obr. č. 42.

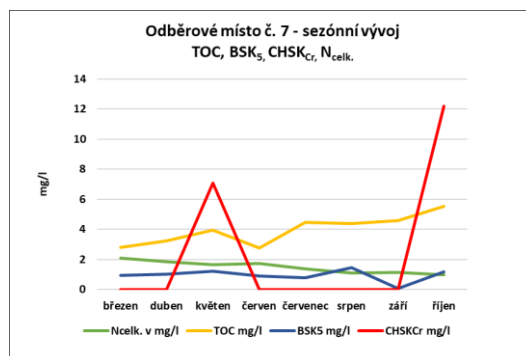
Organické znečištění a živiny

Hodnoty ukazatelů organického znečištění byly v průběhu sledovaného období stabilně nízké. Drobných výkyvů dosahoval ukazatel $CHSK_{Cr}$, a to v květnu a v říjnu, kdy byla dosažena nejvyšší hodnota 12,2 mg/l.

Sezónní průběh ukazatelů organického znečištění a živin je znázorněn na obr. č. 42 a 43.



Obr. č. 42 – Grafické znázornění vývoje mikrobiologického znečištění (odběrové místo č.7)



Obr. č. 43 – Grafické znázornění vývoje TOC, BSK₅, CHSK_{Cr}, N_{celk.} (odběrové místo č. 7)

Terénní zjištění

Koryto Bílého potoka v místě odběru je bez antropogenního znečištění. Voda je bez zápachu.

6.2 Vyhodnocení bodových zdrojů znečištění

A. Čerpací stanice odpadních vod Chudeřín u Litvínova

Ve sledovaném období byl odtok z odpadního potrubí OK 5 pozorován celkem 7x, a to ve dnech 17.1., 16.3., 7.4., 13.8., 23.9., 8.12. a 27.12. 2018. Vlastní výústní objekt je umístěn v neprostupné vegetaci. V místě rozlivu odpadních vod byly znatelné zbytky fekálního znečištění a v oblasti byl cítit intenzivní zápach. Na tomto zdroji znečištění byl pozorován odtok i ve dnech bez srážek, pravděpodobně při manipulaci se zařízením ze strany provozovatele ČSOV. Jeden z těchto odtoků, ke kterému došlo dne 28.2.2018, je zdokumentován na obr. č. 44 a 45.



Obr. č. 44 – rozliv odpadních vod směrem k vodní nádrži Nové vody po události ze dne 28.2.2018 (Egerová, 2018)



Obr. č. 45 – rozliv odpadních vod u výústního objektu po události ze dne 28.2.2018 (Egerová, 2018)

B. Odlehčovací komora č. 4

V tomto místě bylo v průběhu roku 2018 pozorováno celkem 10 událostí při nichž došlo k výtoku znečištěných odpadních vod do recipientu. Došlo k tomu ve dnech 4.1., 17.1., 16.3., 7.4., 12.6., 13.8., 21.9., 23.9., 8.12. a 27.12. 2018 vždy po silnějších deštích (obr. č. 46 a 47). V místě odtoku odpadních vod do recipientu jsou silné nánosy usazeného znečištění. Zřetelné jsou zbytky fekálního znečištění, toaletního papíru a ubrousků. Silný fekální zápach je cítit v širším okolí. Vznikají zde laguny, které vysychají delší dobu a silně zapáchají (obr. č. 49). Výskyt sinic ve vodě v blízkosti vtoku znečištění je vyobrazen na obr. č. 48.



Obr. č. 46 – Výústí objekt OK 4 po události ze dne 13.8.2018 (Egerová, 2018)



Obr. č. 47 – Výústí objekt OK 4 po události ze dne 21.9.2018 (Egerová, 2018)



Obr. č. 48 – Výskyt sinic u vtoku znečištění do nádrže (Egerová, 2018)



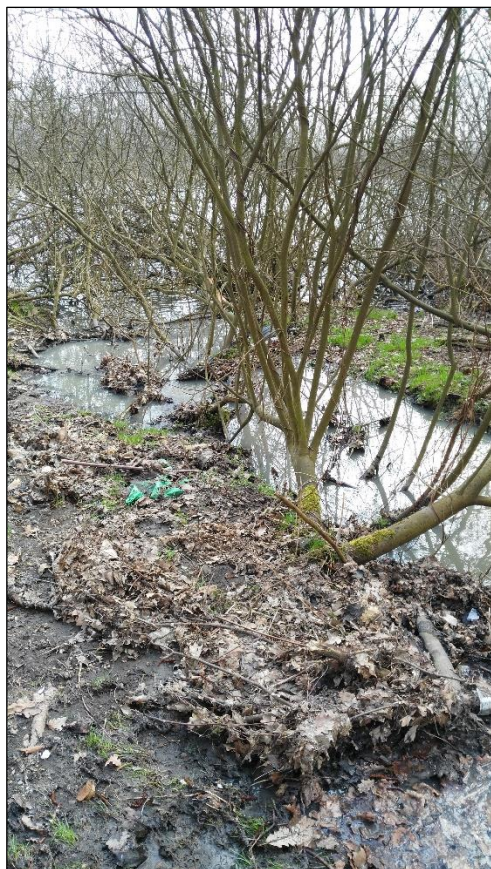
Obr. č. 49 – Usazené znečištění z odpadních vod (Egerová, 2018)

C. Čerpací stanice odpadních vod Hamr u Litvínova – hlavní

Odtok znečištěných vod v odpadní strouze byl pozorován několikrát v průběhu sledovaného období. Přímý odtok odpadních vod byl pozorován ve dnech 6., 7., 8. a 9.4.2018 (obr. č. 51), dále pak dne 13.8.2018. V ostatní dny přímý odtok zpozorován nebyl, avšak v odpadní strouze byly pozůstatky fekálního znečištění (toaletní papír apod.), které nebyly zaschlé, a to ve dnech 4.1., 17.1., 16.3., 12.6., 23.9. a 27.12.2018 (obr. č. 52). Lze tedy předpokládat, že k odtoku znečištěných vod v těchto dnech došlo. I na tomto zdroji byly zjištěny stopy znečištění v bezdeštném období a tudíž lze předpokládat, že k občasnému odtoku znečištěné vody dochází např. při manipulaci či poruše na zařízení ČSOV.

V místě je cítit intenzivní fekální zápach a to i v období, kdy nebyl zjištěn výtok odpadních vod. Tento zápach se šíří i z vlastního objektu čerpací stanice.

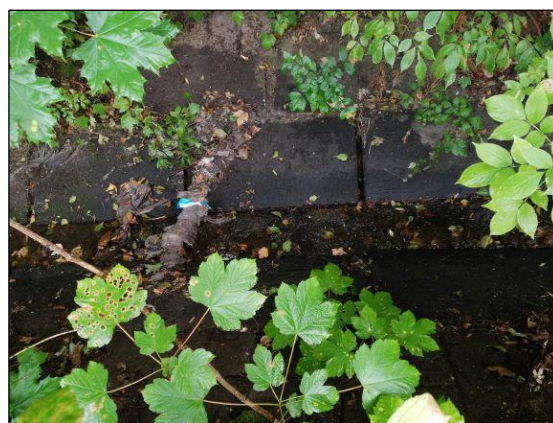
Odpadní strouha je zakončena v nádrži Rudý sever (obr. č. 50). V místě zakončení jsou stopy po rozlivu odpadních vod, zbytky fekálního znečištění i odpady.



Obr. č. 50 – Odpadní strouha – vtok do nádrže při události dne 9.4.2018 (Egerová, 2018)



Obr. č. 51 – výtok odpadních vod do strouhy (Egerová, 2018)



Obr. č. 52 – Odpadní strouha – zbytky fekálního znečištění ze dne 13.8.2018 (Egerová, 2018)

D. Odvodnění pozemků v městské části Hamr

Průtok vody v korytě byl zaznamenán v jarních měsících (březen, duben) a dále až pak mimo sledované období v únoru 2019 při tání sněhu. V místě odtoku vody jsou železité usazeniny oranžovo hnědé barvy.

E. Odvodnění pozemků v městské části Chudeřín

V odvodňovacím korytě byl zaznamenán mírný průtok vody na začátku sledovaného období (březen, duben). Mimo tyto měsíce bylo koryto pouze vlhké na samém dně.

F. Jímka dešťových vod

Byl zaznamenán jen velmi slabý výtok vody na začátku a na konci sledovaného období.

G. Zaústění kanalizace z areálu vodních staveb

Výtok odpadních vod z této kanalizační roury nebyl zaznamenán. Dno roury bylo po celé sledované období suché.

7. Diskuse

7.1 Kvalita vody ve vodních nádržích

Území rekreační zóny Nové Záluží kumuluje ihned několik antropogenních vlivů v podobě znečištění pocházejícího z odlehčení místní kanalizační sítě či odvodnění pozemků v okolí. I přesto, že rok 2018 byl velmi teplý a srážkově chudý, bylo v průběhu monitorovaného období pozorováno několik událostí, při kterých došlo k odlehčení kanalizace do vodních nádrží.

Ve sledovaném období docházelo ke značným rozdílům v hodnotách ukazatelů mikrobiologického znečištění (intestinální enterokoky a koliformní bakterie). Zaznamenány byly výkyvy především u odběrových míst č. 1 a č. 2, ke kterým docházelo po deštích a zaznamenaném vtoku znečištění. Podstatně nižší hodnoty byly zjištěny v odběrovém místě č. 3, což odpovídá postupnému snižování hodnot znečištění ve směru proudění vody.

Zajímavé je zjištění zvýšených hodnot ukazatelů mikrobiologického znečištění v odběrovém místě č. 2 Tůň - přítok. Dle dostupných výkresů městské kanalizace v Litvínově vyplývá, že do Zálužského potoka není zaústěn žádný zdroj znečištění pocházející z odlehčovací komory či jiného podobného zařízení, přesto však jsou hodnoty mikrobiologického znečištění podobné hodnotám odběrového místa č. 1.

Při hodnocení mikrobiologického znečištění vody je nutné věnovat pozornost poměru mezi *Escherichia coli* a intestinálními enterokoky. Přítomnost vyššího počtu intestinálních enterokoků značí fekální znečištění živočišného původu, způsobeného např. hnojením kejdou, chlévskou mrvou, ale i výskytem vodního ptactva místě odběru. Naopak vyšší znečištění bakterií *Escherichia coli* indikuje znečištění humánního původu. Toto znečištění může být způsobeno splaškovými vodami, ale také i velkým množstvím koupajících se osob, např. v průběhu letní koupací sezóny (Fewtrell a Bartram, 2001).

Poměr *Escherichia coli* a intestinálních enterokoků na odběrovém místě č. 1 za sledované období činí 13:1 a na odběrovém místě č. 2 činí tento poměr dokonce 16:1. Fewtrell a Bartram (2001) uvádějí poměr *Escherichia coli* a intestinálních enterokoků ve výši 1:2 jako prokazatelný pro výskyt mikrobiologického znečištění živočišného původu. Sledované vodní nádrže však nejsou obyvateli využívány ke koupání. I tato skutečnost tedy prokazuje, že mikrobiologické znečištění ve vodních nádržích je způsobeno znečištěnými vodami z komunální oblasti.

Při porovnání zjištěných hodnot znečištění na odběrovém místě č. 1 a č. 2 a hodnot na odběrovém místě č. 3 lze pozorovat snížení znečištění vlivem samočisticí schopnosti vody. Zároveň tato zjištění potvrzují, že vtokem znečištěných odpadních vod pocházejících z bodových zdrojů znečištění A a B, dochází ke zhoršení kvality vody v nádrži.

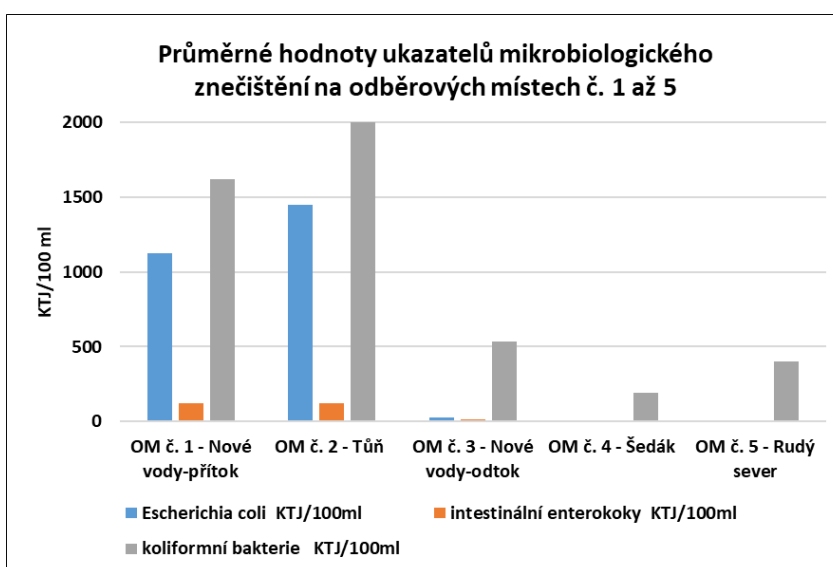
Na odběrovém místě č. 4 bylo zjištěno nízké mikrobiologické znečištění, což opět potvrzuje původní předpoklady, jelikož do nádrže nenatéká žádné znečištění pocházející z kanalizační sítě.

Hodnoty zjištěné na odběrovém místě č. 5 jsou oproti předpokladu jen mírně zvýšené, a to i v dubnu, kdy došlo ke čtyřdennímu odtoku znečištěných vod z výústního objektu ČSOV Hamr – hlavní. Místo vtoku znečištění do nádrže je na protilehlém břehu od odběrového místa, a i přesto, že voda v nádrži protéká směrem od zdroje znečištění k odběrovému místu, nejsou zjištěné hodnoty významně zvýšené.

Z pohledu mikrobiologického znečištění je do III. třídy kvality vody dle ČSN 75 7221 zařazena voda v nádržích Nové vody a Tůň. Ostatní odběrová místa byla zařazena do I. třídy kvality vody. Průměrné hodnoty mikrobiologického znečištění na odběrových místech č. 1 až 5 jsou uvedeny v tabulce č. 9. Grafické znázornění postupného snižování hodnot znečištění je zobrazeno na obr. č. 53.

Odběrové místo	Escherichia coli KTJ/100ml	intestinální enterokoky KTJ/100ml	koliformní bakterie KTJ/100ml
OM č. 1 - Nové vody-přítok	1123	123	1619
OM č. 2 - Tůň	1449	124	2000
OM č. 3 - Nové vody-odtok	29	13	537
OM č. 4 - Šedák	6	5	193
OM č. 5 - Rudý sever	8	4	401

Tabulka č. 9 – Průměrné hodnoty ukazatelů mikrobiologického znečištění na odběrových místech č. 1 až 5



Obr. č. 53 – Grafické znázornění průměrných hodnot ukazatelů mikrobiologického znečištění (odběrová místa č. 1 až 5)

Z ukazatelů organického znečištění byly k podrobnému zhodnocení vybrány TOC, BSK₅, CHSK_{Cr} a N_{celk}.

Nejvyšší hodnoty TOC byly zjištěny na odběrovém místě č. 1, kde byly hodnoty trvale zvýšené, odpovídající III. až V. třídě kvality vody dle ČSN 75 7221 po celé sledované období. Hodnoty na odběrovém místě č. 2 byly již podstatně nižší a vyrovnané. K postupnému nárůstu hodnot došlo na odběrových místech č. 3 a č. 4, kde se již hodnoty dostaly na úroveň odpovídající III. třídě kvality vody. Výrazné zhoršení kvality vody z pohledu ukazatele TOC bylo zaznamenáno na odběrovém místě č. 5, kde byly zjištěny hodnoty odpovídající opět až V. třídě kvality vody.

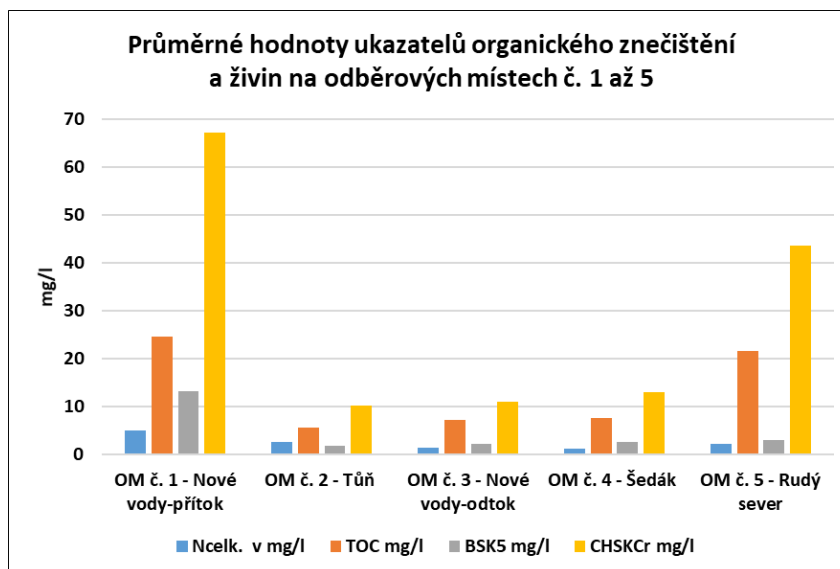
Z pohledu ukazatele BSK₅ byla opět nejhůře hodnocena kvalita vody na odběrovém místě č. 1 zařazením do V. třídy kvality vody. Kvalita vody na odběrovém místě č. 2 vycházela z pohledu BSK₅ nejlépe (II. třída) a na odběrových místech č. 3, 4 a 5 byly zaznamenány hodnoty odpovídající III. třídě kvality vody. Stejný průběh hodnot vykazoval i u ukazatel CHSK_{Cr}, včetně zařazení do příslušných tříd kvality vody, s výjimkou odběrového místa č. 4, kde hodnoty CHSK_{Cr} odpovídaly II. třídě kvality vody.

Hodnota N_{celk.} byla nejvyšší na odběrovém místě č. 1, kde koncentrace odpovídaly hodnotám pro III. třídu kvality vody. Na ostatních odběrových místech byly zaznamenány hodnoty pro I. či II. třídu kvality vody, s výjimkou jedenkrát zaznamenané hodnoty odpovídající III. třídě kvality vody na odběrovém místě č. 5.

Porovnáme-li postupný vývoj průměrných koncentrací organických látek a živin ve vodních nádržích, dojdeme k závěru, že ve směru proudění vody dochází k postupnému snižování koncentrací a tím i postupnému zvyšování kvality vody. K jejich opětovnému zhoršení až na kategorii vody velmi silně znečištěné dochází ve vodní nádrži Rudý sever (odběrové místo č. 5). Průměrné hodnoty koncentrací sledovaných ukazatelů jsou uvedeny v tabulce č. 10 a jejich grafické znázornění na obr. č. 54.

Odběrové místo	N _{celk.} v mg/l	TOC mg/l	BSK ₅ mg/l	CHSK _{Cr} mg/l
OM č. 1 - Nové vody-přítok	5	25	13	67
OM č. 2 - Tůň	3	6	2	10
OM č. 3 - Nové vody-odtok	1	7	2	11
OM č. 4 - Šedák	1	8	3	13
OM č. 5 - Rudý sever	2	22	3	44

Tabulka č. 10 – Průměrné hodnoty ukazatelů organického znečištění a živin na odběrových místech č. 1 až 5



Obr. č. 54 – Grafické znázornění průměrných hodnot ukazatelů organického znečištění a živin (odběrová místa č. 1 až 5)

Zařazení do příslušných tříd kvality vody dle ČSN 75 7221 a vyhodnocení dodržení NEK dle NV č. 401/2015 Sb. na všech odběrových místech je uvedeno v kapitole 7.3.

7.2 Kvalita vody v Bílém potoce

Bílý potok protéká intravilánem města Litvínova. Tok je silně ovlivněn provedenými technickými úpravami koryta, které mají zajistit rychlý odvod vody z přívalových dešťů či jarního tání sněhu mimo zastavěné území města. Část koryta je zatrubněna, podstatná část koryta v městské zástavbě je napřímena, dno i břehy potoka jsou vyrovnány kamenivem případně vybetonovány. Tyto úpravy negativně ovlivňují ekologický stav toku a vodní režim. Na negativní dopady provedených úprav upozorňuje Just (2003) a jako příklad uvádí snížení biodiverzity, ovlivnění průtoku vody a zrychlení proudění vody. Souhrn těchto negativních dopadů vede k ovlivnění malého koloběhu vody.

Kvalita vody na odběrovém místě v Bílém potoce nad přítokem je z pohledu mikrobiologického znečištění zhoršena a odpovídá III. třídě kvality vody dle ČSN 75 7221 a do této třídy byla zařazena jen na základě zjištěných hodnot ukazatele koliformní bakterie. Ukazatel intestinální enterokoky vykazoval nízké hodnoty. Odběrové místo Bílý potok pod přítokem bylo zařazeno do I. třídy kvality vody.

Hodnoty ukazatelů organického znečištění a živin jsou trvale vyrovnané a nízké a pro všechny ukazatele splňují hodnoty I. třídy kvality vody.

Hodnoty všech sledovaných ukazatelů jsou lehce zvýšené na odběrovém místě č. 6, tj. nad přítokem odpadního koryta z nádrže Rudý sever. Lze tedy konstatovat, že voda vtékající z tohoto odpadního koryta kvalitu vody v Bílém potoce neovlivňuje. Vlivem proudění vody, a taktéž i neopevňovanému dnu a břehům odpadního koryta,

dochází k výraznému zvýšení kvality vody až na hodnoty odpovídající I. třídě kvality vody.

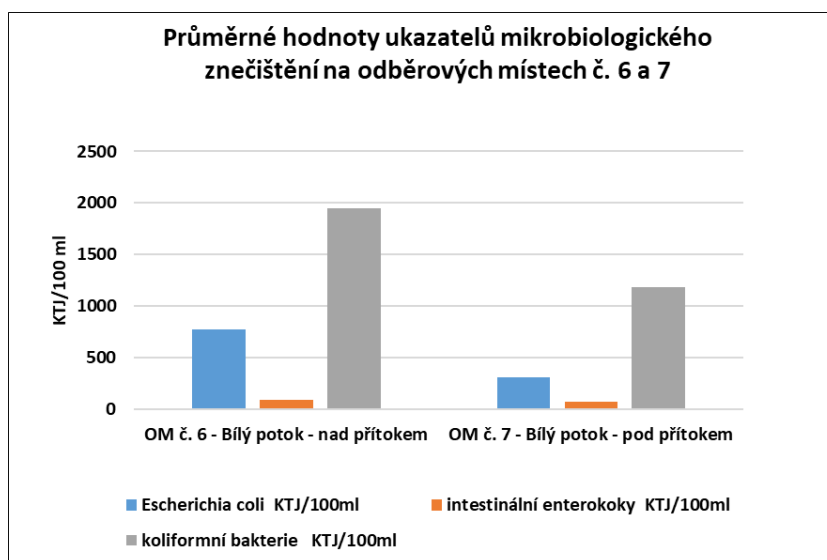
Průměrné hodnoty koncentrací sledovaných ukazatelů jsou uvedeny v tabulkách č. 11 a 12 a jejich grafické znázornění na obr. č. 55 a 56.

Odběrové místo	Escherichia coli KTJ/100ml	intestinální enterokoky KTJ/100ml	koliformní bakterie KTJ/100ml
OM č. 6 - Bílý potok - nad přítokem	771	89	1950
OM č. 7 - Bílý potok - pod přítokem	306	69	1185

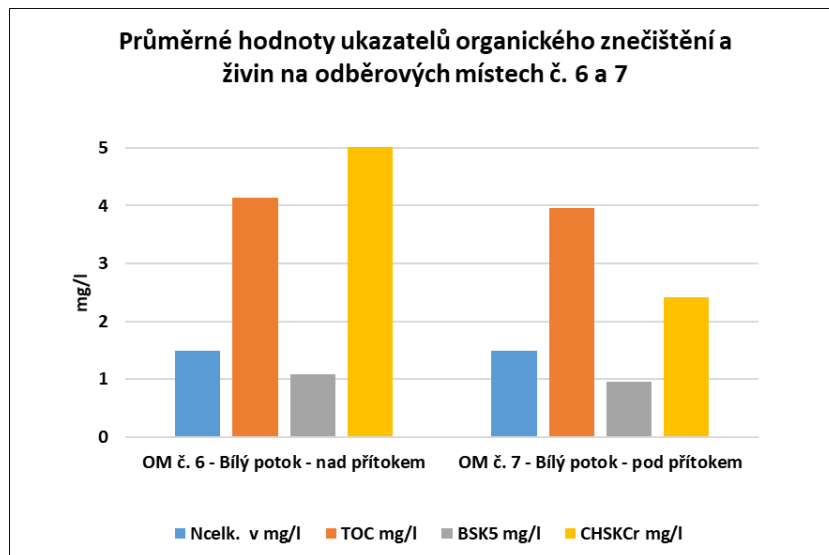
Tabulka č. 11 – Průměrné hodnoty ukazatelů mikrobiologického znečištění na odběrových místech č. 6 a 7

Odběrové místo	N _{celk.} v mg/l	TOC mg/l	BSK ₅ mg/l	CHSK _{Cr} mg/l
OM č. 6 - Bílý potok - nad přítokem	1	4	1	5
OM č. 7 - Bílý potok - pod přítokem	1	4	1	2

Tabulka č. 12 – Průměrné hodnoty ukazatelů organického znečištění a živin na odběrových místech č. 6 a 7



Obr. č. 55 – Grafické znázornění průměrných hodnot mikrobiologického znečištění (odběrová místa č. 6 a 7)



Obr. č. 56 – Grafické znázornění průměrných hodnot organického znečištění a živin (odběrová místa č. 6 a 7)

Bílý potok je přítokem řeky Bíliny, která, i přes značné zlepšení, stále patří mezi nejvíce znečištěné vodní toky na území České republiky. V letech 2015-2016 byl proveden monitoring kvality vody v řece Bílině a jejích přítocích. Tento monitoring provedl podnik Povodí Ohře, s.p. a na základě získaných dat byla vypracována zpráva udávající stávající rizika a navrhovaná opatření vedoucí ke zvýšení kvality vody. Hodnoty ukazatelů BSK₅, N-NH₄⁺, TP naznačují znečištění splaškovými vodami. Jako původce tohoto znečištění byly označeny obce do 2000 EO, které se nacházejí v povodí Bílého potoka, a také splaškové vody pocházející z odlehčení kanalizace na území města Litvínova (Sušienková, 2017).

Porovnáme-li hodnoty ukazatelů kvality vody zjištěné na odběrových místech č. 6 a č. 7 s hodnotami zjištěnými při monitoringu Povodí Ohře, s.p. na soutoku Bílého potoka a řeky Bíliny, lze konstatovat následující:

- znečištění vstupující do vodních nádrží v zájmovém území nemá vliv na kvalitu vody v Bílém potoce
- kvalitu vody v Bílém potoce ovlivňuje znečištění vstupující do toku v zastavěném území města Litvínova (zejména odlehčení kanalizace) a dále znečištění pocházejících z obcí do 2000 EO v povodí Bílého potoka
- kvalita vody v Bílém potoce na soutoku s Bílinou je zásadně negativně ovlivněna průtokem areálem chemických závodů Unipetrol RPA, konkrétně pak provozem Petrochemie

Rozdíly v kvalitě vody v Bílém potoce na jednotlivých odběrových místech jsou graficky znázorněny v tabulce č. 13.

Odběrové místo	Obecné, fyzikální a chemické ukazatele	Mikrobiologické ukazatele
OM č. 6 - Bílý potok - nad přítokem	I. třída kvality	III. třída kvality koliformní bakterie
OM č. 7 - Bílý potok - pod přítokem	I. třída kvality	I. třída kvality
Bílý potok - soutok s vodním tokem Bílina (monitoring Povodí Ohře, s.p.)	III. třída kvality BSK ₅ , N-NH ₄ ⁺ , TP	IV. třída kvality Enterokoky

Tabulka č. 13 – Zařazení do tříd kvality vody dle ČSN 75 7221 – Bílý potok

Zařazení do příslušných tříd kvality vody dle ČSN 75 7221 a vyhodnocení dodržení NEK dle NV č. 401/2015 Sb. na všech odběrových místech je uvedeno v kapitole 7.3

7.3 Souhrnné vyhodnocení kvality vody

Výsledné vyhodnocení kvality vody ve vodních nádržích a v Bílém potoce vychází ze shrnutí zjištěných výsledků jednotlivých hodnocených ukazatelů kvality vody dle normy ČSN 75 7221 a NV č. 401/2015 Sb.

Ukazatele mikrobiologického znečištění vykazují hodnoty odpovídající III. třídě kvality vody na odběrových místech č. 1 Nové vody přítok, č. 3 Tůň a č. 6 Bílý potok – nad přítokem. Na ostatních odběrových místech je mikrobiologické znečištění nízké a odpovídá hodnotám pro I. třídu kvality vody.

V podmínkách České republiky jsou hlavním zdrojem mikrobiologického znečištění povrchových vod zdroje komunálního původu. Zdroje ze zemědělství nejsou tak významné a k jejich růstu dochází v letním období v souvislosti s vyššími srážkovými úhrny. V zemědělských oblastech převažuje znečištění enterokoky. V případě komunálních zdrojů převažuje znečištění fekálními koliformními bakteriemi. Hodnoty ukazatelů mikrobiologického znečištění jsou závislé především na množství a intenzitě srážek a množství splachů z půdy (Šajer a kol., 2011).

Výskyt mikrobiologického znečištění se zvyšuje po intenzivních nebo déletrvajících deštích (např. 10 dnů). Na redukci mikrobiologického znečištění mají vliv tvar koryta a rychlost proudění vody (Grünwaldová, 2010). Směrnice Evropského parlamentu a Rady 2006/7/ES o řízení jakosti vod ke koupání uvádí pojem „krátkodobé znečištění“, kterým je myšlena krátkodobá kontaminace vody, která má jasné příčiny. Zároveň se předpokládá, že neovlivní jakost vody ke koupání po dobu delší než cca 72 hodin od prvního ovlivnění jakosti.

Z provedeného monitoringu a vyhodnocení ukazatelů mikrobiologického znečištění převládají fekální koliformní bakterie. Lze tedy konstatovat, že toto znečištění pochází ze znečištěných komunálních vod, které se do vodních nádrží dostávají z městské kanalizační sítě, případně jiných zdrojů (žumpy, septiky, trativody apod.).

Zjištěné hodnoty ukazatelů organického znečištění na odběrových místech č. 1 Nové vody přítok a odběrovém místě č. 5 Rudý sever zapříčinily zařazení do V. třídy kvality vody. Voda v této třídě kvality je extrémně ovlivněna lidskou činností a její stav neumožňuje existenci původního přirozeného ekosystému. Výsledkem vstupu různých znečišťujících látek z urbanizovaného, ale i z přírodního, prostředí a hromadění těchto látek ve vodním prostředí, je takto silně negativně ovlivněná kvalita vody (Broža, 2015).

Na odběrových místech č. 3 Nové vody odtok a č. 4 Šedák zjištěné hodnoty ukazatelů organického znečištění zařazují vodu do III. třídy kvality. Takto znečištěná voda je silně ovlivněna lidskou činností a nemusí vytvářet podmínky pro existenci bohatého, vyváženého a udržitelného ekosystému.

Voda na obou odběrových místech v Bílém potoce vykazuje velmi nízké hodnoty znečištění, které odpovídají I. třídě kvality vody. Takto hodnocená voda téměř nebyla ovlivněna lidskou činností a ukazatele kvality vody nepřesahují hodnoty odpovídající běžnému přirozenému pozadí ve vodních tocích.

Zařazení jednotlivých ukazatelů kvality vody na odběrových místech do tříd kvality vody dle ČSN 75 7221 dle nejvyšší zjištěné hodnoty je znázorněno v tabulce č. 14.

Odběrové místo	Vybrané ukazatele kvality vody					
	intestinální enterokoky	koliformní bakterie	N _{celk.}	TOC	BSK ₅	CHSK _{Cr}
OM č. 1 - Nové vody-přítok	I.	III.	III.	V.	V.	V.
OM č. 2 - Tůň	I.	III.	II.	II.	II.	II.
OM č. 3 - Nové vody-odtok	I.	I.	II.	II.	III.	II.
OM č. 4 - Šedák	I.	I.	II.	II.	III.	II.
OM č. 5 - Rudý sever	I.	I.	III.	V.	III.	V.
OM č. 6 - Bílý potok - nad přítokem	I.	III.	I.	I.	I.	I.
OM č. 7 - Bílý potok - pod přítokem	I.	I.	I.	I.	I.	I.

Tabulka č. 14 - Zařazení do tříd kvality vody dle ČSN 75 7221 na jednotlivých odběrových místech

Vybrané ukazatele kvality vody byly posouzeny s ohledem na dodržení NEK dle NV č. 401/2015 Sb. K překročení norem došlo na odběrovém místě č. 1, a to u ukazatelů TOC, BSK₅ a CHSK_{Cr} a na odběrovém místě č. 5 u ukazatelů TOC a CHSK_{Cr}.

V tabulce č. 15 jsou vyznačeny ukazatele, u nich došlo k překročení NEK.

Odběrové místo	Vybrané ukazatele kvality vody (průměrná hodnota)						
	Escherichia coli	intestinální enterokoky	koliformní bakterie	N _{celk}	TOC	BSK ₅	CHSK _{Cr}
OM č. 1 - Nové vody-přítok	1123	123	1618	5,01	24,59	13,21	67,26
OM č. 2 - Tůň	1449	123	2000	2,63	5,59	1,72	10,1
OM č. 3 - Nové vody-odtok	29	13	400	1,35	7,19	2,09	11,03
OM č. 4 - Šedák	6	5	193	1,15	4,62	2,54	12,89
OM č. 5 - Rudý sever	8	4	400	2,23	21,65	2,92	43,56
OM č. 6 - Bílý potok - nad přítokem	771	89	1950	1,5	4,14	1,09	5,09
OM č. 7 - Bílý potok - pod přítokem	306	69	1185	1,49	3,69	0,95	2,41

Tab. č. 15 – překročení vybraných ukazatelů norem environmentální kvality dle NV č. 401/2015 Sb.

Z obou provedených vyhodnocení tedy vyplývá, že zaústění odlehčovacích komor a výtok znečištěných vod zásadně ovlivňují kvalitu vody ve vodních nádržích. Zaznamenaná intenzita vtoku znečištěných vod zapříčinila zhoršení kvality vody až na úroveň odpovídající velmi silně znečištěné vodě.

Při porovnání hodnot znečištění ve směru průtoku vody v nádržích lze konstatovat, že dochází k výraznému snížení ukazatelů znečištění. Tuto skutečnost lze přičíst zachované samočisticí schopnosti vody a bezesporu také bohaté pobřežní vegetaci vzrostlých stromů a keřových porostů jejichž kořeny zasahují do nádrže a přispívají tak k čištění vody. V zájmovém území dochází při vyšším vodním stavu ke značnému rozlivu vody do okolní vegetace a tvoří se tak volné rozhraní mezi terestrickým a akvatickým prostředím. Toto prostředí disponuje značným retenčním potenciálem a delší doba zdržení vody umožňuje lepší využití organických látek, čímž dochází k intenzifikaci samočisticího procesu (Krejčí a kol. 2002).

Pro získání komplexního hodnocení prostředí VD Hamr, vodní nádrže Rudý sever a Bílého potoka by bylo vhodné stávající monitoring doplnit vyhodnocením biologických složek – makrozoobentosu a fytobentosu. Tyto údaje by umožnily další hlubší prozkoumání a zhodnocení ekologického potenciálu nádrží.

8. Závěr a přínos práce

V průběhu roku 2018 byl proveden monitoring intenzity výtoku znečištěných vod z výústních objektů zařízení kanalizační sítě v Litvínově. Při pravidelných pochůzkách v zájmovém území byly zaznamenány výskyty událostí, při nichž došlo k výtoku znečištěných vod do vodních nádrží. V pravidelných měsíčních intervalech byly odebírány vzorky vody z vodních nádrží v rekreační zóně Nové Záluží a z Bílého potoka, které byly podrobeny podrobnému chemickému a mikrobiologickému rozboru.

Úkolem práce bylo zjistit, zda znečištění, které vstupuje do vodních nádrží v zájmovém území, ovlivňuje kvalitu vody v Bílém potoce.

Během monitoringu jsem zaznamenala výkyvy v hodnotách ukazatelů znečištění, které byly způsobeny předchozím vtokem znečištěných vod do vodních nádrží a zároveň také poklesem vodní hladiny vzhledem k nízké intenzitě srážek v průběhu celého roku 2018. Po provedeném monitoringu a vyhodnocení zjištěných výsledků rozborů lze konstatovat významné ovlivnění kvality vody v nádržích vlivem vtoku znečištěných vod, a to zejména v nádržích Nové vody, Tůň a Rudý sever.

Kvalita vody dle ČSN 75 7221 na odběrových místech č. 1 Nové vody – přítok a č. 5 Rudý sever odpovídá V. třídě kvality. Na odběrových místech č. 2 Tůň, č. 3 Nové vody – odtok a č. 4 Šedák odpovídá III. třídě kvality. Kvalita vody v Bílém potoce na odběrovém místě č. 6 nad přítokem odpovídá III. třídě kvality a na odběrovém místě č. 7 pod přítokem odpovídá I. třídě kvality.

Normy environmentální kvality dle NV č. 401/2015 Sb. byly překročeny na odběrovém místě Nové vody – přítok u ukazatelů TOC, BSK₅ a CHSK_{Cr}, a na odběrovém místě Rudý sever u ukazatelů TOC a CHSK_{Cr}.

Pozitivním výsledkem provedeného monitoringu je konstatování, že vtok znečištěných vod do vodních nádrží v zájmovém území nemá zásadní negativní vliv na kvalitu vody v Bílém potoce. Bílý potok protéká zastavěným územím Litvínova a do jeho koryta je zaústěno několik výústních objektů kanalizačních zařízení. I přes toto zatížení byla při provedeném monitoringu zjištěna velmi dobrá kvalita vody v potoce. Toto hodnocení nebylo předmětem práce, ale výsledky lze jistě zařadit k pozitivním zjištěním monitoringu.

Dle dostupných informací dosud podobný rozsáhlý monitoring proveden nebyl. Získané informace tedy mohou být použity v praxi provozovateli kanalizační sítě a místními orgány ochrany přírody jako podklad pro další povolování provozu zdrojů znečištění či revizi podmínek aktuálně provozovaných zařízení kanalizační sítě.

9. Přehled literatury a použitých zdrojů

- AMBROŽOVÁ J., 2003: Aplikovaná a technická hydrobiologie. Vysoká škola chemicko-technologická v Praze, Praha
- BAUDIŠOVÁ, D. a MLEJNKOVÁ, H., 2017: Mikrobiální znečištění povrchových vod. Vodohospodářské technicko-ekonomické informace, 59 (6): 12–16.
- BROŽA V., 2015: Vodohospodářské dluhy a dluhy jiných ve vztahu k nádržím. In: Vodohospodářská konference Vodní nádrže 2015, Praha. 6.-7.10.2015, s. 36-38.
- CARPENTER S.R., CARACO N.F., CORRELL D.L., HOWARTH R.W., SHARPLEY A.N., SMITH V.H., 1998: Nonpoint pollution of surface waters with phosphorus and nitrogen. *Ecological Applications*, 8: 559-568.
- CULEK M., (ed), 1996: Biogeografické členění České republiky. Praha, Enigma, ISBN 80-85368-80-3
- DEMEK J. (ed) 1987: Hory a nížiny. Zeměpisný lexikon ČSR. Academia, Praha, 584 s.
- FEWTRELL L., BARTRAM J.,: 2001: Water quality: Guidelines, standards and health. Assessment of risk a risk management for water-related infectious disease. WHO, 431 s.
- GRÜNVALD, A. 1997: Hydrochemie, Praha, ČVUT, 214 s.
- GRÜNVALDOVÁ H. 2010: Příklady profilů vod ke koupání v zemích EU. Vodohospodářské technicko-ekonomické informace 52 (2): 3-7.
- HAUER F.R., LAMBERTI G.A., 2007: Methods in Stream Ecology. Academic Press, USA
- HARTMAN P., PŘIKRYL Z., ŠTĚDRONSKÝ E., 2005: Hydrobiologie. Informatorium, Praha: 359 s.
- HENDRYCHOVÁ M. 2007: Přírodovědný průzkum lokality Nové Záluží (Litvínov-Hamr). BOHEMIAPLAN, s.r.o. Plzeň
- JEPPESEN E. a kol., 2011: Climate change effects od nitrogen loading from cultivated catchments in Europe: Implications fot nitrogen retention, ecological state of lakes and adaptation. *Hydrobiologia* 663 (1): 1-21.
- JUST T., 2003: Revitalizace vodního prostředí. Agentura ochrany přírody a krajiny České republiky. Praha: 144 s.

- KOČÍ V. (a kol.), 2000: Eutrofizace na přelomu tisíciletí, s. 3-8. in. KOČÍ V. (ed): Eutrofizace 2000. Sborník semináře 10.10.2000. Praha: Vydavatelství VŠCHT, 58 s. ISBN: 80-7080-396-7
- KOŽÍŠEK F., 2003: Studna jako zdroj pitné vody. Státní zdravotní ústav. 2. vydání, Praha: 36 s. ISBN 80-7071-224-4
- KREJČÍ V. a kol., 2002: Odvodnění urbanizovaných území – koncepční přístup. NOEL 2000, Brno
- LANGHAMMER J., 2009: Kvalita povrchových vod a jejich ochrana. Přírodovědecká fakulta Univerzita Karlova, Praha. Online: https://web.natur.cuni.cz/~langhamr/lectures/wq/skripta/skriptaWQ_2009_web.pdf, cit. 31.8.2018
- LELLÁK J., KUBÍČEK F., 1991: Hydrobiologie. Univerzita Karlova. Praha.
- MARŠÁLKOVÁ E. a MARŠÁLEK B., 2010: Myčky nádobí jako důležitý zdroj fosforu v komunálních vodách, s. 30-32. In. MARŠÁLEK B. a kol.: Cyanobakterie 2010, 16.-17. června 2010, Brno. Průhonice: Botanický ústav AV ČR, 176 s. ISBN: 978-80-86188-33-1
- MARŠÁLEK B., MÜLLER B. (eds), 2009: Znečištění povrchových vod živinami: Příčiny, důsledky a možnosti řešení eutrofizace. Sborník konference Praha.
- MARŠÁLEK B., 2010: Nadhled nad opatřeními v povodí: prevence vnosu a recyklace fosforu, defragmentace zájmů a široká spolupráce, s. 11-13. In: Maršálek B. (a kol.): Cyanobakterie 2010, 16.-17. června 2010, Brno. Průhonice: Botanický ústav AV ČR, 176 s. ISBN: 978-80-86188-33-1
- MIKYŠKA, R. et al., 1968: Geobotanická mapa ČSSR 1. České země. Vydání 1. Praha: Academia.
- NEUHÄUSLOVÁ Z. et. al., 2001: Mapa potenciální přirozené vegetace České republiky. Praha: Academia.
- OPPELTOVÁ P., 2015: Ochrana vodních zdrojů. Brno: Mendelova univerzita v Brně, 103 s., ISBN: 978-80-7509-218-2
- PADEDDA B. M., SECHI N., LAI G. G., MARIANI M. A., PULINA S., SARRIA M., SATTI C. T., VIRDIS T., BUSCARINU P., LUGLIÉ A., 2017: Consequences of eutrophication in the management of water resources in Mediterranean reservoirs: A case study of Lake Cedrino (Sardinia, Italy). *Global Ecology and Conservation* 12: 21-35.
- PITTER P., 2015: Hydrochemie. 5. aktualizované a doplněné vydání. Praha. Vydavatelství VŠCHT Praha, 792 s. ISBN: 978-80-7509-352-3
- RODRIGUEZ E., SULTAN R., HILLIKER A., 2004: Negative Effects of Agriculture on Our Environment. *The Traprock* 3: 28-32
- RULÍK M. (a kol), 2014: Znečišťování kontinentálních vod, s. 47-121. In: ADÁMEK Z. (a kol.): Aplikovaná hydrobiologie. 2. rozšířené upravené vydání. České

Budějovice: Jihočeská univerzita v Českých Budějovicích, Fakulta rybářství a ochrany vod, 350 s. ISBN 978-80-87437-09-4

RUEDA F., MORENO-OSTOS E., ARMENGOL J.: 2006: The residence time of river water in reservoirs. *Ecological Modelling* 191 (2): 260-274

SKALICKÝ V., 1988: Regionálně fytoogeografické členění. In S. Hejný et. B. Slavík(Eds.), *Květena České socialistické republiky*. Vol. 1 - Academia, Praha.

SMITH V.H., SCHINDLER D.W., 2009: Eutrophication science: where do we go from. *Trends in Ecology & Evolution* 24 (4): 201-207.

SCHREIBER CH., RECHENBURG A., RIND E., KISTERMANN T., 2015: The impact of land use on microbial surface water pollution. *International Journal of Hygiene and Environmental Health* 218 (2): 181-187.

SYNÁČKOVÁ M., 1996: Čistota vod. Vydavatelství ČVUT, Praha, 208 s.

SYNÁČKOVÁ M., 2014: Základy vodního hospodářství. ČZU FŽP, Praha

SUŠIENKOVÁ Z., 2017: Kvalita vody v Bílině a návrhy na opatření k jejímu zlepšení, Povodí Ohře, s.p., online:
http://www.poh.cz/aktuality/files/Kvalita_vody_v_Biline_a_navrhy_k_zlepseni.pdf

ŠAJER J., SEZIMOVÁ H., TRUXOVÁ I., 2011: Chlorpyrifos v potenciálně rizikových útvarech povrchových vod. *Vodohospodářské technicko-ekonomické informace* 53 (3): 26-29

ŠEBESTOVÁ P., 2018: Odběr vzorků z vodních nádrží, řek a potoků. Vysoká škola báňská – Technická univerzita Ostrava, Hornicko-geologická fakulta, Institut environmentálního inženýrství. 10 s.

TOLAZS R., 2007: Atlas podnebí Česka. 1. vydání. Univerzita Palackého v Olomouci. ISBN: 978-80-224-1626-7

WIENS J.H., 1980: Agricultural runoff and water Pollution. *Canadian Water Resources Journal/Revue canadienne des ressources hydriques* 5 (3): 78-89.

ŽÁČEK L., 1998: Hydrochemie. 1. vydání. VUTIUM, Brno, 80 s.

Internetové a další zdroje:

Město Litvínov, 2015: Územní plán, online:

<https://www.mulitvinov.cz/uzemni-plan-mesta-litvinova-pravni-stav-po-zmene-c-12/ds-54002/p1=82148>, cit. 1.9.2018

Město Litvínov, 2016: Projekty města, Operační program životní prostředí, online:

https://www.mulitvinov.cz/vismo/zobraz_dok.asp?id_org=8604&id_ktg=53556&n=re_kreacni-plocha-nove-zaluzi&p1=82153, cit. 1.9.2018

Ministerstvo životního prostředí, 2018: Zpráva o stavu vodního hospodářství České republiky v roce 2017. Praha 2018. ISBN 978-80-7434-463-3, online:

<http://eagri.cz/public/web/mze/voda/osveta-a-publikace/publikace-a-dokumenty/modre-zpravy/index-1.html>, cit. 30.12.2018

BOHEMIAPLAN, spol. s r.o., 2009: Rekreační plocha Nové Záluží, dokumentace pro zadání stavby, „nepublikováno“. Dep. Městský úřad Litvínov

Severočeské vodovody a kanalizace, a.s., 2015: Provozní řád kanalizace Litvínov, „nepublikováno“. Dep. Severočeské vodovody a kanalizace, a.s.

VODNÍ DÍLA - TBD, a.s., 2013: Manipulační řád pro Vodní dílo Hamr, „nepublikováno“. Dep. Městský úřad Litvínov

Legislativní předpisy

Zákon č. 254/2001 Sb., o vodách a o změně některých zákonů, v platném znění

Zákon č. 274/2001 Sb., o vodovodech a kanalizacích pro veřejnou potřebu a o změně některých zákonů, v platném znění

Zákon č. 114/1992 Sb., o ochraně přírody a krajiny, v platném znění

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

Směrnice Evropského parlamentu a Rady 2000/60/ES ze dne 23. října 2000, kterou se stanoví rámec pro činnost Společenství v oblasti vodní politiky

Směrnice Evropského parlamentu a Rady 2006/7/ES ze dne 15. února 2006 o řízení jakosti vod ke koupání a o zrušení směrnice 76/160/EHS

ČSN 75 7221: Kvalita vod – Klasifikace kvality povrchových vod. Úřad pro technickou normalizaci, metrologii a státní zkušebnictví, Praha, 2017. 17s.

Seznam obrázků

- Obr. č. 1 – Zájmové území
- Obr. č. 2 – Mapa odběrových míst v zájmovém území
- Obr. č. 3 – Pohled na nádrž Nové vody z odběrového místa č. 1
- Obr. č. 4 – Zálužský potok
- Obr. č. 5 – Vodní nádrž Tůň, odběrové místo č. 2
- Obr. č. 6 – Odtokové koryto z nádrže Nové vody, odběrové místo č. 3
- Obr. č. 7 – Vodní nádrž Šedák
- Obr. č. 8 – Vodní nádrž Rudý sever
- Obr. č. 9 – Odpadní koryto do Bílého potoka
- Obr. č. 10 – Koryto Bílého potoka nad přítokem
- Obr. č. 11 – Koryto Bílého potoka pod přítokem
- Obr. č. 12 – Soutok odpadního koryta a Bílého potoka
- Obr. č. 13 – Bodové zdroje znečištění
- Obr. č. 14 – Výústní objekt OK 5, ČSOV Chudeřín u Litvínova
- Obr. č. 15 – Výústní objekt OK 5, rozliv odpadních vod
- Obr. č. 16 – Výústní objekt OK 4
- Obr. č. 17 – Zbytky znečištění z odpadních vod
- Obr. č. 18 – ČSOV Hamr u Litvínova hlavní (v pozadí, v popředí výústní objekt)
- Obr. č. 19 – Odvodní strouha
- Obr. č. 20 – Odvodňovací strouha z městské části Hamr
- Obr. č. 21 – Odvodňovací strouha z městské části Hamr – zaústění do nádrže Šedák
- Obr. č. 22 – Odvodňovací příkop z městské části Chudeřín
- Obr. č. 23 – Odvodňovací příkop z městské části Chudeřín – zaústění v blízkosti nádrže Tůň
- Obr. č. 24 – Zaústění jímky dešťových vod
- Obr. č. 25 – Zaústění kanalizace z areálu bývalých vodních staveb
- Obr. č. 26 – Grafické znázornění vývoje mikrobiologického znečištění (odběrové místo č. 1)
- Obr. č. 27 – Grafické znázornění vývoje TOC, BSK₅, CHSK_{Cr}, N_{celk.} (odběrové místo č. 1)
- Obr. č. 28 – Výskyt sinic v blízkosti odběrového místa č. 1
- Obr. č. 29 – Grafické znázornění vývoje mikrobiologického znečištění (odběrové místo č. 2)
- Obr. č. 30 – Grafické znázornění vývoje TOC, BSK₅, CHSK_{Cr}, N_{celk.} (odběrové místo č. 2)
- Obr. č. 31 – Grafické znázornění vývoje ukazatelů Escherichia coli a intestinální enterokoky (odběrové místo č. 3)
- Obr. č. 32 – Grafické znázornění vývoje ukazatele koliformní bakterie (odběrové místo č. 3)
- Obr. č. 33 – Grafické znázornění vývoje TOC, BSK₅, CHSK_{Cr}, N_{celk.} (odběrové místo č. 3)
- Obr. č. 34 – Grafické znázornění vývoje ukazatelů Escherichia coli a intestinální enterokoky (odběrové místo č. 4)
- Obr. č. 35 – Grafické znázornění vývoje ukazatele koliformní bakterie (odběrové místo č. 4)

- Obr. č. 36 – Grafické znázornění vývoje TOC, BSK₅, CHSK_{Cr}, N_{celk.} (odběrové místo č. 4)
- Obr. č. 37 – Grafické znázornění vývoje ukazatelů Escherichia coli a intestinální enterokoky (odběrové místo č. 5)
- Obr. č. 38 – Grafické znázornění vývoje ukazatele koliformní bakterie (odběrové místo č. 5)
- Obr. č. 39 – Grafické znázornění vývoje TOC, BSK₅, CHSK_{Cr}, N_{celk.} (odběrové místo č. 5)
- Obr. č. 40 – Grafické znázornění vývoje mikrobiologického znečištění (odběrové místo č. 6)
- Obr. č. 41 – Grafické znázornění vývoje TOC, BSK₅, CHSK_{Cr}, N_{celk.} (odběrové místo č. 6)
- Obr. č. 42 – Grafické znázornění vývoje mikrobiologického znečištění (odběrové místo č. 7)
- Obr. č. 43 – Grafické znázornění vývoje TOC, BSK₅, CHSK_{Cr}, N_{celk.} (odběrové místo č. 7)
- Obr. č. 44 – Rozliv odpadních vod směrem k vodní nádrži Nové vody po události ze dne 28.2.2018
- Obr. č. 45 – Rozliv odpadních vod u výústního objektu po události ze dne 28.2.2018
- Obr. č. 46 – Výústní objekt OK 4 po události ze dne 13.8.2018
- Obr. č. 47 – Výústní objekt OK 4 po události ze dne 21.9.2018
- Obr. č. 48 – Výskyt sinic u vtoku znečištění do nádrže
- Obr. č. 49 – Usazené znečištění z odpadních vod
- Obr. č. 50 – Odpadní strouha – vtok do nádrže při události dne 9.4.2018
- Obr. č. 51 – Výtok odpadních vod do strouhy
- Obr. č. 52 – Odpadní strouha – zbytky fekálního znečištění ze dne 13.8.2018
- Obr. č. 53 – Grafické znázornění průměrných hodnot ukazatelů mikrobiologického znečištění (odběrná místa č. 1 až 5)
- Obr. č. 54 – Grafické znázornění průměrných hodnot ukazatelů organického znečištění a živin (odběrová místa č. 1 až 5)
- Obr. č. 55 – Grafické znázornění průměrných hodnot mikrobiologického znečištění (odběrová místa č. 6 a 7)
- Obr. č. 56 – Grafické znázornění průměrných hodnot organického znečištění a živin (odběrová místa č. 6 a 7)

Seznam tabulek

- Tabulka č. 1 – Charakteristiky tříd kvality vody dle ČSN 75 7221
- Tabulka č. 2 – Mezní hodnoty tříd kvality vody pro vybrané ukazatele – barevné vyznačení dle ČSN 75 7221
- Tabulka č. 3 – Vybrané ukazatele a hodnoty přípustného znečištění povrchových vod dle NV č. 401/2015 Sb.
- Tabulka č. 4 – Zálužský potok – hydrologické údaje (Manipulační řád VD Hamr, 2013)
- Tabulka č. 5 – Bílý potok – hydrologické údaje (Manipulační řád VD Hamr, 2013)
- Tabulka č. 6 – Vybrané klimatické charakteristiky (Tolazs a kol, 2007)
- Tabulka č. 7 – Souřadnice odběrových míst
- Tabulka č. 8 – Souřadnice bodových zdrojů znečištění
- Tabulka č. 9 – Průměrné hodnoty ukazatelů mikrobiologického znečištění na odběrových místech č. 1 až 5
- Tabulka č. 10 – Průměrné hodnoty ukazatelů organického znečištění a živin na odběrových místech č. 1 až 5
- Tabulka č. 11 – Průměrné hodnoty ukazatelů mikrobiologického znečištění na odběrových místech č. 6 a 7
- Tabulka č. 12 – Průměrné hodnoty ukazatelů organického znečištění a živin na odběrových místech č. 6 a 7
- Tabulka č. 13 – Zařazení do tříd kvality vody dle ČSN 75 7221 – Bílý potok
- Tabulka č. 14 – Zařazení do tříd kvality vody dle ČSN 75 7221 na jednotlivých odběrových místech
- Tabulka č. 15 – Překročení vybraných ukazatelů norem environmentální kvality dle NV č. 401/2015 Sb.

10. Přílohy

- Příloha č. 1 - Výsledky chemických a mikrobiologických rozborů vzorků vody z odběrového místa č. 1 – Nové vody přítok
- Příloha č. 2 - Výsledky chemických a mikrobiologických rozborů vzorků vody z odběrového místa č. 2 – Tůň
- Příloha č. 3 - Výsledky chemických a mikrobiologických rozborů vzorků vody z odběrového místa č. 3 – Nové vody odtok
- Příloha č. 4 - Výsledky chemických a mikrobiologických rozborů vzorků vody z odběrového místa č. 4 – Šedák
- Příloha č. 5 - Výsledky chemických a mikrobiologických rozborů vzorků vody z odběrového místa č. 5 – Rudý sever
- Příloha č. 6 - Výsledky chemických a mikrobiologických rozborů vzorků vody z odběrového místa č. 6 – Bílý potok - nad přítokem
- Příloha č. 7 - Výsledky chemických a mikrobiologických rozborů vzorků vody z odběrového místa č. 7 – Bílý potok – pod přítokem
- Příloha č. 8 - Údaje o vzorcích vody zjištěné při odběru