

VYSOKÉ UČENÍ TECHNICKÉ V BRNĚ
BRNO UNIVERSITY OF TECHNOLOGY



FAKULTA STAVEBNÍ
ÚSTAV VODNÍHO HOSPODÁŘSTVÍ OBCÍ
FACULTY OF CIVIL ENGINEERING
INSTITUTE OF MUNICIPAL WATER MANAGEMENT

VLIV OBECNÍ ČISTÍRNY ODPADNÍCH VOD NA JESKYNNÍ SYSTÉM PROPADÁNÍ LOPAČE

EFFECTS OF MUNICIPAL WASTEWATER TREATMENT PLANT AT LOPAC
SINKHOLE CAVE SYSTEM

DIPLOMOVÁ PRÁCE
DIPLOMA THESIS

AUTOR PRÁCE
AUTHOR

Bc. MARTIN ONDRUŠ

VEDOUCÍ PRÁCE
SUPERVISOR

doc. Ing. JITKA MALÁ, Ph.D.

BRNO 2016



VYSOKÉ UČENÍ TECHNICKÉ V BRNĚ FAKULTA STAVEBNÍ

Studijní program	N3607 Stavební inženýrství
Typ studijního programu	Navazující magisterský studijní program s prezenční formou studia
Studijní obor	3607T027 Vodní hospodářství a vodní stavby
Pracoviště	Ústav vodního hospodářství obcí

ZADÁNÍ DIPLOMOVÉ PRÁCE

Diplomant	Bc. Martin Ondruš
Název	Vliv obecní čistírny odpadních vod na jeskynní systém propadání Lopače
Vedoucí diplomové práce	doc. Ing. Jitka Malá, Ph.D.
Datum zadání diplomové práce	31. 3. 2015
Datum odevzdání diplomové práce	15. 1. 2016
V Brně dne 31. 3. 2015	

.....
doc. Ing. Ladislav Tuhovčák, CSc.
Vedoucí ústavu

.....
prof. Ing. Rostislav Drochytka, CSc., MBA
Děkan Fakulty stavební VUT

Podklady a literatura

Pitter P. 1999. Hydrochemie.

Horáková M. 2000. Analytika vody.

Nařízení vlády 61/2003 Sb. ve znění pozdějších předpisů.

Další literatura dle vlastní literární rešerše.

Zásady pro vypracování

Literární rešerše.

Seznámení s lokalitou Moravského krasu a ČOV Ostrov u Macochy.

Půlroční monitoring - odběr vzorků vod ve 14-denních intervalech: odtok z ČOV, vodní tok Lopač před/za zaústěním odtoku z ČOV a v jeskynním systému.

Laboratorní analýza vybraných ukazatelů v odebraných vzorcích.

Popis ČOV Ostrov u Macochy na základě projektové dokumentace a vlastního průzkumu.

Vyhodnocení:

- kvality odtoku z ČOV;

- vlivu odtoku z ČOV na kvalitu vody v recipientu.

Struktura bakalářské/diplomové práce

VŠKP vypracujte a rozčleňte podle dále uvedené struktury:

1. Textová část VŠKP zpracovaná podle Směrnice rektora "Úprava, odevzdávání, zveřejňování a uchovávání vysokoškolských kvalifikačních prací" a Směrnice děkana "Úprava, odevzdávání, zveřejňování a uchovávání vysokoškolských kvalifikačních prací na FAST VUT" (povinná součást VŠKP).
2. Přílohy textové části VŠKP zpracované podle Směrnice rektora "Úprava, odevzdávání, zveřejňování a uchovávání vysokoškolských kvalifikačních prací" a Směrnice děkana "Úprava, odevzdávání, zveřejňování a uchovávání vysokoškolských kvalifikačních prací na FAST VUT" (nepovinná součást VŠKP v případě, že přílohy nejsou součástí textové části VŠKP, ale textovou část doplňují).

.....
doc. Ing. Jitka Malá, Ph.D.
Vedoucí diplomové práce

ABSTRAKT

Cílem práce bylo posouzení vlivu odtoku z čistírny odpadních vod na krasový tok. Studie byla provedena v severní části CHKO Moravský kras a posuzuje vliv ČOV Ostrov u Macochy na jeskynní systém Lopačské propadání. V rámci práce byl proveden půlroční monitoring, který spočíval v odběru vzorků vody vždy jednou za čtrnáct dní. Celkově bylo provedeno 13 odběrů ze 7 odběrných míst. V místě odběru bylo vždy provedeno měření průtoku, teploty, konduktivity, koncentrace kyslíku a hodnota pH. V odebraných vzorcích vody byl následně stanoven obsah nerozpuštěných látek, CHSK_{Cr} , BSK_5 , N-NH_4 , N-NO_2 , N-NO_3 , N_{Kj} a P_{celk} . Z naměřených hodnot byla zjištěna změna parametrů na jednotlivých odběrných místech v čase a dále po délce toku. Hodnoty odtoků z ČOV byly porovnány s emisními standardy pro vypouštění do povrchových vod a parametry vodních toků byly porovnány s normami environmentální kvality. Dle zjištěných výsledků není prokázáno negativní ovlivnění vodního toku sledovanou ČOV. Největšími problémy jsou:

- jednotná kanalizace, zrealizovaná po výstavbě ČOV Ostrov u Macochy, která je dimenzovaná na splaškovou kanalizaci
- vysoké koncentrace celkového fosforu na odtoku z ČOV
- špatná kvalita toku již před zaústěním odtoku z ČOV

KLÍČOVÁ SLOVA

kras, vodní tok, znečištění, čistírna odpadních vod

ABSTRACT

The aim of this thesis is to assess the impact of water outflow from wastewater treatment plant on karst rivers. The study was done in the northern area of Moravský kras protected landscape, where the impact of WWTP Ostrov u Macochy on a cave system Lopačské propadání was studied. As a part of this study a half-year monitoring was carried out, which consisted of water sampling every two weeks. In total, 13 water samples were taken from 7 sampling points. Moreover, flow rate, temperature, conductivity, oxygen concentration and pH were measured at the sampling point. Afterwards, the content of undissolved solids, COD, BOD, N-NH₄⁺, N-NO₂⁻, N-NO₃⁻, N_{Ki} and total phosphorus were determined in the samples. The change of parameters in time on the sampling points and further along the flow of the river was evaluated from the measured values. The outflow values from waste water treatment plants were compared with the emission limits for surface waters and the values of river water parameters were compared with the environmental quality standards. It wasn't proven that the outflow from the observed waste water treatment plant is negatively influencing the water stream. The most serious problems are:

- The WWTP was designed for treatment of sewage from Ostrov u Macochy, which involved separate sanitary and storm sewers. After finishing the WWTP, a uniform sewer was built.
- High concentration of total phosphorus on the outflow from WWTP.
- Poor quality of Lopač brook water already before the outflow vent from WWTP.

KEYWORDS

karst, river, pollution, waste water treatment plant

BIBLIOGRAFICKÁ CITACE VŠKP

Bc. Martin Ondruš *Vliv obecní čistírny odpadních vod na jeskynní systém propadání Lopače*. Brno, 2016. 66 s. Diplomová práce. Vysoké učení technické v Brně, Fakulta stavební, Ústav vodního hospodářství obcí. Vedoucí práce doc. Ing. Jitka Malá, Ph.D.

PROHLÁŠENÍ

Prohlašuji, že jsem diplomovou práci zpracoval samostatně a že jsem uvedl všechny použité informační zdroje.

V Brně dne 11.1.2016

.....
podpis autora

Bc. Martin Ondruš

PODĚKOVÁNÍ

Na tomto místě bych rád poděkoval doc. Ing. Jitce Malé, Ph.D., za zprostředkování tohoto výzkumu, za odborné vedení při zpracování práce. Dále děkuji Ing. Evě Gruberové, za spolupráci při odběrech vzorků vod a seznámení s oblastí Moravského krasu. Poděkování si zaslouží i další pracovníci Správy CHKO Moravský kras a Vodárenské akciové společnosti, a. s., kteří mi vždy a s ochotou vycházeli vstříc. V neposlední řadě děkuji Zdeňce Letzingerové, za uvedení do správného provádění chemických analýz.

OBSAH

1	ÚVOD	11
2	VLASTNOSTI A SLOŽENÍ PŘÍRODNÍ VODY	12
2.1	Teplota	12
2.2	Konduktivita.....	12
2.3	Kyslík	12
2.4	Hodnota pH	13
3	ODPADNÍ VODY	14
3.1	Druhy odpadních vod	14
3.2	Splaškové odpadní vody	14
3.2.1	Složení a vlastnosti splaškových odpadních vod.....	16
3.2.2	Anorganické a organické látky ve splaškových odpadních vodách	17
4	POPIS ZÁJMOVÉ OBLASTI ODBĚRŮ	20
4.1	Kras.....	21
4.2	Moravský kras.....	22
4.2.1	Charakteristika	22
4.2.2	Klimatické poměry.....	22
4.2.3	Hydrologie.....	23
4.3	Zdroj znečištění.....	23
4.4	Významné lokality	24
4.4.1	Národní přírodní rezervace Vývěry Punky.....	24
4.4.2	Přírodní rezervace Balcarova skála – Vintoky	24
5	METODIKA ODBĚRŮ A ZPRACOVÁNÍ VZORKŮ	25
5.1	Odběrná místa.....	25
5.2	Metodika odběrů.....	27
5.3	Prováděné analýzy	27
6	POPIS SLEDOVANÉ ČOV	28
6.1	Základní údaje o ČOV.....	28
6.2	Předepsané parametry na odtoku.....	28
6.3	Popis napojené kanalizace.....	29
6.4	Technický popis zařízení ČOV	29

6.4.1	Hrubé předčištění	29
6.4.2	Odlehčovací objekty, obtoky.....	30
6.4.3	Čerpací stanice	30
6.4.4	Biologická část ČOV.....	30
6.5	Kalové hospodářství.....	32
7	VÝSLEDKY A DISKUZE	34
7.1	Jakost povrchové vody (Lopačský potok).....	34
7.2	Změny jakosti vody na odběrných místech potoku Lopač v čase	35
7.3	Změny jakosti vody na sledovaném úseku potoku Lopač	36
7.4	Vyhodnocení kvality odtoku a účinnosti ČOV Ostrov u Macochy	38
7.5	Srovnání odtoků z ČOV Jedovnice, ČOV Rudice se sledovanou ČOV Ostrov u Macochy.....	40
7.6	Vliv odtoku z ČOV Ostrov u Macochy na kvalitu vody v recipientu	41
7.7	Bilance vybraného úseku toku	42
7.8	Možnosti zlepšení jakosti vody v potoce Lopač	43
8	ZÁVĚR.....	45
	POUŽITÉ ZDROJE	46
	SEZNAM TABULEK	48
	SEZNAM OBRÁZKŮ.....	49
	SEZNAM SYMBOLŮ A ZKRATEK	50
	SEZNAM PŘÍLOH	51
	PŘÍLOHY.....	54
	SUMMARY	51

1 ÚVOD

Krasové oblasti jsou většinou složeny z karbonátových hornin, které doplňují krasové jevy ať už povrchové nebo podzemní. Krasové jevy, mezi něž patří jeskyně, propasti, propady, skalní věže a další jsou velmi turisticky atraktivní. Jsou také ohniskem zájmu několika vědních oborů a je tedy na místě snažit se tyto oblasti chránit a neměnit jejich přírodní charakter. Typicky krasové toky většinou do krasu přitékají z okolních nekrasových povodí a následně se propadají do jeskynních systémů.

Cílem diplomové práce bylo vyhodnotit vliv vypouštěné odpadní vody sledované ČOV Ostrov u Macochy do potoka Lopač, který se následně propadá do podzemní jeskyně. Sledovaná oblast spadá pod CHKO Moravský kras. V případě nepříznivého vlivu může být ohrožena flora či živočichové objevující se v jeskyních. Tudiž obecným důvodem tohoto zkoumání je především zjistit zda odtok z ČOV vyhovuje, jaký by měl případný negativní vliv nevyhovující odtok na jeskynní systém, co je jeho příčinou a případně doporučit opatření pro zlepšení stavu toku. Práce zahrnuje půlroční monitoring toku Lopač, odtoku z ČOV Ostrov u Macochy a změn probíhajících při průtoku potoka jeskyní. Získané výsledky byly následně porovnávány s hodnotami uváděnými vyhláškou č. 23/2011 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.

2 VLASTNOSTI A SLOŽENÍ PŘÍRODNÍ VODY

Vody lze rozlišovat dle výskytu na atmosférické, povrchové a podzemní. Složkami přírodní vody jsou vždy rozpuštěné plyny, organické látky i anorganické nerozpuštěné a rozpuštěné látky. Přírodní vody mohou být „obohaceny“ různými způsoby, mezi kterými patří např. obohacení průtokem horninovým prostředím či půdou nebo vlivem lidského přičinění, jako jsou odpadní vody či kyselá dešť. Podzemní vody jsou charakteristické obsahem především vápníku, sodíku, hořčíku a hydrogenuhličitanů a nízkým obsahem kyslíku. Složkami povrchové vody jsou např. dusičnany, amoniakální dusík, draslík. Složení povrchových vod se po délce mění (dlouhodobé, krátkodobé změny). [1]

2.1 Teplota

Teplota patří mezi nejdůležitější organoleptické ukazatele. V případě podzemních vod může být teplota v rozmezí 0-100 °C a nezávisí na ročním období. Teplota povrchových vod kolísá v průběhu roku a je důležitá například pro posouzení kyslíkových poměrů, rychlosti rozkladu organických látek. Biochemické pochody při teplotách po 5 °C probíhají jen zvolna, naopak při zvyšující se teplotě se procesy výrazně zvyšují. Příčinou vysokých teplot vody dochází k nedostatku kyslíku. [1]

2.2 Konduktivita

U přírodních a užitkových vod, s velmi nízkou koncentrací organických látek, je mírou obsahu anorganických elektrolytů (aniontů a kationtů). Je to míra koncentrace ionizovatelných anorganických a organických součástí vody. Na hodnotu konduktivity má velký vliv především koncentrace iontů, jejich nábojové číslo a pohyblivost, teplota, jejíž změna o 1°C zapříčiní změnu konduktivity nejméně o 2%. U běžných povrchových a prostých podzemních vod se obvykle konduktivita pohybuje mezi 50 a 500 $\mu\text{S}\cdot\text{cm}^{-1}$. [1]

2.3 Kyslík

Zdrojem kyslíku rozpuštěného v přírodních vodách je atmosférický vzduch (difúze), fotosyntetická činnost řas, sinic nebo ponořených cévnatých rostlin (část kyslíku spotřebován respirací). Na spotřebě kyslíku se podílejí živočichové, nezelené mikroorganismy a některé chemické pochody, což zapříčiňuje proměnlivost rozpuštěného kyslíku ve vodách. Rozpustnost kyslíku ve vodě závisí na barometrickém tlaku, salinitě, hloubce a hladině (styčná plocha a její povrch), koncentraci rozpuštěných látek a především teplotě, kdy s rostoucí teplotou rozpustnost klesá. Podzemní vody jsou na kyslík poměrně chudé, protože kyslík je při průchodu vody půdou spotřebováván chemickými a biochemickými pochody. U povrchových vod koncentrace kyslíku kolísá v závislosti na druhu (nádrž, jezero x tok), dle organického znečištění (biochemické reakce). Kyslík je ve vodách důležitý k samočištění vody v tocích díky aerobním procesům a také pro život ryb. V případě deficitu začnou ve vodě probíhat anaerobní procesy, kdy dochází k redukci dusičnanů, síranů a organických látek za vzniku sulfanu a methanu. Obvyklá koncentrace se v létě pohybuje okolo 6-8 $\text{mg}\cdot\text{l}^{-1}$. [1]

2.4 Hodnota pH

Měření hodnoty pH se provádí prakticky u všech druhů vod a má často klíčový význam pro další posuzování vlastností analyzované vody. Jeho hodnota společně s oxidačně-redukčním potenciálem významně ovlivňuje chemické a biochemické procesy ve vodách. V čistých přírodních vodách (povrchových a prostých podzemních) je hodnota pH dána uhličitánovou rovnováhou a to v rozmezí od 4,5 do 9,5. Tyto hodnoty mohou ovlivňovat huminové látky nebo kationty jako Al nebo Fe, které podléhají hydrolyze. Povrchové vody (kromě rašelinišť a acidifikovaných vod nádrží nebo jezer, které mají pH nižší) mívají hodnotu pH cca. 6 – 8,5. Vyšší pH, určující alkalickou oblast, bývá způsobeno fotosyntetickou asimilací zelených organismů, kteří čerpají volný oxid uhličitý. [1]

3 ODPADNÍ VODY

Odpadní vodu definujeme jako vodu, jejíž kvalita (složení, teplota,...) byla **zhoršená lidskou činností**, a to buď v obytných, průmyslových, zemědělských, zdravotnických a jiných stavbách, zařízeních nebo dopravních prostředcích a může ohrozit jakost povrchových nebo podzemních vod (např. odtoky srážkových vod, pokud byly po spadnutí znečištěny). Bez ohledu na jakost jsou jako odpadní vody brány i průsakové vody z odkališť nebo ze skládek odpadu. [3]

3.1 Druhy odpadních vod

Odpadní vody dále ještě rozdělujeme podle způsobu jejich vzniku. S tím souvisí i to, jaké znečišťující látky obsahují.

Rozlišujeme především tři hlavní skupiny odpadních vod:

- **splaškovou vodu:** Jde o vodu z domácností, hygienických zařízení, objektů společného stravování, ubytování apod.
- **městskou vodu:** Jedná se o směs splašků a průmyslových odpadních vod, popř. dešťové vody a jiné (z čištění ulic a veřejných prostranství) odváděné veřejnou kanalizací.
- **průmyslovou vodu:** Vzniká v průmyslových továrnách a dalších výrobnách. Podle odvětví průmyslu se odvíjí druh i míra znečištění. Kromě vody použité ve výrobě odvádějí průmyslové podniky i odpadní vodu sloužící na chlazení zařízení. Tyto vody jsou znečištěné jen tepelně.

Podskupinu tvoří odpadní vody ze zemědělství a chovu zvířat. [1]

3.2 Splaškové odpadní vody

Splaškové odpadní vody mají obvykle šedou nebo šedohnědou barvu a jsou silně zakalené. Čerstvé splašky nemají příliš intenzivní zápach, avšak za několik hodin, když se vyčerpá rozpuštěný kyslík a začnou probíhat anaerobní biologické pochody, začíná odpadní voda intenzivně tmavnout a silně zapáchat

Teplota závisí na ročním období, v zimě 8~12°C, v létě asi 20°C. Se vzrůstající teplotou klesá množství rozpuštěného kyslíku.

Reakce splaškových vod bývá slabě zásaditá, pH obvykle bývá 6,5-8,5. [2]

Hodnota $KNK_{4,5}$ se pohybuje obvykle v jednotkách mmol/l, nejčastěji v rozmezí 2 mmol/l až 8 mmol/l.

Předpokládá se, že specifická potřeba vody na obyvatele je shodná s množstvím odpadních vod připadajícím na jednoho obyvatele. Průměrná specifická denní potřeba vody (v litrech na 1 obyvatele za 1 den) v poměrech ČR se obvykle orientačně počítá, v závislosti na vybavenosti bytů, takto:

150 litrů pro byt s výtokem vody, WC, koupelnou a centrální přípravou teplé vody;

125 litrů pro byt s výtokem vody, WC, koupelnou a lokální přípravou teplé vody;

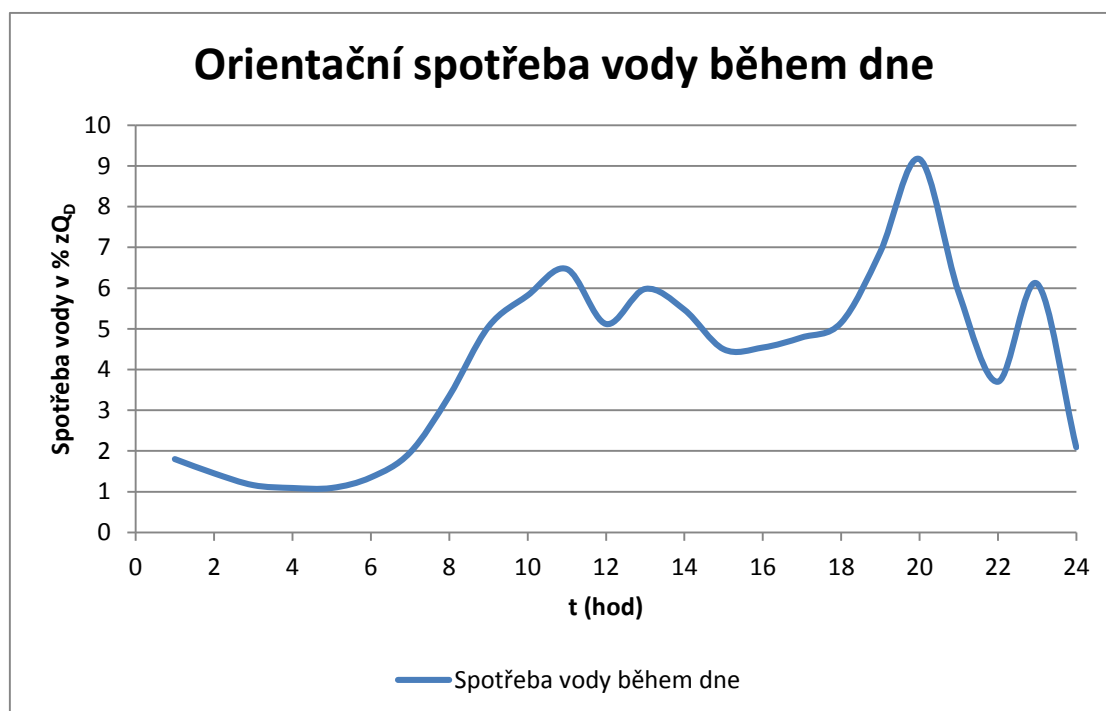
85 litrů pro byt s výtokem vody, WC, bez koupelny;

44 litrů pro byt v domech pouze s výtoky.

Uvedené hodnoty se týkají splaškových vod. Průměrná specifická denní potřeba vody se může měnit v důsledku šetření při odběrech pitné vody a zavedením reálných cen vodného a stočného. Od počátku devadesátých let minulého století dochází k poklesu specifické potřeby vody v domácnostech. Počátkem tohoto století se průměrná spotřeba vody pohybovala okolo 110 litrů na 1 obyvatele na 1 den. V porovnání splaškových odpadních vod z domácností s městskými odpadními vodami, které jsou vlivem značných podílů průmyslových odpadních vod vyšší, může specifická potřeba vody přesahovat i 300 litrů na 1 obyvatele za den, tedy až 3x více.

Množství odpadních vod kolísá během dne, týdne i roku. Kolísání průtoku je nejmenší ve velkých městech, v malých obcích je naopak značné. Maxima i minima závisejí na režimu dne. Ve středoevropských poměrech se hlavního maxima dosahuje obvykle v poledních hodinách. Někdy lze pozorovat ještě druhé maximum ve večerních hodinách jako na obr. 3.1.

[1]



Obr. 3.1 Graf potřeby vody během dne [4]

3.2.1 Složení a vlastnosti splaškových odpadních vod

Při projektování čistíren odpadních vod se v ČR obvykle vychází z produkce specifického znečištění v gramech za den na 1 obyvatele. Obvykle se předpokládá produkce znečištění 60 g BSK₅ na 1 obyvatele za 1 den. Orientační hodnoty složení splaškových vod jsou zobrazeny v tab. 3.1.

Stejně jako množství kolísá i složení odpadních vod během dne i týdne. Čím je sídliště menší, tím jsou změny v průběhu 24 h větší (kolísání se obvykle pohybuje v rozmezí asi od 50 % do 200 % průměrné hodnoty). Maximum průtoku je téměř shodné s maximum znečištění a závisí na režimu dne obyvatelstva. Vzhledem k těmto časovým změnám je nutno údaje o složení odpadních vod posuzovat vždy v souvislosti s podmínkami, za kterých byly analytické výsledky získány. Velkou váhu nese i fakt, jestli je vzorek odpadní vody surový, odsazený nebo filtrovaný. Srovnávat lze jen rozbory odpadních vod, které vycházejí ze vzorků odebraných a upravených za stejných podmínek. [1]

Tab. 3.1 Orientační složení splaškových vod [2]

Ukazatel	Rozmezí hodnot	Jednotky
Hodnota pH	6,5 ~ 8.5	[-]
Nerozpuštěné látky	200 ~ 700	mg/l
• z toho usaditelné	73	%
• z toho neusaditelné	27	%
Rozpuštěné látky	600 ~ 800	mg/l
BSK ₅ s potlačením nitrifikace	100 ~ 400	mg/l
CHSK – Cr	250 ~ 800	mg/l
TOC (DOC)	asi 250	mg/l
N _{celk}	30 ~ 70	mg/l
N-NH ₄	20 ~ 45	mg/l
P _{celk}	5 ~ 15	mg/l
Poměr BSK ₅ : CHSK _{Cr}	0,5	[-]

Látky obsažené ve vodách je možno rozdělit podle ovlivnění fyzikálně-chemických vlastností vody do následujících skupin a tříd.

Rozpuštěné látky

- I. Třída – látky přítomné v množstvích větších než 5 mg/l: sodík, vápník, hořčík, křemík, hydrogenuhličitany, chloridy, sírany, organické látky.
- II. Třída – látky v množstvích větších než 0,1 mg/l: draslík, železo, bór, fluoridy, amoniakální dusík, dusičnany.

- III. Třída – látky v množstvích větších než 0,01 mg/l: hliník, mangan, měď, zinek, olovo, arsen, baryum, bromidy, fosforečnany.
- IV. Třída – látky přítomné ve stopových množstvích, menších než 0,01 mg/l: kadmium, chróm, kobalt, nikl, rtuť, kyanidy.
- V. Třída – přechodné složky vznikající ve vodním prostředí při narušení rovnováhy: biologické cykly (oběh uhlíku, kyslíku, dusíku, síry), radionuklidy.

Nerozpuštěné látky

- I. Třída – látky neusaditelné, usaditelné a vzplývavé.
- II. Třída – mikroorganismy (řas, bakterie, houby, viry).

[2]

3.2.2 Anorganické a organické látky ve splaškových odpadních vodách

Složení pitné a užitkové vody pro domácnosti a hygienická zařízení ovlivňuje základní anorganické složení splaškových vod. Tyto látky pochází především z moče, fekálií, kuchyňských odpadků, pracích a čisticích prostředků a ze znečištění ulic a veřejných prostranství. Přírůstek anorganických rozpuštěných látek se pohybuje v řádech stovek mg/l. Jedná se především o látky, které mají původ v pitné vodě, jako chloridy, sírany, vápník, hořčík, sodík a draslík a dále fosforečnany a anorganický dusík, vznikající vlivem biologického rozkladu organických dusíkatých látek (především močoviny). Některé látky (P_{celk} , N_{KJ}), o kterých se budu zmiňovat, souvisejí s měřením, jež provádím v laboratořích.

Sloučeniny fosforu

Ve splaškových vodách se fosfor vyskytuje jako organicky i anorganicky vázaný a obvykle se stanovuje jako celkový fosfor. Především z pracích a čisticích prostředků pochází anorganický fosfor v podobě polyfosforečnanů, které vlivem vyšších teplot (např. při praní) podléhají hydrolyze, a tak jsou v odpadních vodách přítomny jako orthofosforečnany. Produkce člověka se v této době udává obvykle okolo 1,6 g za den a je převážně fekálního původu. Díky vývoji pracích a čisticích prostředků se v nich snižuje obsah fosforu. Např. v šedesátých letech bylo využívání polyfosforečnanů jako aktivační přísady značné. Dnes jsou již fosforečnanové prostředky nahrazovány a to má za příčinu snižování koncentrací ve splaškových vodách.

Sloučeniny dusíku

Hlavními dusíkatými látkami obsaženými v čerstvých splaškových vodách jsou amoniakální dusík (převažuje), močovina a volné a vázané aminokyseliny. Oxidované formy (dusitany a dusičnany) jsou zastoupeny jen v malé míře. Obsah dusíku ve splaškových vodách odpovídá obvykle produkci 12 g na obyvatele za 1 den. Je třeba zmínit také tzv. Kjeldahlův dusík, jenž vyjadřuje součet koncentrace organického a amoniakálního dusíku.

Sacharidy a další organické bezdusíkaté látky

Jsou kvantitativně nejvíce zastoupené organické sloučeniny v kapalně fázi splaškových vod. Sacharidy mohou tvořit až 50 % organického uhlíku. Polysacharidy (celulosa, hemicelulosa, škrob atd.) byly identifikovány v tuhé fázi splaškových vod.

Lipidy

Látky nepatrně rozpustné ve vodě a rozpustné v organických rozpouštědlech, hydrofobního charakteru. Mezi nejznámější lipidy patří vosky, steroidy, tuky a fosfolipidy (včetně mýdel). Produkce na obyvatele za den se pohybuje okolo 15 g. Ve splašcích obvykle 20-200 mg/l extrahovatelných látek (při běžné analýze se lipidy stanovují sumárně jako extrahovatelné látky). Lipidy jsou lehce odbouratelné biologicky a jsou přítomné jako:

- volné – plovoucí,
- adsorbované – odstraňovány spolu s volnými lipidy v mechanickém stupni ČOV,
- emulgované – v rozpuštěných látkách jedna z dominantních složek, neusaditelné, tvoří 55 až 60 % všech lipidů.

[1]

Tenzidy

Jsou běžnou součástí splaškových vod. V odpadních vodách jsou obsaženy v kapalně i tuhé fázi, díky skvělým sorpčním vlastnostem. Z hlediska chemického máme tenzidy kationtové (nejsilnější sorpce), aniontové a neiontové.

Dříve byly koncentrace tenzidů pravidelně sledovány. Důvodem byl vysoký obsah biologicky nerozložitelných tenzidů např. v pracích nebo čisticích prostředcích. Později se začaly aplikovat biologicky rozložitelné typy tenzidů a dnes již nepatří mezi pravidelně sledované ukazatele.

Koncentrace aniontových tenzidů ve splaškových vodách se pohybuje okolo 5 mg/l výjimečně 10 mg/l. O koncentracích neiontových tenzidů, jež se začínají vyskytovat častěji než aniontové, zatím chybí dostatek spolehlivých údajů. Problémem je nalezení vhodné analytické metody použitelné v běžné praxi.

BSK, CHSK

BSK je údaj, který se používá především při analýze povrchových, odpadních vod apod. Kvantitativně vyjadřuje množství kyslíku, které je třeba k úplné oxidaci biologicky odbouratelných látek obsažených ve zkoumané vodě za aerobních podmínek. Stanovení BSK₅ se přednostně používá při analýze splaškových vod. Existují také stanovení BSK₂₀ nebo BSK₇ (Skandinávie).

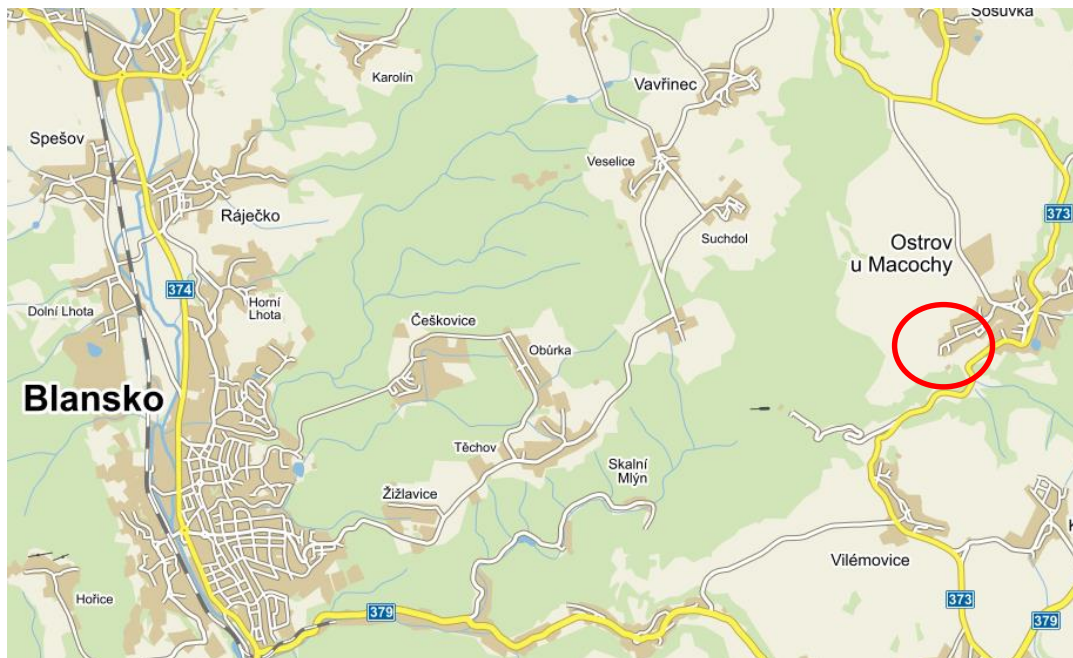
CHSK vyjadřuje množství oxidačního činidla, které se za určitých podmínek spotřebuje při oxidaci organických látek. Dle množství oxidačního se určuje množství organických látek. Výsledky se přepočítávají na kyslíkové ekvivalenty a udávají se v mg/l (mg kyslíku odpovídající podle stechiometrie spotřebě oxidačního činidla na 1 litr vody). Oxidačním činidlem je u splaškových vod zásadně používán dichroman draselný. Druh použitého činidla se píše za značku CHSK. V případě použití dichromanu draselného se značí $CHSK_{Cr}$.

Spolu s BSK_5 je CHSK základním parametrem při posuzování organického znečištění splaškových vod. Možnost srovnání těchto dvou hodnot je umožněna tím, že je CHSK vyjádřena v kyslíkových ekvivalentech. Poměr $BSK_5:CHSK_{Cr}$ je ve splaškové vodě obvykle roven hodnotě 0,5.

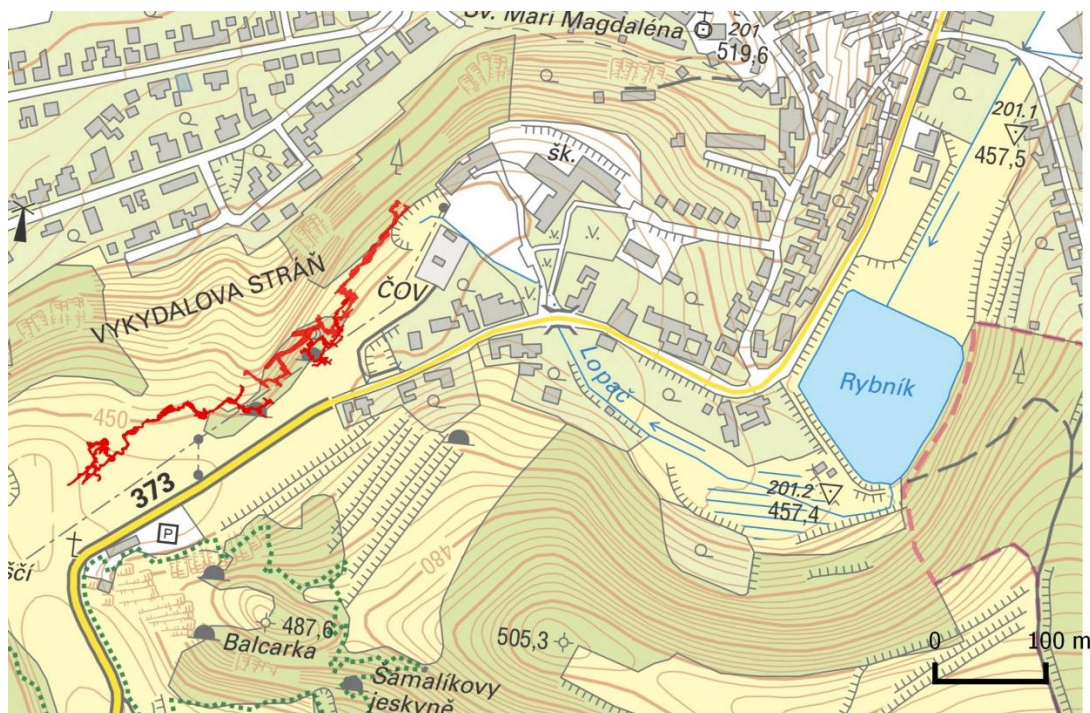
Pro biologické čištění je v odpadních vodách velmi důležitý poměr $BSK_5:N:P = 100:5:1$, který vyjadřuje předpoklad pro tvorbu aktivovaného kalu či biofilmu. Nedostatkem nutrientů (N, P) může být negativně ovlivněna účinnost biologického čištění.
[1]

4 POPIS ZÁJMOVÉ OBLASTI ODBĚRŮ

Zájmové území leží v Jihomoravském kraji v okrese Blansko, přibližně 20 km severně od Brna a okolo 8 km východně od Blanska. Celé toto okolí spadá pod CHKO Moravský kras. Zájmová oblast je zobrazena na obrázku 4.1.



Obr. 4.1 Mapa zájmového území [5]



© CUZK © AOPK ČR

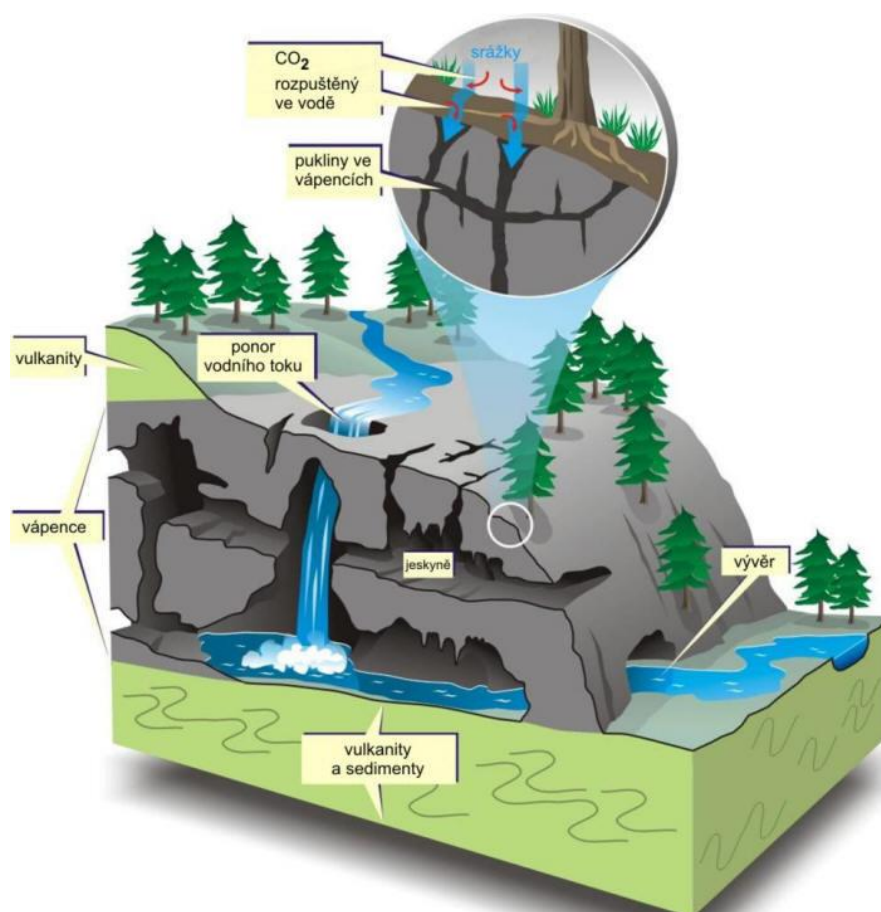
Obr. 4.2 Půdorys jeskyně Ponor Lopače [6]

4.1 Kras

Kras je geologické označení pro soubor osobitých tvarů a jevů vznikajících činností povrchové a podzemní vody (erozí a zejména korozi) v krajině, jejíž podklad tvoří rozpustné horniny (vápenec či dolomit, sádrovec, halit). Voda vsakující z povrchu do podzemí rozšiřuje původní puklinové systémy a vytváří jeskynní komplexy.

Krasové oblasti jsou málo zemědělsky úrodné, neboť v nich došlo k odstranění většiny zvětralinového pláště. Dle Panoše (2001) [7] mají přirozené krasové jeskynní systémy průměrnou stálou teplotu 6–10 °C a relativní vlhkost 80–100 %.

Existují dva krasové jevy a to primární, vznikají při přímém působení vody, poté dochází k rozpouštění a odnos vápence. Sekundární krasové jevy, které způsobují vznik tzv. speleotému (vrstvy vysráženého minerálu, většinou kalcit), který je tvořen rozpouštěním a následným vysrážením horniny, viz obrázek 4.3. Srážková voda procházející půdou je, buď obohacena oxidem uhličitým, nebo ho už obsahuje z atmosféry, a poté dojde k částečné přeměně na kyselinu uhličitou, která rozpouští karbonátovou horninu. V dutinách jeskynní pak nastane pokles parciálního tlaku oxidu uhličitého a opětovnému vysrážení. [8]



Obr. 4.3 Vznik krasu [9]

Reliéf krasového území je nejčastěji tvořen žleby (plošiny prořezané hlubokými kaňony), škrapy (nepravidelným rozpouštěním vápence vznik prohlubní různých tvarů a velikostí), tzv. izolované skály což jsou např. hřebenáče, skalní okna, skalní mosty (trosky starých jeskyní). [10]

Mezi další krasové jevy patří i úvaly, závrtky, vývěry krasových vod, ponory, propasti – primární krasové jevy.

Jeskyně jsou chráněny zákonem č. 114/1992 Sb. o ochraně přírody a krajiny. Ten zakazuje ničit, poškozovat a upravovat jeskyně bez povolení. Ochrana se vztahuje i na přírodní jevy na povrchu, které s jeskyněmi souvisejí.

4.2 Moravský kras

4.2.1 Charakteristika

Moravský kras je nejrozsáhlejším a nejvíce zkrasovělým územím České republiky. Jeho rozloha je přibližně 92 km². Většina vod, která přitéká z nekrasové části Dražanské vrchoviny, mizí na hranicích vápenců v ponorech do podzemí, kde během dlouhého geologického vývoje vytvořila složité jeskynní labyrinty.

Jelikož lze Moravský kras charakterizovat jako úplný kras se značným rozvojem krasovění (povrchového i podzemního) můžeme jej označit jako tzv. holokarst. [20] Je zde velké množství krasových jevů např. slepá a poloslepá údolí, závrtky, jeskynní systémy, propasti, propady a další, které byly podmíněny vápencovou sedimentací (období devonu) a poté krasověním. Všechny tyto jevy určují tok podzemních vod. [11]

Geologický podklad, členitý terén, poloha na rozhraní panonské a hercynské oblasti i výskyt karpatských druhů je příčinou existence specifických rostlinných a živočišných společenstev. Pozoruhodná je fauna jeskyní. Nejznámější jsou netopýři, kterých zde bylo dosud zjištěno 21 druhů. V jeskyních Moravského krasu však žijí i četné druhy bezobratlých živočichů, kteří jsou dokonale přizpůsobeni k životu v naprosté tmě. Lesy s převážně přirozenou druhovou skladbou kryjí téměř 60 % území.

Protože se zájmová oblast nachází v severní části Moravského krasu, tak následující informace se budou vztahovat především na ni.

4.2.2 Klimatické poměry

Výrazně členitý reliéf Moravského krasu značně ovlivňuje klima, takže se zde dají předpokládat specifické mikroklimatické poměry v porovnání s okolními oblastmi. Nejteplejší částí krasu je jižní oblast, kde se dle průměrných ročních teplot naměřilo 8,4 °C. Střední část krasu, jejíž hranice vymezuje Ochoz a Jedovnice, má průměrnou roční teplotu 7,7 °C. Na severu pak byla naměřena průměrná roční teplota vzduchu 6,5 °C. Nejchladnějším měsícem je zde dle průměrných měsíčních teplot leden, nejteplejší pak červenec.

Moravský kras, zvláště jeho střední a severní část, patří mezi relativně vlhčí místa ČR. V chladném pololetí (říjen až březen) spadne ve střední části v průměru 210 mm srážek, to znamená kolem 39 % ročního úhrnu. V teplém pololetí (duben až září) spadne ve střední části 327 mm, to je 61 % ročního množství. Srážky v chladném pololetí i při zmenšeném výparu vody vedou díky nízké teplotě vzduchu k výraznějšímu růstu relativní vlhkosti vzduchu a tvorbě mlh. Značné odchylky v množství spadlých srážek jsou způsobeny místní morfologií terénu. Všeobecně je možno konstatovat, že v severní části krasu spadne v průměru roku kolem 700 mm srážek, což je nejvíc z celé oblasti Moravského krasu.

4.2.3 Hydrologie

V severní části Moravského krasu je nejrozsáhlejší jeskynní systém o délce asi 30km vázán na podzemní říčku Punkvu, která vzniká v podzemí soutokem Bílé vody, Sloupského potoka, Lopače a Krasovského potoka. Zde se nalézají i největší počet jeskyní, z nichž některé dosahují délky několika kilometrů. Je to např. Amatérská jeskyně, Sloupsko-šosůvské jeskyně a Punkevní jeskyně. Plocha povodí je 170 km² s průměrným ročním průtokem okolo 1 m³.s⁻¹. [12]

Potok Lopač

Jeho pramen se nachází poblíž kopce Kojálu na území Kotvrdovic. Směr toku udává reliéf údolí Lopače přes zaniklou tzv. Bejčkovu hráz. Dále pak teče k přehradě u obce Ostrov u Macochy, kde odvodňuje Císařskou jeskyni. Tok pokračuje přes ostrvský rybník až k propadání do podzemí na jihu obce, kde se těsně před propadem nachází odtok z ČOV. Potok se poté vlévá do Punkvy.

Lopačský potok je, kromě již zmíněného odtoku z ČOV, průtokově nalepšován několika bezejmennými potůčky, jak na povrchu, tak v podzemí. Podle potoka Lopač se nazývá také jeskyně, přes kterou tok v podzemí protéká. Mé měření, co se odběrů týče, probíhalo v jeskynních částech zvaných Starý Lopač a Nový Lopač. [13]

4.3 Zdroj znečištění

Sledovaným zdrojem znečištění Lopačského potoka byla ČOV Ostrov u Macochy, umístěná na jižním okraji obce Ostrov u Macochy. Zdrojem znečištění by mohly být smyvy z polí, obsahující živiny v rozpuštěné formě, nebo adsorbované na nerozpuštěných částicích. Dle Kovaříka (2005) [14] může být obsah dusičnanů pod zemědělskými pozemky až desetkrát vyšší (až 100 mg/l) než pod zalesněným povrchem, množství chloridů může být až trojnásobné.

4.4 Významné lokality

4.4.1 Národní přírodní rezervace Vývěry Punky

Největší rezervace Moravského krasu o výměře 556,5 ha zaujímá svahy Punkevního údolí, Suchého a Pustého žlebu a části navazujících plošin. Byla vyhlášena v roce 1997.

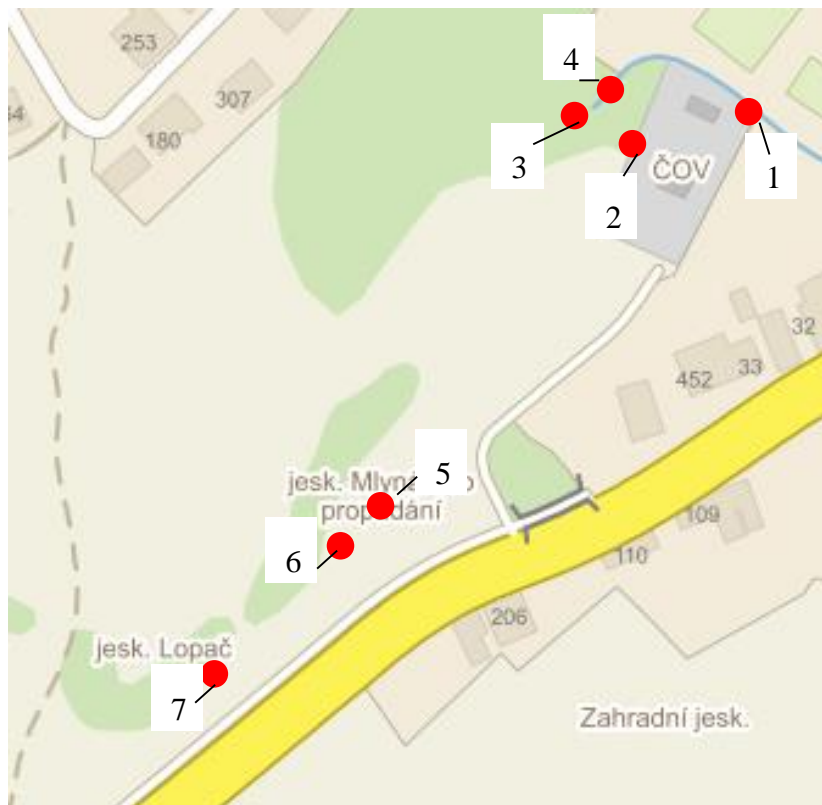
Geologický podklad tvoří devonské vápence, v západní části pak vyvěřeliny brněnského masivu. V rezervaci je bohatě zastoupena široká škála povrchových a podzemních krasových jevů, jako jsou ponory a vývěry, závrtý a škrapová pole a samozřejmě jeskyně s množstvím typů sedimentárních výplní. V řadě jeskyní byly učiněny paleontologické nálezy kvartérní fauny (jeskynní medvědi, bobři aj.). V rezervaci se nachází umělý vchod do nejdelšího jeskynního systému na území České republiky – Amatérské jeskyně. Centrálním bodem je 188 m (138,5 m po hladinu Spodního jezírka) hluboká propast Macocha. Z povrchových krasových jevů je třeba zmínit i trosky jeskyní Čertovu branku v Pustém a Čertův most v Suchém žlebu. [15]

4.4.2 Přírodní rezervace Balcarova skála – Vintoky

Rezervace je situována na kontaktu vápenců Moravského krasu s nekrasovými horninami drahanského kulmu. V území je zastoupeno jak macošské souvrství s vilémovickými vápenci, tak i líšeňské souvrství s vápenci křtinskými. Charakteristický je bohatý výskyt povrchových a podzemních krasových jevů. Z povrchových jevů jsou to především ponory Krasovského potoka a různé formy škrapových polí. Podzemní krasové jevy jsou zastoupeny složitým jeskynním systémem Balcarky s bohatou sintrovou výzdobou, Vintoků a Šamalíkových jeskyní. Šamalíkovy jeskyně (propasti) jsou exkluzivní tím, že jsou vyhloubeny v litotypu hlíznatých křtinských vápenců. Balcarka je významnou paleolitickou magdalienskou stanicí. [16]

5 METODIKA ODBĚRŮ A ZPRACOVÁNÍ VZORKŮ

Odběry byly prováděny pravidelně po dvoutýdenních intervalech v období od 11.3.2015 do 26.8.2015. Celkový počet odběrů byl 13. Toto půlroční monitorování probíhalo na 7 odběrných místech, která jsou zobrazena na obr. 5.1.



Obr. 5.1 Rozmístění odběrných míst [5]

5.1 Odběrná místa

Odběrné místo 1 je z areálu ČOV Ostrov u Macochy a to přímo z přítoku na čistírnu těsně před mechanickým předčištěním. Odběrné místo 2 se nachází rovněž v areálu ČOV a jedná se o odtok vyčištěné odpadní vody z čistírny za ostrohranným přelivem sloužícím k měření průtoku.



Obr. 5.2 Odběrné místo 2



Obr. 5.3 Odběrné místo 5

Odběrné místo 3 je pod vyústěním odtoku z ČOV do Lopačského potoka, v místě dostatečného smíchání vody z potoka a vody z ČOV, a před ponorem do jeskynní. Odběrné místo 4 bylo z Lopačského potoka nad odtokem z čistírny. Odběrné místo 5 se nacházelo v jeskyni tzv. Starém Lopači, které je přibližně 40 m pod místem, kde se propadá Lopačský potok. Odběrné místo 6 je přístupné ze stejné vstupní šachty, jako odběrné místo 5, nicméně se nachází přibližně 20 m dál po směru potoku a jedná se o bezejmenný přítok, který vtéká do přítokového sifonu.



Obr. 5.4 Odběrné místo 6

Poslední odběrné místo 7 se nachází asi 50 m od vstupní šachty, kde se odebíraly vzorky 5 a 6, a jedná se opět o vstupní šachtu zvanou Nový Lopač a právě pod touto šachtou byl odebrán poslední vzorek.

5.2 Metodika odběrů

Z každého odběrného místa bylo odebráno 1,5 l vzorku vody do plastových vzorkovnic a následně uloženo do termoboxů pro udržení nízké teploty vzorků, což bylo důležité především v letním období. Při odběru bylo v každém místě navíc měřeno několik vybraných parametrů pomocí multimetru s příslušnými sondami. Jedná se o měření konduktivity, teploty, hodnoty pH a obsahu rozpuštěného kyslíku. Dále bylo zajištěno měření průtoků na některých odběrných místech, které zajišťoval některý z pracovníků Správy CHKO Moravský kras a taky bylo odečteno přímo na průtokoměru průtočné množství na odtoku z ČOV.

Následně byly vzorky převezeny do laboratoře, kde bylo 0,5 l z těchto nekonzervovaných vzorků odděleno na stanovení hodnot $CHSK_{Cr}$, BSK_5 a NL. Zbytek byl použit na další rozборы. Pro případ potřeby ověření výsledků se vzorky konzervovaly chloridem rtuťnatým ($HgCl_2$), potom se uschovaly do lednice.

5.3 Prováděné analýzy

Na každém vzorku bylo provedeno měření přenosným multimetrem se sondami umožňujícími zjistit hodnoty teploty, pH, konduktivity a koncentrace kyslíku. To vše proběhlo na místě odběru včetně naměření průtoku, potřebného pro výpočet bilance polutantů.

V laboratoři pak byly stanovovány hodnoty chemické spotřeby kyslíku dichromanem draselným ($CHSK_{Cr}$), biochemické spotřeby kyslíku po 5 dnech (BSK_5) a koncentrace forem dusíku a fosforu. Dusík byl určován jako amoniakální dusík ($N-NH_4^+$), dusitanový dusík ($N-NO_2^-$) a dusičnanový dusík ($N-NO_3^-$). Fosfor ve formě celkového fosforu (P_{celk}). Dále jsem stanovoval nerozpuštěné látky (NL) a Kjeldahlův dusík (N_{Kj}), ze kterého se stanovoval dusík celkový (N_{celk}) a organický (N_{org}).

Dle hodnot získaných chemickými rozborů byla vypočtena koncentrace N_{org} , dle rovnice (5.1) a koncentrace N_{celk} , dle rovnice (5.2).

$$N_{org} = N_{Kj} - N-NH_4 \quad (5.1)$$

$$N_{celk} = N-NH_4 + N-NO_2 + N-NO_3 + N_{org} \quad (5.2)$$

Tyto rozборы byly prováděny standardními metodami používanými na Ústavu chemie FAST VUT v Brně.

6 POPIS SLEDOVANÉ ČOV

6.1 Základní údaje o ČOV

ČOV Ostrov u Macochy je řešena jako mechanicko-biologická s nízkozatěžovanou aktivací nitrifikací, denitrifikací, aerobní stabilizací kalu a chemickým srážením fosforu. Mezi její technologické prvky patří:

- Hrubé předčištění
- Biologická ČOV
- Dosazovací nádrže
- Kalové hospodářství

Ostatní objekty - zpevněné plochy, sadové a terénní úpravy, trubní a kabelové rozvody [17]

6.2 Předepsané parametry na odtoku

Parametry na odtoku z ČOV se řídí rozhodnutím Okresního úřadu Blansko, referátu životního prostředí - oddělení vodního hospodářství č.j. RŽP 93-1/00-Tř., ze dne 6.6.2000 [17]

V množství:

Tab. 6.1 Předepsané množství [17]

$Q_{\text{prům}}$	2,5 l/s	215 m ³ /den	78 500 m ³ /rok
Q_{max}	25 l/s	-	-

Kvalita vyčištěné vody

Tab. 6.2 Limity pro ukazatele uvedené v rozhodnutí [17]

Ukazatel	Jednotka	Směsný vzorek „p“	Prostý vzorek „m“	Bilance t/rok
BSK ₅	mg/l	30	70	1,963
CHSK _{Cr}	mg/l	100	150	6,673
NL	mg/l	30	70	1,963
N-NH ₄	mg/l	15	25	1,021

6.3 Popis napojené kanalizace

Do ČOV byly původně přiváděny splaškové odpadní vody z oddílné stokové sítě obce Ostrov u Macochy. Stoková síť byla klasická, větvená, průtok gravitační. Teď je situace taková, že na čistírnu nejsou přiváděny jen splašky, ale také deště. Příčinou toho, je připojení novostaveb, které mají vybudovanou jednotnou tlakovou kanalizaci. Toto připojení bylo realizováno až po výstavbě ČOV. To zapříčiňuje, že na čistírnu je zbytečně přiváděno větší množství OV, jež je v období zvýšených srážek naředěná, což má za příčinu špatnou účinnost čištění.

Stoková síť odvádí do ČOV veškeré splaškové vody z celého odkanalizovaného území. Eventuální kapacitní a technické závady na stokové síti jsou průběžně odstraňovány.

Na stokovou síť jsou napojeny splašky od obyvatelstva, vybavenosti a z místních drobných provozoven.

Znečištění průmyslových odpadních vod musí být v souladu s kanalizačním řádem a se zákonem 138/73 Sb. Odpadní vody nesmí zejména obsahovat volné kyseliny, silné alkálie, soli ve velké koncentraci, jedy, tuky a oleje, hořlaviny, látky silně páchnoucí, nebezpečné plyny a látky tvořící se vzduchem ve stokách výbušnou směs, vody s vysokou teplotou (nad 40 °C), vody radioaktivní. [17]

6.4 Technický popis zařízení ČOV

6.4.1 Hrubé předčištění

Odpadní vody protékají přes objekt hrubého předčištění gravitačně. Objekt se skládá ze strojně stíraných průlinových česlí (které nahradily původní síťové česle popsané níže) a lapače písku. Síťové česle plnily stejnou funkci jako klasické kovové česle. Česle byly umístěny ve žlabu šířky 400 mm, hloubky 900 mm. Při průtoku odpadní vody docházelo k zachycení shrabků v pytli. Po naplnění pytle, se provedla výměna. Součástí dodávky byl sloup, kladky a naviják, kterým byl síťový pytel vyzvednut ze žlabu. Po celou dobu výměny pytle byly do žlabu spuštěny záložní česle, které byly rovněž součástí zařízení.

Z objektu česlí odtéká voda přes vypínací komoru do podélného lapače písku, kde díky usazování dochází k zachycování písčítých podílů. [17]



Obr. 6.1 Strojně stírané česle na ČOV Ostrov u Macochy

6.4.2 Odlehčovací objekty, obtoky

Obtokování ČOV - je provedeno havarijním obtokem z objektu hrubého předčištění. Při výpadku ČS a nastoupaní hladiny odtéká odpadní voda do recipientu.

V rozdělovacím objektu před nátokem do aktivačních nádrží lze provést nastavením stavidlových uzávěrů regulaci nátoku do jednotlivých nádrží. [17]

6.4.3 Čerpací stanice

Z hrubého předčištění přitékají odpadní vody do vstupní čerpací stanice (užitný akumulací objem cca 10 m³) potrubím světlosti DN 300. Čerpací stanice je vybavena třemi stejnými ponornými kalovými čerpadly fy. KSB, která zabezpečí čerpání potřebného rozsahu průtoků v předpokládané sestavě 2+1 záložní.

Čerpadla jsou v automatickém provozu spouštěna takovým způsobem, aby byl zabezpečen rovnoměrný chod všech čerpadel.

Čerpadla jsou vybavena spouštěcím zařízením a řetězy pro jejich snadnou demontáž pomocí přenosného kladkostroje. Výtlaky od jednotlivých čerpadel jsou vedeny samostatně bez armatur do rozdělovacího objektu před AN. [17]

6.4.4 Biologická část ČOV

Aktivační nádrže

Do rozdělovacího objektu před AN je mimo surové odpadní vody přiváděn: vratný kal, odsazená kalová voda z UN a dávkování Preflocu. Rozdělovací objekt je vybaven hradítky pro uzavření nátoku do jednotlivých AN. Dvojice aktivačních nádrží (každá o užitném objemu cca 125 m³) je vybavena jemnobublinným aeračním systémem.

Dále je v každé aktivační nádrži osazeno ponorné vrtulové míchadlo, které slouží k zajištění míchání aktivační směsi ve fázi denitrifikace. Pro optimální způsob míchání je míchadlo vybaveno otočným uchycením – natáčení míchadla pouze v horizontální rovině. Pro vyzvednutí míchadel a čerpadla kalové vody z UN je určeno přenosné zvedací zařízení o nosnosti 100 kg.

Tlakový vzduch do aeračních roštů je zajišťován dvojicí rotačních objemových dmychadel DITL 2R 10 T s dvouotáčkovými motory a protihlukovými kryty. Jako rezerva v případě poruchy některého z dvojice dmychadel je uvažováno shodné dmychadlo pro přívod vzduchu do aeračního systému UN. Při poruše některého z dmychadel určených pro aktivace musí být toto dmychadlo nahrazeno třetím dmychadlem přestavení ručních uzavíracích armatur na vzduchovém potrubí. Uspořádání výtlačů dmychadel a jejich dvouotáčkové provedení umožňuje kombinovat množství vzduchu dodávaného do aeračního systému v následujících krocích: 47 m³/h; 94 m³/h; 151 m³/h; 198 m³/h a 302 m³/h (teoretické hodnoty).

Vzhledem k požadavku na snížení obsahu fosforu ve vyčištěné vodě se do odpadní vody dávkuje Prefloc (kapalný Fe₂(SO₄)₃), který se uskladí v dvouplášťové zásobní nádrži o objemu 2 m³. Pro dávkování slouží dávkovací čerpadlo Grundfos, s ručním přestavením dávky. Výtlačná trasa dávkovacího čerpadla je navržena tak, aby mohl být Prefloc dávkován jak do rozdělovacího objektu před AN, tak do rozdělovacího objektu před DN. Nádrž je umístěna vedle AN. Dávkovaným médiem je buď Prefloc (41 % roztok síranu železitého - srážení fosforu) a v době zvýšeného výskytu vláken v kalu se nasazuje PIX XL2 od společnosti KEMIFLOC, který působí proti bujení vláken a zároveň i sráží fosfor.

Aktivační směs odtéká z AN do DN přes rozdělovací objekt. Případné odstavení některé z DN je zajišťováno dvojicí ručních uzavíracích armatur na propojovacím potrubí rozdělovací objekt – DN. [17]



Obr. 6.2 Aktivační nádrž

Dosazovací nádrže

Dvojice dosazovacích nádrže dortmundského typu 4,2 x 4,2m (objem 2x 40m³) je vybavena přepadovými žlaby s normými stěnami na odtok vyčištěné vody, odběrem kalu a odtahem plovoucích nečistot. Vyčištěná odpadní voda odtéká do recipientu přes trojúhelníkový měrný přepad s ultrazvukovou měrnou sondou - měření FIQ 2.

Plovoucí kal z dosazovacích nádrží je možné stahovat do vstupní čerpací stanice otevřením ručních uzavíracích armatur.

Kal je z dosazovacích nádrží odebírán čerpadly umístěnými v suché armaturní komoře. Vzhledem k rozsahu technologického vybavení pouze ruční armatury bez osazení indukčních průtokoměrů na potrubí vratného a přebytečného kalu je automatické čerpání vratného kalu řešeno nastavením časových konstant chodu a klidu těchto kalových čerpadel. Čerpadla se postupně střídají, takže podle výše uvedeného časového nastavení je každé čerpadlo v chodu pouze 8 minut za hodinu. (Při předpokládaném výkonu čerpadla $Q = 11 \text{ l/s}$ dojde tímto postupem k recirkulaci cca 230 m³/den což znamená zhruba 178 % $Q_{24p.}$)

Odčerpání přebytečného kalu do uskladňovacích nádrží provádí obsluha dle potřeby. (Přestavením ručních armatur a ručním spuštěním kalových čerpadel.) [17]



Obr. 6.3 Dosazovací nádrže

6.5 Kalové hospodářství

Pro akumulaci přebytečného kalu jsou určeny dvě uskladňovací nádrže o objemu 55 m³. Kal je stabilizován v uskladňovacích nádržích aerobně. Tlakový vzduch je distribuován pomocí středobublinného aeračního systému, nezávislého pro každou nádrž. Vzduch pro aerační systém uskladňovací nádrže je zajišťován rezervním dmychadlem.

Aerační systém by měl zajistit kromě vnosu kyslíku i umíchání obsahu uskladňovacích nádrží.

Uskladňovací nádrže jsou dále vybaveny společným čerpadlem na stahování odsazené kalové vody. Odběr je opět nutno provádět ručně, pouze blokaci proti chodu „nasucho“ zabezpečuje plovák přímo na čerpadle. Odsazená kalová voda je vyčerpávána do rozdělovacího objektu před AN. Dalším příslušenstvím k USN je kalové čerpadlo v armaturní komoře, kterým je možno přečerpávat obsah USN mezi jednotlivými USN, vyčerpávat kal pro odvoz z ČOV; popřípadě i hydraulicky míchat USN (pro tento případ je řídicí systém vybaven časovou automatikou pro možnost automatického chodu. V USN není měření výšky hladiny, je tedy nutné hlídat případný chod tohoto čerpadla „na sucho“)

Strojní část technologické dodávky obsahuje rovněž čerpadlo podlahových vod pro případné odčerpávání úkapů, oplachů atd. v suterénu armaturní komory. [17]

7 VÝSLEDKY A DISKUZE

7.1 Jakost povrchové vody (Lopačský potok)

Hodnoty sledovaných ukazatelů podél sledovaného úseku toku Lopač jsou v tab. 7.1, zprůměrované a srovnány s normami environmentální kvality (dále NEK) podle nařízení vlády č. 23/2011 Sb. Důvodem zprůměrování hodnot je ten, že v uvedené vyhlášce se hodnoty NEK objevují v průměrných ročních hodnotách (pro teplotu platí maximální hodnota). V případě překročení některého z limitů je daná hodnota označena červenou barvou.

V porovnání s NEK, měl Lopačský potok hned několik parametrů, které nevyhovovaly daným limitům. Konkrétně se jedná o kyslík, CHSK_{Cr}, BSK₅, N-NH₄, N_{celk} a celkový fosfor. Za zmínku stojí především hodnota BSK₅, která byla více jak dvojnásobná. Hodnota N-NH₄ byla vyšší o desetinásobek a nejhorší koncentraci vykazuje celkový fosfor, který je vyšší o více jak desetinásobek.

Tab. 7.1 Průměry z naměřených hodnot (u teploty nejvyšší naměřená hodnota) vybraných parametrů v tocích a jejich srovnání s NEK (dle n. v. č. 23/2011 Sb)

Ukazatel		NEK	3	4	7
		Průměrná hodnota	Lopačský potok před propadem, pod odtokem z ČOV	Lopačský potok nad ČOV	Poslední odběrné místo v jeskyni
Průtok	l/s	-	-	10,4	7,5
Vodivost	μS/cm	-	444	323	518
O ₂	mg/l	> 9	7,9	7,6	6,0
Teplota	°C	29 ¹⁾	25,3 ²⁾	21,4 ²⁾	16,5 ²⁾
pH	-	6 - 9	7,8	7,9	7,8
NL	mg/l	20	11,5	12,5	8,8
CHSK _{Cr}	mg/l	26	29,4	32,4	31,4
BSK ₅	mg/l	3,8	7,1	9,7	8,2
N-NH ₄	mg/l	0,23	2,0	2,4	1,4
N-NO ₂	mg/l	-	0,2	0,2	0,2
N-NO ₃	mg/l	5,4	3,5	3,2	4,9
N _{celk}	mg/l	6	7,7	8,5	8,4
P _{celk}	mg/l	0,15	2,0	0,5	1,8

Pozn.: ¹⁾ nejvyšší přípustná hodnota

²⁾ nejvyšší naměřená hodnota

7.2 Změny jakosti vody na odběrných místech potoku Lopač v čase

V příloze 1 jsou uvedeny veškeré naměřené hodnoty a výsledky chemických analýz prováděných v laboratoři.

Teplota a vodivost

Vodivost a teplota mají ve všech sledovaných odběrných místech stoupající tendenci a to od počátku měření 11.3., až do 12.8., což bylo předposlední měření. Poslední naměřená hodnota již měla podobnou hodnotu, jako v jarním období.

Kyslík

Koncentrace kyslíku měly oproti vodivosti a teplotě opačný trend, tedy klesající, ve stejném časovém období a také v posledním měření se obsah kyslíku navýšil na hodnotu obdobnou té jarní.

pH

Hodnota pH v potoce se v průběhu měření postupně mírně navýšoval většinou od hodnoty cca 7,3 – 8,5. To mohlo mít za příčinu větší podíl vypouštěné vody z ČOV v potoce, jelikož samotný potok byl v letním období, kdy panovalo dlouhodobé sucho, téměř bez průtoku.

NL (Nerozpuštěné látky)

Všeobecně v průběhu měření NL mají rozmanité hodnoty v rozmezí od 0 mg/l do 36 mg/l, způsobené několika možnostmi jako např. dešťovou událostí, sepnutí čerpadel dodávajících odpadní vodu (splaškovou i dešťovou) na ČOV a možný přímý přepad v případě přeplnění čerpací jímky nebo pouze navýšení odtoku. Ve většině případů je množství NL navýšováno právě čistírnou, ale 3 případy z odběru 1, 10 a 12 dosvědčují i fakt, že odtok z čistírny naopak vodu v potoce příznivě naředí.

CHSK_{Cr}, BSK₅

Trend změn hodnot CHSK_{Cr} a BSK₅ je podobný jako u teploty a vodivosti. V průběhu času se hodnoty navýšují až po poslední měření, jehož hodnota se podobá hodnotám uvedeným v jarním období.

N-NH₄

Opět se opakuje podobná tendence jako u teploty a vodivosti. V létě docházelo ke snížení vydatnosti v potoce Lopač vlivem dlouhodobého sucha a tím byly hodnoty N-NH₄ vyšší než hodnoty při smíchání vody v potoce s vodou vypouštěnou z ČOV, která vlivem většího průtočného množství tvořila více jak 50% vody v potoce. Navýšení hodnot N-NH₄ bylo taky patrné na posledním odběrném místě – 7, které mohla způsobit delší doba zdržení v jeskynních jezírkách a rozklad dusíkatých organických látek.

N-NO₂

Koncentrace dusitanů se během měření držely na konstantních nízkých hodnotách v rozmezí od 0,1 mg/l až 0,8 mg/l, kdy maximální hodnota byla dosažena pouze 2x, a to v posledních dvou měřeních.

N-NO₃

Koncentrace dusičnanů, v průběhu měření, měla klesající tendenci a nebyla příliš navyšována odtokem z ČOV. Jediné větší zjištěné koncentrace dusičnanů vykazoval neznámý potok, ze kterého jsem odebíral vzorky na odběrném místě – 6. V porovnání výsledků před a za potůčkem je vidět navýšení v jednom případě o 2,5 mg/l, u ostatních případů navýšení koncentrace v průměru o 1 mg/l.

N_{org}

Koncentrace organického dusíku se po celou dobu měření pohybovala průměrně okolo 2-3 mg/l.

Celkový fosfor

Fosfor vykazuje ve většině případů nárůst koncentrace za odtokem z ČOV Ostrov u Macochy. Koncentrace fosforu se postupem času navyšovala, avšak do přibližně půlky měření se držela v nízkých hodnotách. V posledních měřeních koncentrace fosforu dosahovala hodnot více jak desetinásobných v porovnání s hodnotami v jarním období.

7.3 Změny jakosti vody na sledovaném úseku potoku Lopač

Zde byly porovnány změny parametrů na odběrných místech 3, 4, 5 a 7 (příloha 2, části 1-5). Jedná se o výběr odběrů, které poukazují na změny sledovaných hodnot na počátku měření, v jarním období, letním období a na konci měření. Popis jednotlivých odběrných míst se nachází v kapitole 5.1.

Průtok

Na začátku měření zobrazující část 2 je vidět, že velikost průtoku na odběrném místě 4 je v tomto období nejvyšší, naopak nejnižší v době odběru znázorněném v části 4. Podél toku se v jarním období a při posledním odběru průtok snižoval. Dále se průtok potoka v letním období, kdy bylo sucho, díky odtoku z ČOV navýšil, což znázorňuje obrázek v části 4 odběrné místo 5 a na konci měřeného úseku snížil.

Teplota

Změna teploty byla závislá na odtoku z ČOV. Především v pozdějším jarním a letním období odtok teplotu v potoce snižoval. Také je vidět, že se teplota snižuje při průtoku potoka jeskyní. Většinou byl rozdíl teplot okolo 3 °C.

pH

Ukazatel pH se podél toku příliš neměnil a držel se okolo hodnot 7 - 8,5. Většinou se hodnota pH mírně snížila na odběrném místě 5, ale na posledním odběrném místě se zase nepatrně zvýšila.

Vodivost

Vodivost byla v potoce před soutokem s odtokem z ČOV nižší a podle průtokového podílu odtoku na potok, byla vodivost buď, nepatrně navýšena (počátek a konec měření) nebo bylo zvýšení větší díky odtoku z ČOV (letní suché období). Při průtoku jeskyní se pak vodivost mírně zvyšovala.

Kyslík

Od března do konce června, byl průběh změn podobný. Potok vykazoval vyšší koncentrace kyslíku před soutokem s odtokem z ČOV. V jeskyni se koncentrace kyslíku snížila.

V létě pak byly koncentrace kyslíku v potoce na povrchu (odběrné místa 3 a 4) téměř poloviční než na jaře a na odběrném místě 5 bylo zaznamenáno zvýšení koncentrace a následně opětovné snížení na posledním odběrném místě 7. V posledním měření byly koncentrace kyslíku v potoce na povrchu vyšší, ale jinak byl průběh změn stejný, jako v létě.

CHSK_{Cr}, BSK₅

Tyto dva parametry měly většinou podobnou tendenci. Na počátku měření docházelo k navyšování hodnot odtokem z ČOV a poté snižování průtokem jeskyní. V létě pak byla tendence opačná. Na konci léta se podél toku ani jeden z parametrů výrazně neměnil.

N-NH₄

Od počátku měření po konec jarního období byla změna N-NH₄ podél toku stejná a to tak, že soutokem odtoku z ČOV s potokem se parametr příliš nezměnil. Poté se na odběrném místě 5 snížil a na konci měřeného úseku byla hodnota mírně vyšší. V letním období byl parametr v potoce výrazně vyšší, ale díky odtoku z ČOV (v létě větší podíl toku), který měl hodnotu nižší, byly hodnoty v jeskyni podobné, jako na počátku měření. V posledním měření se hodnota výrazně zvýšila na odběrném místě 5, poté však na odběrném místě 7 byla snížena na obdobnou hodnotu, kterou vykazovalo měření na počátku.

N-NO₂

Koncentrace dusitanů byla velice nízká během celého měření a podél toku se výrazněji neměnila.

N-NO₃

Změna obsahu dusičnanů ve vodě v potoce na povrchu neměla jednoznačnou tendenci. Někdy byla koncentrace vyšší v potoce a odtok z ČOV tok nalepšoval, jindy to bylo obráceně. Změny nebyly závislé na ročním období. Průtokem jeskyní většinou docházelo k postupnému navyšování koncentrace. Mezi odběrným místem 5 a 7 nacházejícími se v jeskyni vtékal do potoka neznámý přítok (odběrné místo 6), který vykazoval oproti předešlým odběrným místům vysoké koncentrace dusičnanů.

N_{org}

Koncentrace organického dusíku se po celou dobu měření pohybovala průměrně okolo 2-3 mg/l.

Tendence změn byla velmi proměnlivá a nastávalo hned několik možných průběhů změn podél toku. Většinou docházelo zvýšení koncentrace v toku na povrchu, potom ke snížení (po propadu do jeskyně) a na konci sledovaného úseku zase ke zvýšení.

NL

Koncentrace nerozpuštěných látek, byla výrazně závislá na odtoku z ČOV. V některých případech, např. odběr č. 3,4 nebo 8 (viz. příloha 1 část 2), jsme zachytili zvýšený odtok (vlivem spuštění čerpací stanice) při odběrech na odběrném místě 3 nebo v jeskyni (odběrná místa 5 a 7). Průtokem jeskyní se většinou hodnota NL postupně snižovala.

Celkový fosfor

Po celou dobu měření vykazovaly změny koncentrace celkového fosforu podél sledovaného úseku toku stejnou tendenci. Odtok z ČOV výrazně zvýšil koncentraci celkového fosforu a poté průběžně podél toku mírně kolísala. Tento problém s vysokou koncentrací byl vyřešen novým chemickým srážením fosforu na ČOV.

7.4 Vyhodnocení kvality odtoku a účinnosti ČOV Ostrov u Macochy

V tabulce 7.1 jsou uvedeny minimální, maximální a střední hodnoty odtoku z ČOV vypočtené z naměřených hodnot. Střední hodnota byla vypočtena aritmetickým průměrem. Podle srovnání naměřených hodnot z odtoku ČOV a emisních standardů ukazatelů znečištění vypouštěných odpadních vod dle rozhodnutí Okresního úřadu Blansko, referátu životního prostředí - oddělení vodního hospodářství č.j. RŽP 93-1/00-Tř., ze dne 6.6.2000 je patrné, že žádná z naměřených hodnot průměrných ani maximální nepřekračuje omezující podmínky rozhodnutí. Je tedy na místě říci, že čistírna funguje v souladu s uvedeným rozhodnutím. Tyto srovnávací parametry jsou v tab. 7.2.

Tab. 7.2 Maximální, minimální a střední hodnoty chemických a fyzikálních parametrů, naměřené na odtoku z ČOV Ostrov u Macochy

		Min.	Max.	Střední hodnota
Průtok	l/s	0,2	2,0	1,1
Vodivost	μS/cm	600,0	952,0	793,7
O₂	mg/l	3,7	8,0	6,2
Teplota	°C	7,0	23,6	15,4
pH	-	7,2	8,2	7,7
NL	mg/l	12,0	52,0	23,1
CHSK_{Cr}	mg/l	16,0	49,0	36,0
BSK₅	mg/l	4,4	15,0	10,5
N-NH₄	mg/l	0,7	5,4	1,9
N-NO₂	mg/l	0,1	0,3	0,2
N-NO₃	mg/l	0,5	12,4	3,2
N_{Kj}	mg/l	2,7	11,3	6,7
N_{org}	mg/l	0,9	9,5	4,7
N_{celk}	mg/l	2,2	20,7	9,6
P_{celk}	mg/l	2,5	10,0	5,0

Tab. 7.3 Rozhodnutí Okresního úřadu Blansko emisních standardů ukazatelů znečištění vypouštěných odpadních vod [17]

Ukazatel	Jednotka	Směsný vzorek „p“	Prostý vzorek „m“	Bilance t/rok
BSK ₅	mg/l	30	70	1,963
CHSK-Cr	mg/l	100	150	6,673
NL	mg/l	30	70	1,963
N-NH ₄	mg/l	15	25	1,021

Za zmínění ovšem stojí vysoké hodnoty koncentrace celkového fosforu (P_{celk}), které v posledních měřeních dosahovaly až koncentrace 10 mg/l. Přestože se jedná o čistírnu do 2000 EO, pro kterou nejsou emisní limity stanoveny, dle vyhlášky 23/2011 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 [18] (tab. 7.3), je snaha udržovat tuto koncentraci pod 2 mg/l. Z tohoto důvodu bylo na ČOV Ostrov u Macochy provedeno opatření ve formě chemického odbourávání fosforu.

Tab. 7.4 Emisní limity přípustného znečištění povrchových vod a odpadních vod, náležitostech povolení k vypouštění odpadních vod do vod povrchových a do kanalizací a o citlivých oblastech podle vyhlášky 23/2011 Sb. [22]

Kategorie ČOV (EO) ^{1) 7)}	CHSK _{Cr}		BSK ₅		NL		N-NH ₄ ⁺		N _{celk} ^{2), 8), 9)}		P _{celk} ⁹⁾	
	p ³⁾	m ⁴⁾	p ³⁾	m ⁴⁾	p ³⁾	m ⁴⁾	průměr ⁵⁾	m ^{4), 6)}	průměr ⁵⁾	m ^{4), 6)}	průměr ⁵⁾	m ⁴⁾
< 500 ¹¹⁾	150	220	40	80	50	80	-	-	-	-	-	-
500 - 2 000	125	180	30	60	40	70	20	40	-	-	-	-
2 001 – 10 000	120	170	25	50	30	60	15	30	-	-	3 ^{10 9)}	8 ^{10 9)}
10 001 – 100 000	90	130	20	40	25	50	-	-	15	30	2	6
> 100 000	75	125	15	30	20	40	-	-	10	20	1	3

Pozn. Hodnoty jsou uvedeny mg/l.

Průměrná účinnost čištění ČOV je u následujících parametrů taková:

- CHSK_{Cr} 89,2 %
- BSK₅ 93,7 %
- N-NH₄ 98,4 %
- NL 91,0 %
- P_{celk} 50,6 %

Účinnost jednotlivých parametrů byla vypočtena z koncentrací, naměřených během třinácti odběrů na přítoku a odtoku ČOV.

Také jsem provedl jedno měření 2.12.2015, především kvůli zjištění, jak funguje nové chemické srážení fosforu. Výsledek je velice uspokojujivý, účinnost odstranění celkového fosforu byla 95,5 % (na přítoku byla koncentrace 7,4 mg/l na odtoku 0,33 mg/l). Maximální účinnost zjištěná během monitoringu před zavedením chemického srážení fosforu byla 77,3 %.

7.5 Srovnání odtoků z ČOV Jedovnice, ČOV Rudice se sledovanou ČOV Ostrov u Macochy

Na rozdíl od sledované ČOV Ostrov u Macochy, která splňuje stanovené limity, bylo měřením, provedeném v roce 2014, přibližně ve stejném období zjištěno, že ČOV Rudice a ČOV Jedovnice nevyhovují hodnoty NL. Na odtoku ČOV Jedovnice byla překročena maximální koncentrace 60 mg.l⁻¹, u ČOV Rudice se jedná o maximální koncentraci 70 mg.l⁻¹ (v tabulce překročení vyznačeno červeně). V obou případech jde o překročení u jednoho měření, v jednom dalším případě je také překročena přípustná koncentrace. Hodnoty měření z ČOV Rudice a ČOV Jedovnice jsou uvedeny v tab. 7.4.

Tab. 7.5 Maximální, minimální a střední hodnoty chemických a fyzikálních parametrů, naměřené na odtoku z ČOV Jedovnice a ČOV Rudice

	ČOV Jedovnice - odtok			ČOV Rudice - odtok		
	Min.	Max.	Střední hodnota	Min.	Max.	Střední hodnota
Průtok [l.s ⁻¹]	3,8	12,2	8,0	0,6	9,2	2,3
Konduktivita [μS.cm ⁻¹]	674	870	762	597	1501	869 ¹⁾
Kyslík [mg.l ⁻¹]	5,49	7,67	6,60	3,31	7,98	5,89
Teplota [°C]	8,9	18,7	14,5	5,5	20,6	13,6
pH [-]	6,79	7,86	7,15	4,50	7,36	6,05
NL [mg.l ⁻¹]	0	290	15 ²⁾	2	100	22 ³⁾
CHSK_{Cr} [mg.l ⁻¹]	6	38	24	29	75	50
BSK₅ [mg.l ⁻¹]	4,2	11,5	7,5	4,5	15,0	9,1
N-NH₄ [mg.l ⁻¹]	0,5	2,4	1,4	1,3	10,2	2,8
N-NO₂ [mg.l ⁻¹]	0,1	0,2	0,1	0,1	0,3	0,1
N-NO₃ [mg.l ⁻¹]	1,2	13,6	6,6	13,9	111,8	61,8
N_{org} [mg.l ⁻¹]	1,3	24,5	10,6	0,1	10,9	4,6
P-PO₄ [mg.l ⁻¹]	1,0	4,3	2,6	4,1	14,0	8,4
P_{celk} [mg.l ⁻¹]	1,0	4,3	2,6	4,2	14,1	8,6

Pozn.: U ČOV Rudice jsou uvedeny hodnoty NL, CHSK_{Cr}, BSK₅, forem dusíku a fosforu ze 24h slévaného vzorku, ostatní parametry byly měřeny v době odběru.

¹⁾ z průměru vyřazena extrémní hodnota 1501 μS.cm⁻¹ (odběr 12. 3. 2014)

²⁾ z průměru vyřazena extrémní hodnota 290 mg.l⁻¹ (odběr 12. 3. 2014)

³⁾ z průměru vyřazena extrémní hodnota 100 mg.l⁻¹ (odběr 12. 3. 2014)

[19]

7.6 Vliv odtoku z ČOV Ostrov u Macochy na kvalitu vody v recipientu

V této kapitole budu porovnávat průměrné hodnoty (obr. 7.5) naměřené z odměrných míst 4 (odběr z potoka před odtokem z ČOV Ostrov u Macochy) 3 (odběr z potoka před ponorem a za odtokem z ČOV Ostrov u Macochy).

Vodivost byla vlivem odtoku navyšována průměrně o 120 μS.cm⁻¹. Teplota, pH a koncentrace N-NH₄ byly čistírnou nepatrně snižovány. Menší nárůst vykazuje množství rozpuštěného kyslíku. Další zlepšení se vyskytuje taky u parametrů NL, CHSK_{Cr}, BSK₅, kde nejmenší zlepšení vykazovaly nerozpuštěné látky (o 1 mg/l) a větší zlepšení CHSK_{Cr} (o 2,6 mg/l) a BSK₅ (o 3 mg/l). Dusitany se nezměnily vůbec, což dosvědčují nízké hodnoty v obou porovnávaných vzorcích. N_{celk} má podobné zlepšení, jako NL, cca o 1 mg/l. Jeden z mála parametrů, který vykazoval zhoršení je koncentrace celkového fosforu, kdy se jedná o navýšení cca čtyřnásobné.

Je nutné ještě upozornit na to, že v letním období r. 2015 panovalo suché období a odtok z ČOV tvořil převážnou část toku, proto měl větší vliv na kvalitu vody propadající se do jeskynního systému.

Srovnání provedené v kapitole 7.1 značí, že kvalita potoku Lopač je špatná již před zaústěním odtoku z ČOV Ostrov u Macochy a přestože odtok u některých parametrů zlepšuje kvalitu toku, pořád to není dostačující pro limity stanovené NEK. Příčinou špatného stavu potoka může být hned několik, např. nelegální vypouštění odpadních vod z okolí potoka, rozkladné procesy v rybníku nacházejícího se nedaleko od ČOV Ostrov u Macochy a zemědělství v okolí toku.

Tab. 7.6 Srovnání průměrných hodnot z odběrného místa 3 a 4

		4	3	
		nad odtokem	za odtokem	Rozdíl 3-4
		Průměr	Průměr	
Vodivost	μS/cm	323	444	120,4
O₂	mg/l	7,6	7,9	0,3
Teplota	°C	14,8	14,6	-0,2
pH	-	7,9	7,8	-0,1
NL	mg/l	12,5	11,5	-1,0
CHSK_{Cr}	mg/l	32,4	29,4	-3,0
BSK₅	mg/l	9,7	7,1	-2,6
N-NH₄⁺	mg/l	2,4	2,0	-0,4
N-NO₂⁻	mg/l	0,2	0,2	0,0
N-NO₃⁻	mg/l	3,2	3,5	0,2
N_{Kj}	mg/l	9,0	8,1	-0,9
P_{celk}	mg/l	0,5	2,0	1,4

7.7 Bilance vybraného úseku toku

Pro výpočet bilance při průtoku jeskynním systémem (příloha 3) byl proveden součet hmotnostních toků látek potoka Lopač s hmotnostní koncentrací na odtoku ČOV Ostrov u Macochy. Tato hodnota byla odečtena od skutečného hmotnostního toku naměřeného na posledním sedmém odběrném místě.

Hmotnostní tok [kg/den] je vypočten jako součin koncentrace a průtoku. Pokud dochází k nárůstu polutantu, je znaménko bilance kladné, u snižování záporné.

Podle bilance v jeskynním systému Lopač, zde dochází ve většině případů k úbytku průtoku, kdy největší pokles o 9,1 l/s je zaznamenán v posledním 13. měření, naopak nejmenší pokles o pouhých 0,1 l/s byl změřen ve 12. měření. Ve dvou případech je průtok navýšen a to v 8.

měření o 0,7 l/s a v 10. měření o 1,5 l/s. Součet průtoků z odběrného místa 3 a 4 se pohybuje v rozmezí 0,5 – 37,9 l/s a průtok v odběrném místě 7 od 1,0 l/s do 33 l/s. Největší hodnoty průtoků naleží odběrům prováděných v jarním období, nejnižší měření prováděným v létě.

Bilance NL je velice proměnlivá, nejvyšší přírůst je zaznamenáno ve 3. měření o 6,15 kg/den a v 10. měření nejmenší přírůst o 0,92 kg/den, další přírůst je i v odběru 5 a 8. Úbytek v ostatních odběrech se pohybuje v rozmezí 0,44 – 4,43 kg/den.

U hodnoty $CHSK_{Cr}$ docházelo převážně k úbytku a to v průměru o 8,43 kg za den, nejvyšší hodnota je však 19,5 kg/den. Pokud docházelo ke zvýšení, tak se pohybovalo v průměru okolo 5 kg/den.

BSK_5 měla nejvyšší přírůstek při odběru 3 a to 14,6 kg/den. Většinou docházelo k úbytku. Hodnoty přírůstu i úbytku se pohybovaly okolo 1,53 kg/den.

U hodnoty $N-NH_4$ docházelo ke stejnému počtu případů přírůstu (3 případy), kdy odběry 5 a 12 byly menší jak 0,3 kg/den a u odběru 3 byl přírůstek 4,36 kg/den. Úbytek se ve zbylých případech pohybovalo v průměru o 0,69 kg/den.

Bilance $N-NO_2$ je střídavá a kromě odběru 13, kdy došlo k úbytku o 0,2 kg/den, byly změny zanedbatelné v řádech setin kg/den.

Dusičnany vykazovaly úbytek především na počátku a na konci měření. Od měření 6 po měření 10 se hodnota zvyšovala v průměru o 0,77 kg/den.

Největší snížení N_{org} ukazuje měření 3, 9 a 13 (nejvyšší 9,06 kg/den), ostatní měření jsou střídavé a hodnoty úbytku či přírůstu se pohybuje v rozmezí 0 – 1 kg/den.

Bilance celkového fosforu je velmi střídavá a většinou vykazuje hodnoty v řádech desetin kg/den.

7.8 Možnosti zlepšení jakosti vody v potoce Lopač

Zdánlivým zdrojem znečištění může být sledovaná ČOV Ostrov u Macochy, nicméně prozatím je její vypouštění v normě, jejíž limity udává rozhodnutí Okresního úřadu Blansko, referátu životního prostředí - oddělení vodního hospodářství č.j. RŽP 93-1/00-Tř., ze dne 6.6.2000. Již při mém měření bylo řešeno opatření pro snížení koncentrace forem fosforu na odtoku z ČOV Ostrov u Macochy. Na konci mého měření poslední týden v srpnu již probíhalo zapojení a zabíhání provozu nové nádrže pro uložení a dávkování roztoku pro chemické srážení fosforu.

Problémem ČOV je neustálé navyšování připojených obyvatel a s tím související výstavba jednotné kanalizace, na kterou však čistírna není dimenzovaná a v případě vyššího nátoku jak dešťových, tak splaškových vod za dešťové události bude docházet k přepadání nevyčištěné vody přes bezpečnostní přeliv. Tento jev je vysoce nežádoucím a vhodným řešením do budoucna by tedy bylo zamezit výstavbě jednotné kanalizace a naopak v případě potřeby stavět kanalizaci oddílnou.

Pro další zlepšení kvality vody v potoce Lopač je nezbytné se zabývat kvalitou vody v rybníku, kterým potok protéká před soutokem s odtokem z ČOV Ostrov u Macochy a propadáním do jeskynního systému.

V případě zemědělství by bylo vhodné, pokud se tak neděje, držet se zemědělské praxe, používat organická hnojiva, nesoustředit se jen na úzké spektrum lukrativních plodin (např. kukuřice) a snažit se zabránit erozi půdy.

8 ZÁVĚR

Výsledky získané během půlročního monitoringu, který probíhal v době od 11.3.2015 do 26.8.2015 a bylo provedeno celkově 13 odběrů, neprokázaly negativní vliv sledované ČOV Ostrov u Macochy na potok Lopač. Kvalita odtoku z ČOV je v souladu s rozhodnutím vydaným Okresním úřadem Blansko, referátu životního prostředí - oddělení vodního hospodářství č.j. RŽP 93-1/00-Tř., ze dne 6.6.2000. V tomto rozhodnutí jsou uvedeny limity pro CHSK_{Cr} , BSK_5 , NL a N-NH_4 . Čistírna však vypouštěla vysoké koncentrace fosforu. Tento problém byl vyřešen na podzim r. 2015 (po skončení monitoringu) a v této době na čistírně funguje chemické srážení fosforu.

Problémem je kvalita potoka Lopač již před zaústěním odtoku z ČOV, která při porovnání hodnot s NEK podle NV 23/2011 Sb. kterým se mění NV 61/2003 Sb. nevyhovuje v několika parametrech (obsah rozpuštěného kyslíku, CHSK_{Cr} , BSK_5 , N-NH_4 a P_{celk}). Vliv čistírny na potok Lopač, byl kromě vypouštění vyšších koncentrací fosforu spíše pozitivní.

V jarním období měl potok výrazně větší průtok než samotný odtok z čistírny oproti suchému letnímu období, což měnilo vliv odtoku z ČOV Ostrov u Macochy na potok Lopač. Příčinou zhoršené kvality vody v potoce může být smyv ze zemědělských půd, nelegální vypouštění odpadních vod poblíž nebo přímo do toku, rozkladné procesy probíhající v rybníku nad čistírnou.

Pro zlepšení stávajícího stavu by bylo vhodné nepokračovat ve výstavbě jednotné kanalizace a držet se původního projektu, který počítal s oddílnou kanalizací. Opatření pro snížení koncentrace fosforu na odtoku z ČOV byly již přijaty a zrealizovány. Dále je nutné řešit špatnou kvalitu vody v toku již před přítokem na území CHKO Moravský kras, zejména zlepšit kvalitu vody v rybníku a zaměřit se na dodržování zásad zemědělské praxe uvedené v Zásadách zemědělské praxe pro ochranu vod. [21]

POUŽITÉ ZDROJE

- [1] PITTER, Pavel. *Hydrochemie*. 4. aktualiz. vyd. Praha: VŠCHT, 2009, viii, 579 s. ISBN 978-80-7080-701-9.
- [2] HLAVÍNEK, Petr; MIČÍN, Jan; PRAX, Petr; HLUŠTÍK, Petr; MIFEK Radim. *Stokování a čištění odpadních vod: Studijní opory*. Brno: VUT FAST, 2006.
- [3] [online]. [cit. 2014-05-27]. Dostupné z: www.snizujeme.cz
- [4] [online]. [cit. 2014-05-27]. Dostupné z: www.tzb-info.cz
- [5] [online]. [cit. 2014-05-27]. Dostupné z: www.mapy.cz
- [6] Proložení půdorysu jeskyně Propadání Lopač s povrchem poskytnutý CHKO Moravský kras spadající pod Agenturu ochrany přírody a krajiny ČR
- [7] PANOŠ, V., 2001. *Karsologická a speleologická terminologie: výkladový slovník s ekvivalenty ve slovenštině a jednacích jazycích mezinárodní speleologické unie (Unesco)*. Žilina: Knižné centrum. ISBN 80-806-4115-3.
- [8] APPELO, C., S. GOLDBERG, D. POSTMA, 2005. *Geochemistry, groundwater and pollution*. Vyd. 2. Leiden (Netherlands): A. A. Balkema publishers. ISBN 04-153-6428-0.
- [9] [online]. [cit. 2016-01-12]. Dostupné z: <http://geoscape.nrcan.gc.ca/>
- [10] BALÁK, I., L. KOTOUČ a L. ŠTEFKA, 2006. *Chráněná krajinná oblast Moravský kras*. Správa ochrany přírody, Cortusa, Pozemkový spolek Hády. ISBN 80-239-3983-1.
- [11] KRÁSNÝ, J. et al., 2012. *Podzemní vody České republiky: regionální hydrogeologie prostých a minerálních vod*. Praha: Česká geologická služba. ISBN 978-80-7075-797-0.
- [12] [online]. [cit. 2016-01-12]. Dostupné z: <http://moravskykras.ochranaprirody.cz/>
- [13] [online]. [cit. 2016-01-12]. Dostupné z: <https://cs.wikipedia.org/>
- [14] KOVAŘÍK, M., 2005. *Moravský kras – čistírny a kvalita vody*. In: Řešení extrémních požadavků na čištění odpadních vod. Boskovice: Vodárenská akciová společnost, a. s., s. 1-7.
- [15] [online]. [cit. 2016-01-12]. Dostupné z: <http://www.cittadella.cz/>
- [16] MACKOVČIN P., Jatiová M., Demek J., Slavík P. a kol. (2007): *Brněnsko*. In: Mackovčín P.(ed): *Chráněná území ČR, Svazek IX*. Agentura ochrany přírody a krajiny ČR a EkoCentrum Brno, str. 686 Praha.
- [17] PŘ ČOV Ostrov u Macochy

- [18] ČESKÁ REPUBLIKA. Nařízení vlády č. 416/2010 Sb., podle zákona č. 273/2010 Sb., o ukazatelích a hodnotách přípustného znečištění odpadních vod a náležitostech povolení k vypouštění odpadních vod do vod podzemních. In: *Sbírka zákonů České Republiky*. 2010.
- [19] SCHRIMPELOVÁ, Kateřina. *Vliv odtoku z čistíren odpadních vod na krasové toky*. Brno, 2015. 80 s. Diplomová práce. Vysoké učení technické v Brně, Fakulta stavební, Ústav vodního hospodářství krajiny. Vedoucí práce doc. Ing. Jitka Malá, Ph.D.
- [20] HROMAS, J. (ed.), 2009. *Chráněná území ČR: Jeskyně, svazek XIV*. Vyd. 1. Praha: Agentura ochrany přírody a krajiny ČR, s. 393-486. ISBN 978-80-87051-17-7.
- [21] *Zásady zemědělské praxe pro ochranu vod* [online]. [cit. 2016-01-13]. Dostupné z: <http://www.uhul.cz/images/poradenstvi/metodiky/ZSZPPOV.pdf>
- [22] ČESKÁ REPUBLIKA. Nařízení vlády č. 23/2011 Sb., podle zákona č. 229/2007 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. In: *Sbírka zákonů České Republiky*. 2010.

SEZNAM TABULEK

Tab. 3.1 Orientační složení splaškových vod.....	16
Tab. 6.1 Předepsané množství.....	28
Tab. 6.2 Limity pro ukazatele uvedené v rozhodnutí.....	28
Tab. 7.1 Průměry z naměřených hodnot (u teploty nejvyšší naměřená hodnota) vybraných parametrů v tocích a jejich srovnání s NEK (dle n. v. č. 23/2011 Sb).....	34
Tab. 7.2 Maximální, minimální a střední hodnoty chemických a fyzikálních parametrů, naměřené na odtoku z ČOV Ostrov u Macochy	39
Tab. 7.3 Rozhodnutí Okresního úřadu Blansko emisních standardů ukazatelů znečištění vypouštěných odpadních vod	39
Tab. 7.4 Emisní limity přípustného znečištění povrchových vod a odpadních vod, náležitostech povolení k vypouštění odpadních vod do vod povrchových a do kanalizací a o citlivých oblastech podle vyhlášky 23/2011 Sb.	40
Tab. 7.5 Maximální, minimální a střední hodnoty chemických a fyzikálních parametrů, naměřené na odtoku z ČOV Jedovnice a ČOV Rudice.....	41
Tab. 7.6 Srovnání průměrných hodnot z odběrného místa 3 a 4.....	42

SEZNAM OBRÁZKŮ

Obr. 3.1 Graf potřeby vody během dne	15
Obr. 4.1 Mapa zájmového území	20
Obr. 4.2 Půdorys jeskyně Ponor Lopače	20
Obr. 4.3 Vznik krasu	21
Obr. 5.1 Rozmístění odběrných míst	25
Obr. 5.2 Odběrné místo 2	26
Obr. 5.3 Odběrné místo 5	26
Obr. 5.4 Odběrné místo 6	26
Obr. 6.1 Strojně stírané česle na ČOV Ostrov u Macochy.....	30
Obr. 6.2 Aktivační nádrž	31
Obr. 6.3 Dosazovací nádrže	32

SEZNAM SYMBOLŮ A ZKRATEK

ČOV	... čistírna odpadních vod
CHKO	... chráněná krajinná oblast
EO	... ekvivalentní obyvatel
NEK	... normy environmentální kvality
USN	... uskladňovací nádrž
O ₂	... kyslík [mg/l]
Q	... průtok [l/s]
κ	... konduktivita [μS/cm]
T	... teplota [°C]
NL	... nerozpuštěné látky [mg/l]
CHSK _{Cr}	... chemická spotřeba kyslíku (oxidace dichromanem draselným) [mg/l]
BSK ₅	... biochemická spotřeba kyslíku po 5 dnech [mg/l]
N-NH ₄	... amoniakální dusík [mg/l]
N-NO ₂	... dusitanový dusík [mg/l]
N-NO ₃	... dusičnanový dusík [mg/l]
N _{Kj}	... Kjeldahlův dusík [mg/l]
N _{org}	... organicky vázaný dusík [mg/l]
N _{celk}	... celkový dusík [mg/l]
P _{celk}	... celkový fosfor [mg/l]
NV	... nařízení vlády

SUMMARY

The aim of this thesis is to assess the impact of water outflow from wastewater treatment plant on karst rivers. The study was done in the northern area of protected landscape area Moravský kras where the impact of WWTP Ostrov u Macochy on a cave system Lopačské propadání. Karst areas are mostly composed of carbonate rocks, which complement karst phenomena, whether surface or underground. Karst formations, including caves, pits, sinks, rock towers and others are very attractive. They are also the focus of several disciplines and it is important to try to protect these areas and not to change their natural character. Typical karst rivers are flowing mostly to the Karst from the surrounding karst basin and subsequently fall into cave systems.

As a part of this study a half-year monitoring was carried out, which consisted of water sampling every two weeks. In total, 13 water samples were taken from 7 sampling points. Moreover, flow rate, temperature, conductivity, oxygen concentration and pH were measured at the sampling point. Afterwards, the content of undissolved solids, COD, BOD, N-NH₄, N-NO₂, N-NO₃, N_{Ki} and total phosphorus were determined in the samples. The change of parameters in time on the sampling points and further along the river flow was evaluated from the measured values. The outflow values from waste water treatment plant were compared with the emission limits for surface waters and the values of river water parameters were compared with the environmental quality standards. It wasn't proven that the outflow from the observed waste water treatment plant is negatively influencing the water stream.

The results obtained during the six-month monitoring that took place in the period from March 11, 2015 to August 26, 2015 and 13 samplings were carried out, did not demonstrate the negative impact observed WWTP Ostrov u Macochy on stream Lopač. The quality of the effluent from the WWTP is in accordance with a decision issued by the District Office Blansko, environmental department - Department of Water Resources File TR 93-1 / 00-Tr., Dated 6.6.2000. In this Decision are set limits for COD, BOD₅, insolubles and N-NH₄. But WWTP emitte high concentrations of phosphorus. This issue was resolved in the autumn 2015 (after monitoring), and at this time the sewage works on chemical precipitation of phosphorus.

The problem is the quality of the stream Lopac before the junction of effluent from wastewater treatment plants, which does not fulfill the NEK values by NV 23/2011 Coll. amending NV 61/2003 Coll. in a few parameters (dissolved oxygen content, COD, BOD₅, N-NH₄ and P_{total}). Effect WWTP on stream Lopac, besides the discharge of high phosphorus concentrations, is rather positive.

In spring creek had significantly greater flow than the actual flow of effluent from the WWTP compared to the dry summer season, which changed the effect of the WWTP Ostrov u Macochy effluent. The cause of bad water quality in the creek can be washed off from agricultural land, illegal wastewater discharges near or directly into the stream, decomposition processes in the pond on the creek above the sampling sites.

To improve the current situation it would be appropriate to continue the construction of sewerage system sticking to the original design of storm sewer. Measures to reduce phosphorus concentrations have already been adopted and implemented. It is also necessary to deal with poor water quality in the stream before the inlet to the territory of protected landscape area Moravský kras, in particular to improve water quality in the pond and focus on the principles of agricultural practices specified in the Code of agricultural practices for water protection.

SEZNAM PŘÍLOH

Příloha 1: Vývoj sledovaných parametrů v čase.

Příloha 2: Změny sledovaných parametrů při průtoku Lopačským potokem.

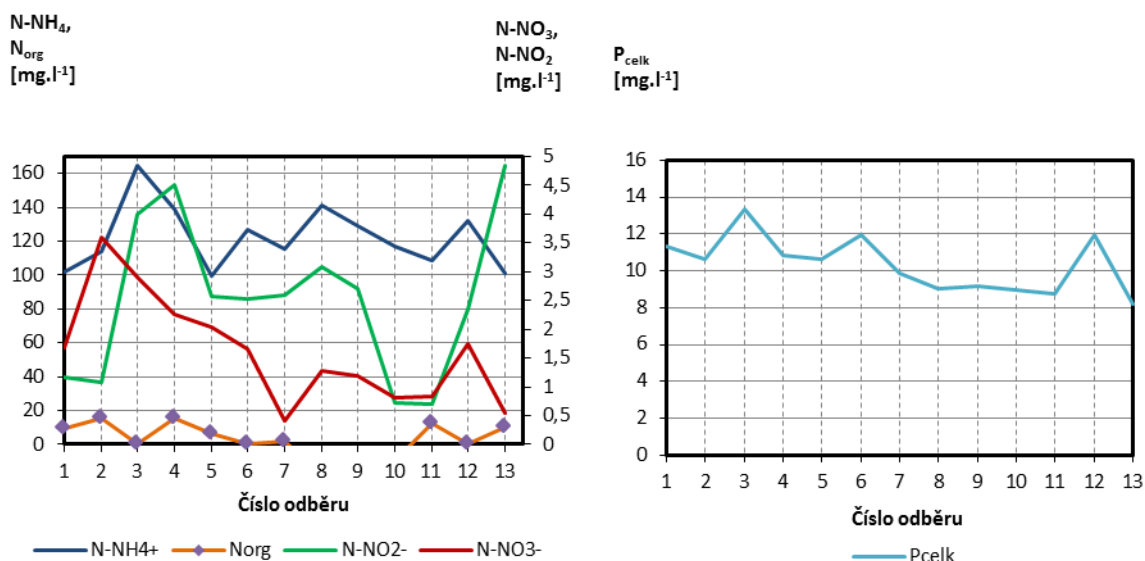
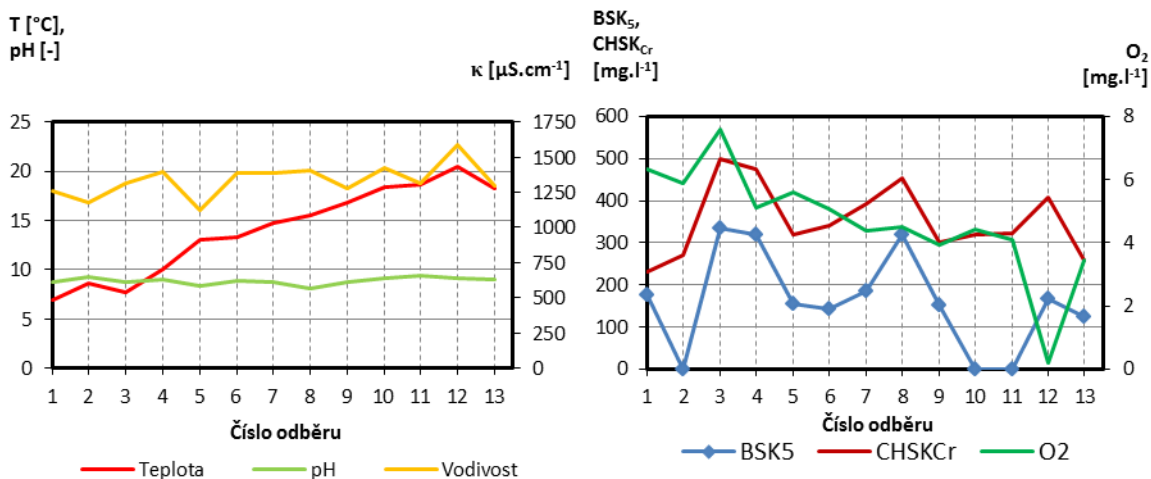
Příloha 3: Bilance polutantů při průtoku Lopače jeskyní.

PŘÍLOHY

Příloha 1: Vývoj sledovaných parametrů v čase (část 1)

ČOV Ostrov u Macochy – přítok (odběrné místo 1)

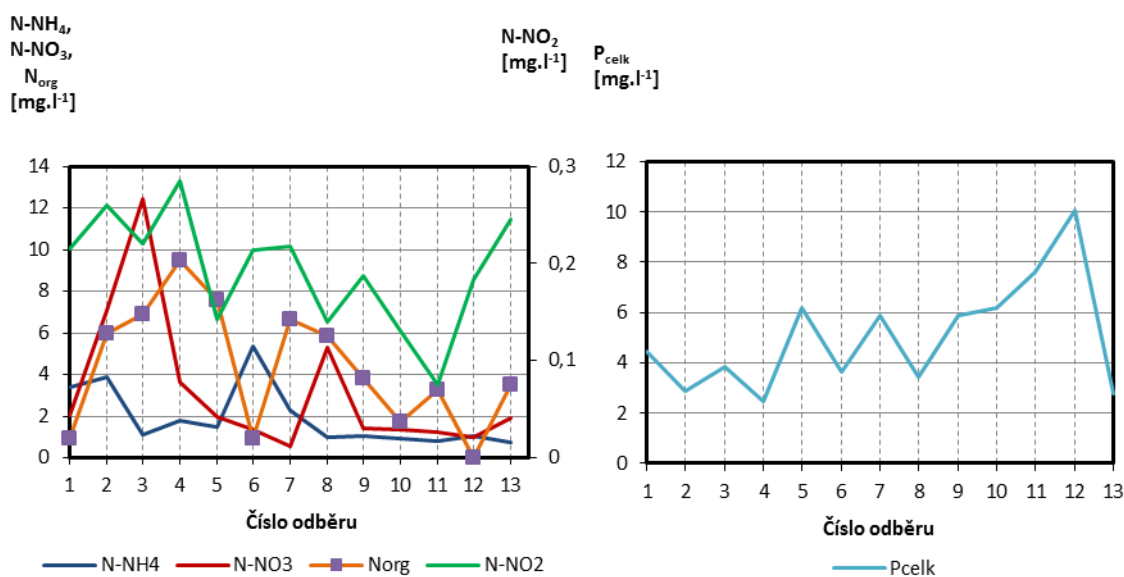
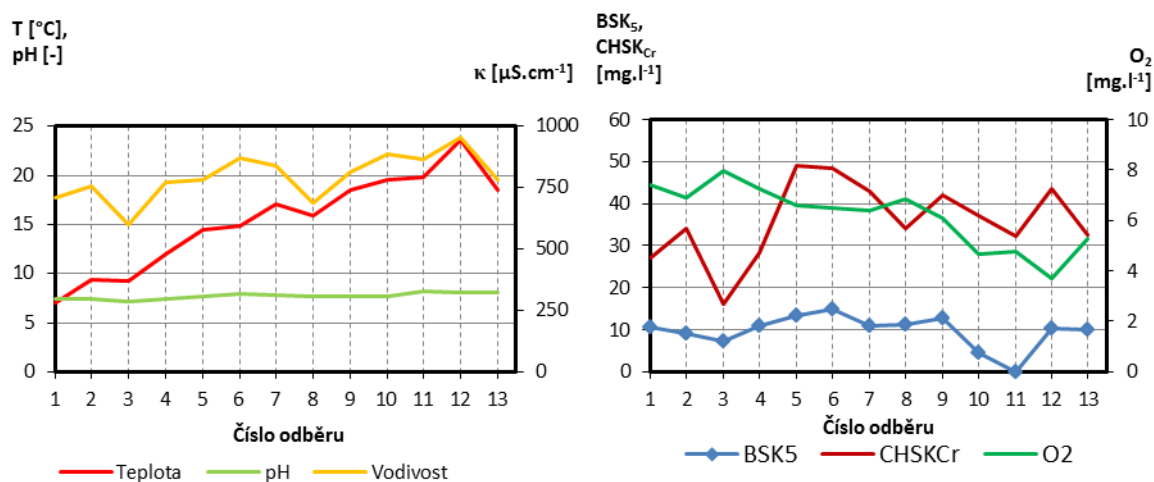
Číslo odběru		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13
Datum	-	11.3.	25.3.	8.4.	22.4.	6.5.	20.5.	3.6.	24.6.	1.7.	15.7.	29.7.	12.8.	26.8.
Průtok	l/s													
Vodivost	μS/cm	1263	1177	1312	1398	1124	1384	1383	1409	1278	1425	1313	1591	1298
O ₂	mg/l	6,4	5,9	7,6	5,1	5,6	5,1	4,4	4,5	4,0	4,4	4,1	0,2	3,5
Teplota	°C	6,9	8,6	7,7	10,0	13,0	13,3	14,7	15,5	16,8	18,4	18,7	20,5	18,3
pH	-	8,7	9,2	8,8	9,1	8,3	8,8	8,7	8,1	8,8	9,1	9,4	9,1	9,0
NL	mg/l		206	878	394	110	210	490	334	164	508	244	504	186
CHSK _{Cr}	mg/l	231	272	501	475	318	340	392	454	302	321	323	408	259
BSK ₅	mg/l	176		335	320	156	144	185	321	152			169	125
N-NH ₄	mg/l	102	114	165	139	99	127	115	141	129	117	109	132	101
N-NO ₂	mg/l	1,2	1,1	4,0	4,5	2,6	2,5	2,6	3,1	2,7	0,7	0,7	2,3	4,8
N-NO ₃	mg/l	1,7	3,6	2,9	2,3	2,0	1,7	0,4	1,3	1,2	0,8	0,8	1,8	0,5
N _{Kj}	mg/l	111	129	165	154	106	127	117	123	103	108	121		111
N _{org}	mg/l	9	15	0	15	6	0	2	-19	-26	-10	13		10
N _{celk}	mg/l	114	134	172	161	110	131	120	127	107	109	123	136	116
P _{celk}	mg/l	11,3	10,6	13,4	10,9	10,6	11,9	9,9	9,0	9,2	9,0	8,7	11,9	8,2



Příloha 1: Vývoj sledovaných parametrů v čase (část 2)

ČOV Ostrov u Macochy – odtok (odběrné místo 2)

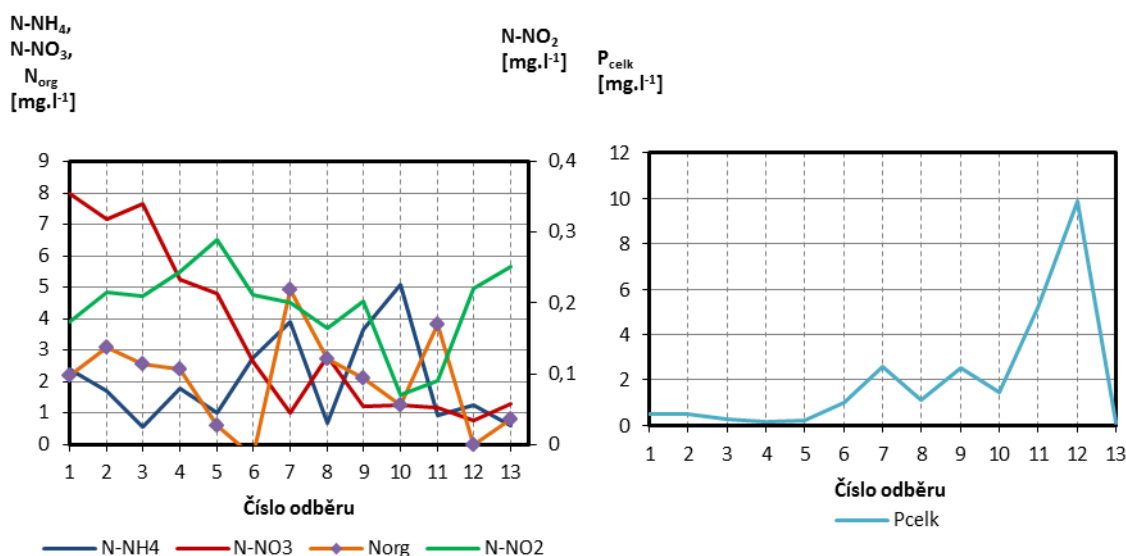
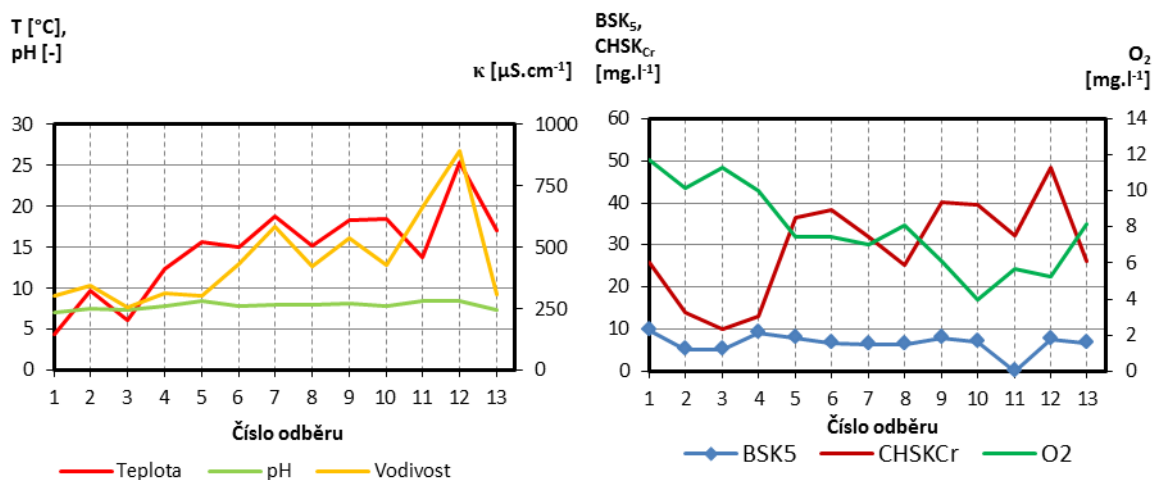
Datum	-	11.3.	25.3.	8.4.	22.4.	6.5.	20.5.	3.6.	24.6.	1.7.	15.7.	29.7.	12.8.	26.8.
Průtok	l/s	1,4	1,4	1,5	2,0	0,2	1,0	2,0	0,8	1,2	0,2	0,5	0,9	0,8
Vodivost	μS/cm	710	757	600	774	781	868	841	690	813	887	863	952	782
O ₂	mg/l	7,4	6,9	8,0	7,3	6,6	6,5	6,4	6,9	6,1	4,7	4,8	3,7	5,3
Teplota	°C	7,0	9,4	9,2	12,0	14,5	14,8	17,1	15,9	18,5	19,5	19,8	23,6	18,5
pH	-	7,4	7,4	7,2	7,4	7,7	8,0	7,8	7,6	7,7	7,7	8,2	8,1	8,0
NL	mg/l	12	26	20	52	12	26	26	24	20	22	18	22	20
CHSK _{Cr}	mg/l	27	34	16	28	49	48	43	34	42	37	32	44	33
BSK ₅	mg/l	11	9	7	11	14	15	11	11	13	4	10	10	
N-NH ₄	mg/l	3,4	3,9	1,1	1,8	1,5	5,4	2,3	1,0	1,0	0,9	0,8	1,1	0,7
N-NO ₂	mg/l	0,2	0,3	0,2	0,3	0,1	0,2	0,2	0,1	0,2	0,1	0,1	0,2	0,2
N-NO ₃	mg/l	2,0	7,1	12,4	3,6	2,0	1,3	0,5	5,3	1,4	1,3	1,2	1,0	1,9
N _{Kj}	mg/l	4,3	9,9	8,0	11,3	9,0	6,3	9,0	6,8	4,9	2,7	4,1		4,3
N _{org}	mg/l	1	6	7	10	8	1	7	6	4	2	3		4
N _{celk}	mg/l	7	17	21	15	11	8	10	12	6	4	5	2	6
P _{celk}	mg/l	4,5	2,9	3,8	2,5	6,2	3,6	5,9	3,4	5,9	6,2	7,6	10,0	2,8



Příloha 1: Vývoj sledovaných parametrů v čase (část 3)

Potok Lopač – pod ČOV, před ponorem (odběrné místo 3)

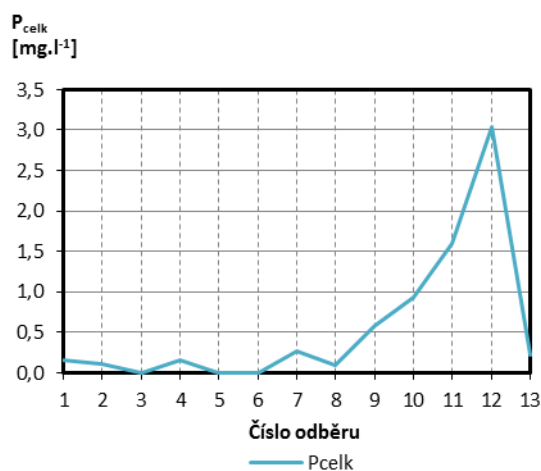
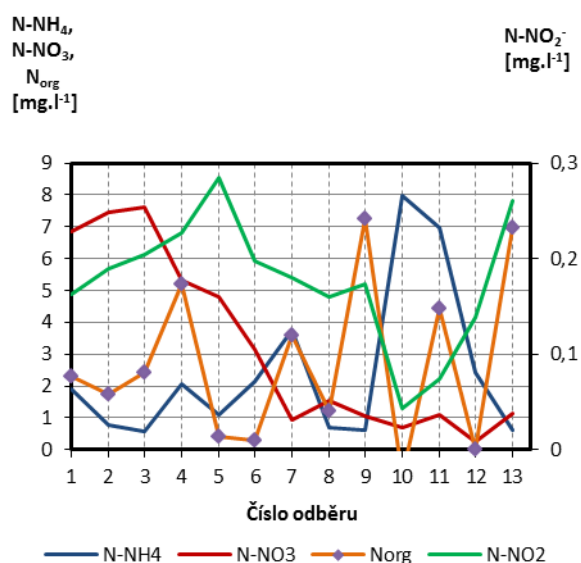
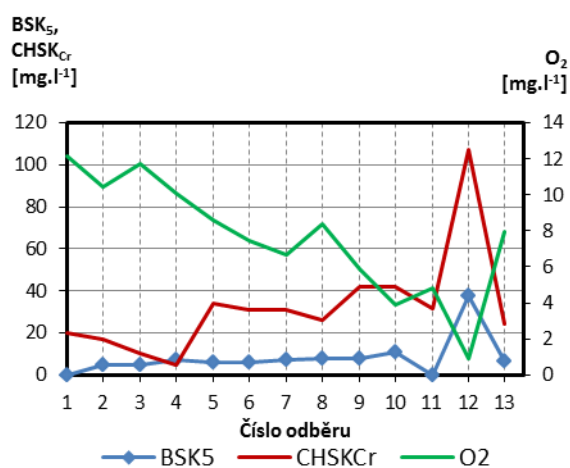
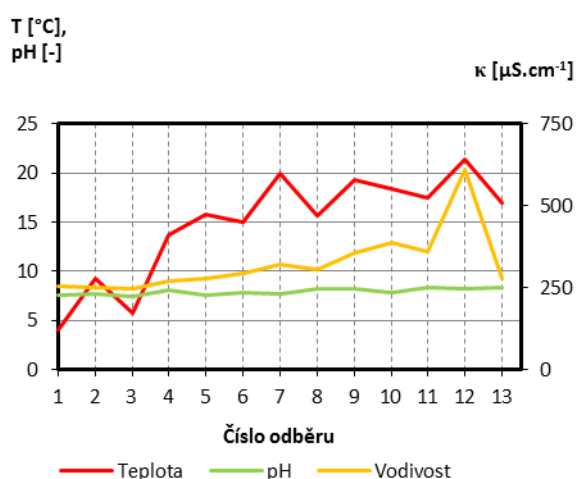
Datum	-	11.3.	25.3.	8.4.	22.4.	6.5.	20.5.	3.6.	24.6.	1.7.	15.7.	29.7.	12.8.	26.8.
Průtok	l/s													
Vodivost	$\mu\text{S/cm}$	303	344	254	314	300	430	584	421	535	426	660	892	307
O ₂	mg/l	11,8	10,2	11,3	10,0	7,4	7,5	7,1	8,1	6,1	4,0	5,7	5,2	8,2
Teplota	°C	4,4	9,7	6,1	12,4	15,6	15,0	18,7	15,2	18,3	18,5	13,8	25,3	17,0
pH	-	7,0	7,5	7,3	7,8	8,5	7,9	7,9	7,9	8,1	7,8	8,4	8,5	7,4
NL	mg/l	14	12	6	12	2	12	22	10	6	20	10	20	3
CHSK _{Cr}	mg/l	26	14	10	13	37	39	32	25	40	40	32	49	26
BSK ₅	mg/l	10	5	5	9	8	7	6	6	8	7	7	7	7
N-NH ₄	mg/l	2,4	1,7	0,6	1,8	1,0	2,8	3,9	0,7	3,7	5,1	0,9	1,3	0,6
N-NO ₂	mg/l	0,2	0,2	0,2	0,2	0,3	0,2	0,2	0,2	0,2	0,1	0,1	0,2	0,3
N-NO ₃	mg/l	8,0	7,2	7,7	5,3	4,8	2,6	1,0	2,8	1,2	1,2	1,2	0,8	1,3
N _{Kj}	mg/l	4,6	4,8	3,1	4,2	1,6	2,4	8,8	3,4	5,8	6,4	4,7		1,4
N _{org}	mg/l	2	3	3	2	1	0	5	3	2	1	4		1
N _{celk}	mg/l	13	12	11	10	7	5	10	6	7	8	6	2	3
P _{celk}	mg/l	0,5	0,5	0,3	0,2	0,2	1,0	2,6	1,2	2,5	1,4	5,2	9,9	0,1



Příloha 1: Vývoj sledovaných parametrů v čase (část 4)

Potok Lopač – nad ČOV (odběrné místo 4)

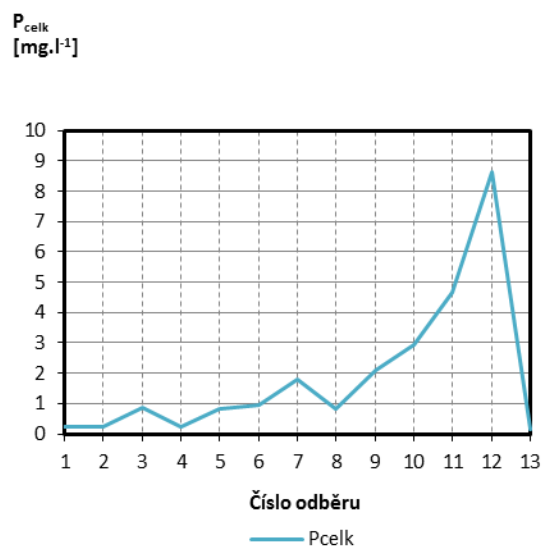
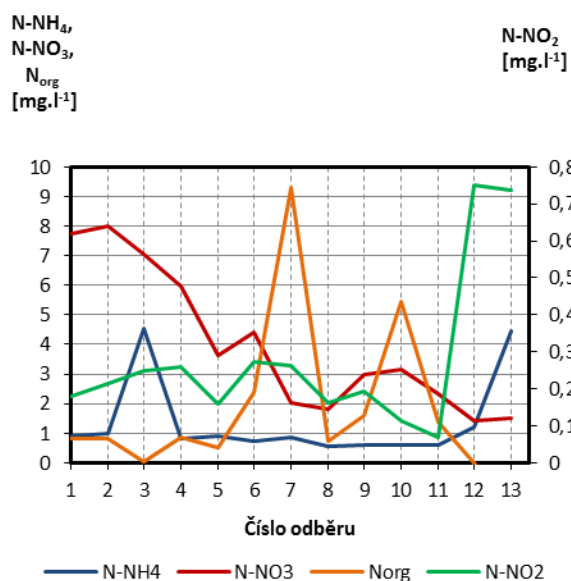
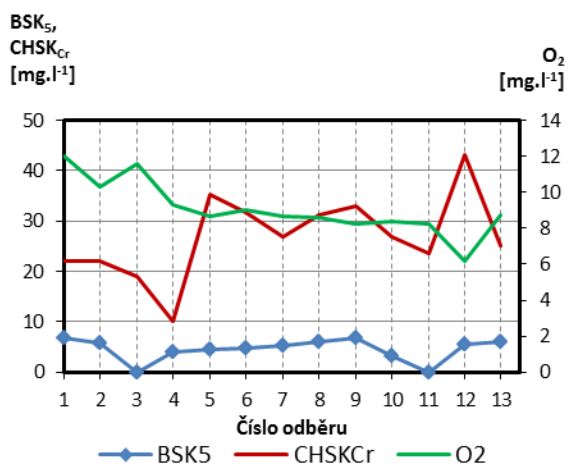
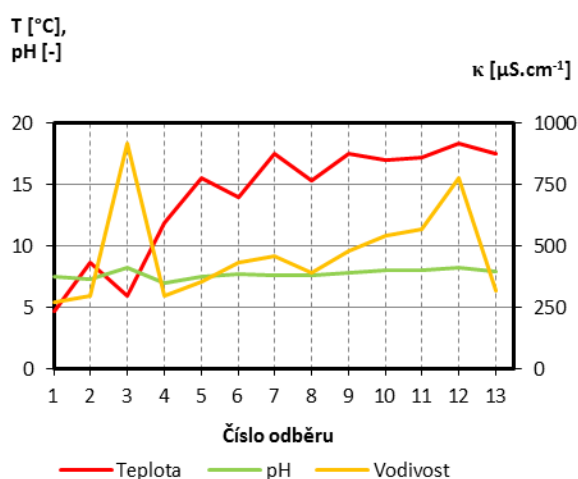
Datum	-	11.3.	25.3.	8.4.	22.4.	6.5.	20.5.	3.6.	24.6.	1.7.	15.7.	29.7.	12.8.	26.8.
Průtok	l/s	25,5	12,8	36,4	9,5	8,6	4,6	3,4	6,5	5,4	0,3	3,1	0,2	18,4
Vodivost	μS/cm	255	251	245	269	278	295	320	305	356	386	360	608	277
O ₂	mg/l	12,1	10,5	11,8	10,1	8,6	7,5	6,7	8,4	5,9	3,9	4,8	0,9	8,0
Teplota	°C	4,0	9,3	5,7	13,7	15,8	15,0	20,0	15,6	19,3	18,4	17,4	21,4	17,0
pH	-	7,6	7,7	7,5	8,0	7,5	7,8	7,7	8,2	8,2	7,9	8,4	8,2	8,4
NL	mg/l	36	8	12	12	2	8	4	2	6	30	6	30	6
CHSK _{Cr}	mg/l	20	17	10	5	34	31	31	26	42,2	42	32	107	24
BSK ₅	mg/l		5	5	7	6	6	7	8	8	11		37	7
N-NH ₄	mg/l	1,9	0,8	0,6	2,1	1,1	2,1	3,8	0,7	0,6	8,0	7,0	2,4	0,6
N-NO ₂	mg/l	0,2	0,2	0,2	0,2	0,3	0,2	0,2	0,2	0,2	0,0	0,1	0,1	0,3
N-NO ₃	mg/l	6,9	7,5	7,6	5,3	4,8	3,1	1,0	1,5	1,1	0,7	1,1	0,3	1,2
N _{Kj}	mg/l	4,2	2,5	3,0	7,3	1,5	2,4	7,4	1,9	7,9	7,1	11,4		7,6
N _{org}	mg/l	2	2	2	5	0	0	4	1	7	-1	4		7
N _{celk}	mg/l	11	10	11	13	7	6	8	4	9	8	13	3	9
P _{celk}	mg/l	0,2	0,1	0,0	0,2	0,0	0,0	0,3	0,1	0,6	0,9	1,6	3,0	0,2



Příloha 1: Vývoj sledovaných parametrů v čase (část 5)

Starý Lopač - odtokový sifon - Lopač před soutokem s 6 (odběrné místo 5)

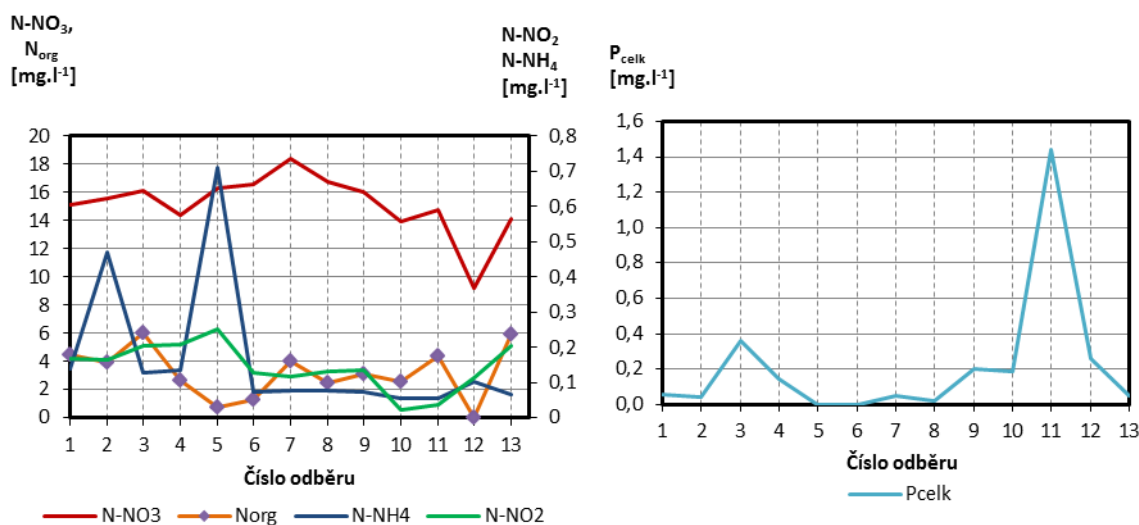
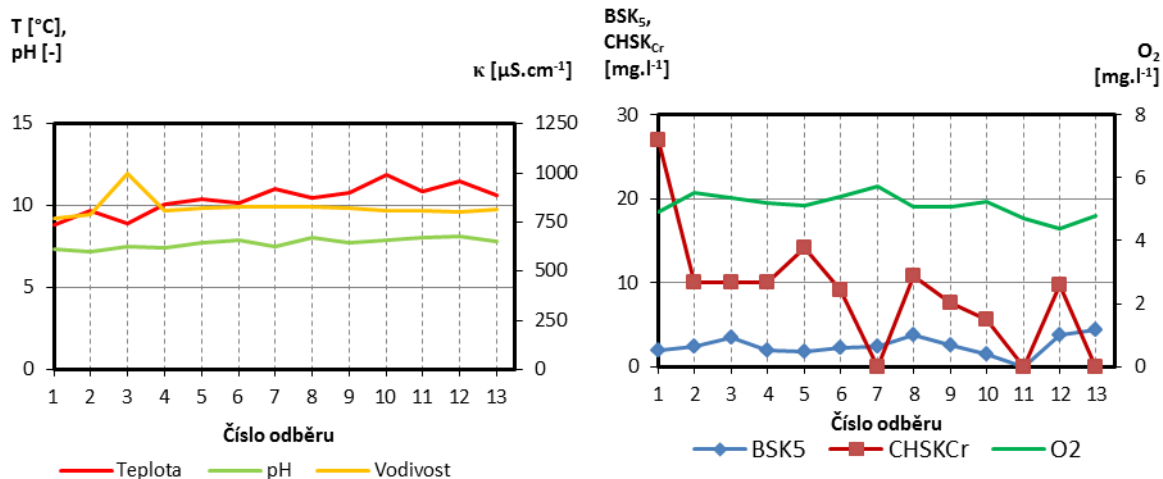
Datum	-	11.3.	25.3.	8.4.	22.4.	6.5.	20.5.	3.6.	24.6.	1.7.	15.7.	29.7.	12.8.	26.8.
Průtok	l/s			23,7	4,59	6,63	4,6	2,1	6,2		1,0	4,9	3,3	16,4
Vodivost	μS/cm	269	295	918	296	352	434	460	392	479	543	568	777	317
O ₂	mg/l	12,0	10,3	11,6	9,3	8,7	9,1	8,7	8,6	8,3	8,4	8,2	6,2	8,7
Teplota	°C	4,7	8,7	5,9	11,9	15,5	14,0	17,5	15,3	17,5	17,0	17,2	18,4	17,5
pH	-	7,5	7,3	8,2	7,0	7,5	7,7	7,6	7,6	7,8	8,0	8,1	8,2	7,9
NL	mg/l	12	16	64	16	12	24	6	8	2	2	6	2	18
CHSK _{Cr}	mg/l	22	22	19	10	35	32	27	31	33	27	24	43	25
BSK ₅	mg/l	7	6		4	5	5	5	6	7	3		6	6
N-NH ₄	mg/l	0,9	1,0	4,5	0,8	0,9	0,7	0,8	0,6	0,6	0,6	0,6	1,2	4,5
N-NO ₂	mg/l	0,2	0,2	0,3	0,3	0,2	0,3	0,3	0,2	0,2	0,1	0,1	0,8	0,7
N-NO ₃	mg/l	7,8	8,0	7,1	6,0	3,6	4,4	2,0	1,8	3,0	3,2	2,4	1,4	1,5
N _{Kj}	mg/l	1,7	1,8	4,6	1,7	1,4	3,1	10,1	1,3	2,2	6,0	2,0		2,5
N _{org}	mg/l	1	1	0	1	1	2	9	1	2	5	1		-2
N _{celk}	mg/l	10	10	12	8	5	8	12	3	5	9	4	3	5
P _{celk}	mg/l	0,2	0,3	0,9	0,2	0,8	1,0	1,8	0,8	2,1	2,9	4,7	8,6	0,1



Příloha 1: Vývoj sledovaných parametrů v čase (část 6)

Starý Lopač - přítokový sifon - noname přítok (odběrné místo 6)

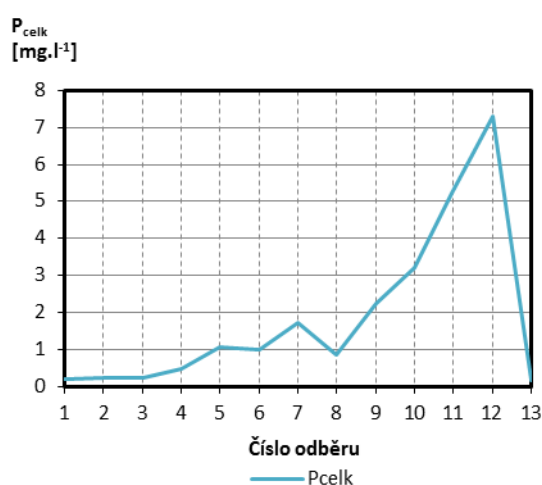
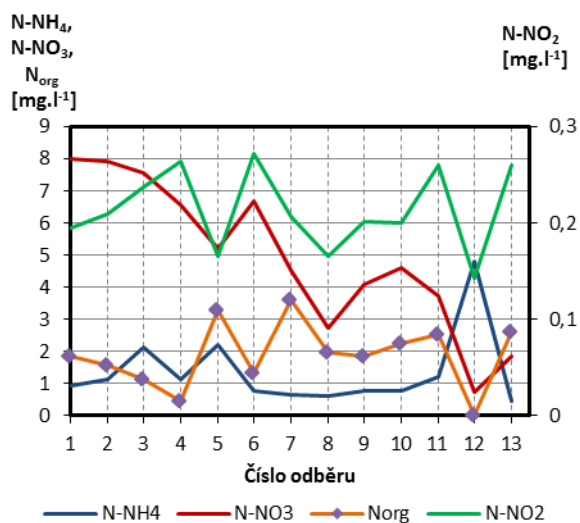
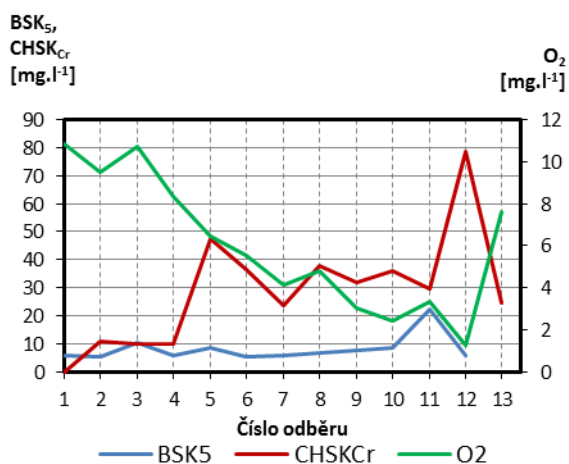
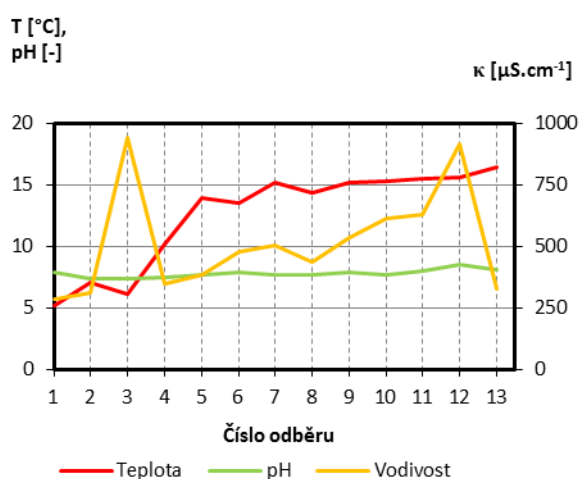
Datum	-	11.3.	25.3.	8.4.	22.4.	6.5.	20.5.	3.6.	24.6.	1.7.	15.7.	29.7.	12.8.	26.8.
Průtok	l/s			0,7	0,5	0,5	0,5	0,4	0,6	0,4	0,3	0,3	0,3	0,5
Vodivost	μS/cm	767	788	997	807	823	828	829	826	823	808	811	802	813
O ₂	mg/l	4,9	5,5	5,3	5,2	5,1	5,4	5,7	5,1	5,1	5,3	4,7	4,4	4,8
Teplota	°C	8,8	9,7	8,9	10,1	10,4	10,2	11,0	10,5	10,8	11,9	10,9	11,5	10,6
pH	-	7,3	7,2	7,5	7,4	7,7	7,9	7,5	8,1	7,7	7,9	8,1	8,2	7,8
NL	mg/l	2	2	2	4	0	4	2	4	4	6	8	6	2
CHSK _{Cr}	mg/l	27	10	10	10	14	9		11	8	6		10	
BSK ₅	mg/l	2	2	4	2	2	2	2	4	3	2		4	4
N-NH ₄	mg/l	0,1	0,5	0,1	0,1	0,7	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1
N-NO ₂	mg/l	0,2	0,2	0,2	0,2	0,3	0,1	0,1	0,1	0,1	0,0	0,0	0,1	0,2
N-NO ₃	mg/l	15,2	15,6	16,1	14,4	16,4	16,6	18,5	16,8	16,0	13,9	14,8	9,2	14,2
N _{Kj}	mg/l	4,6	4,4	6,2	2,8	1,5	1,4	4,1	2,6	3,2	2,6	4,5		6,0
N _{org}	mg/l	4	4	6	3	1	1	4	3	3	3	4		6
N _{celk}	mg/l	20	20	23	17	18	18	23	20	19	17	19	9	20
P _{celk}	mg/l	0,1	0,0	0,4	0,1	0,0	0,0	0,1	0,0	0,2	0,2	1,4	0,3	0,1



Příloha 1: Vývoj sledovaných parametrů v čase (část 7)

Nový Lopač – pod šachtou (odběrné místo 7)

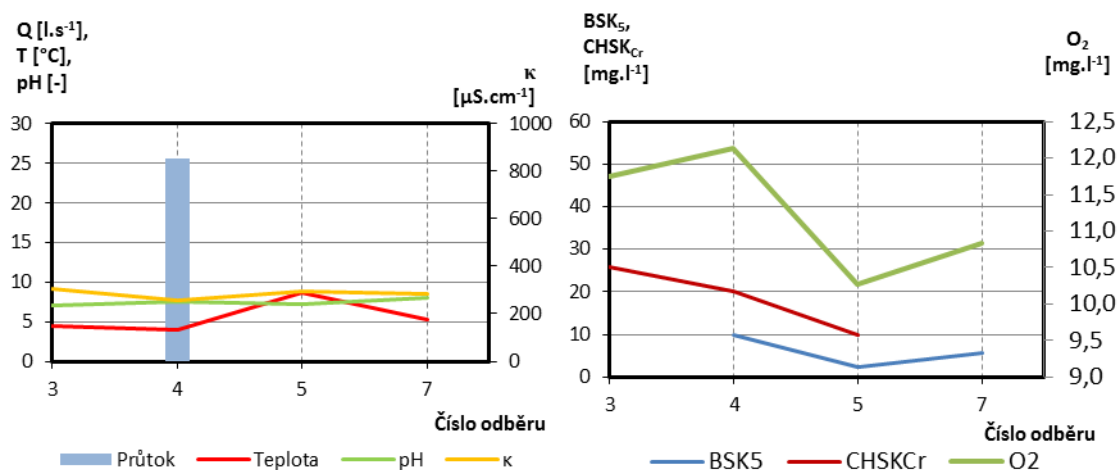
Datum	-	11.3.	25.3.	8.4.	22.4.	6.5.	20.5.	3.6.	24.6.	1.7.	15.7.	29.7.	12.8.	26.8.
Průtok	l/s			33,9		5,06	3	5	8	4	2	2,5	1	10,11
Vodivost	μS/cm	285	314	943	351	386	482	507	436	536	616	630	915	330
O ₂	mg/l	10,8	9,5	10,8	8,4	6,4	5,6	4,1	4,8	3,1	2,5	3,3	1,3	7,6
Teplota	°C	5,2	7,1	6,1	10,2	14,0	13,6	15,2	14,4	15,2	15,3	15,5	15,6	16,5
pH	-	7,9	7,4	7,4	7,5	7,7	7,9	7,7	7,7	7,9	7,7	8,1	8,5	8,1
NL	mg/l	0	10	16	8	14	4	10	10	6	12	0	12	12
CHSK _{Cr}	mg/l		11	10	10	47	37	24	38	32	36	30	78	25
BSK ₅	mg/l	6	6	10	6	8	5	6	7	8	9		22	6
N-NH ₄	mg/l	0,9	1,1	2,2	1,2	2,2	0,8	0,6	0,6	0,8	0,8	1,2	4,8	0,5
N-NO ₂	mg/l	0,2	0,2	0,2	0,3	0,2	0,3	0,2	0,2	0,2	0,2	0,3	0,1	0,3
N-NO ₃	mg/l	8,0	7,9	7,6	6,6	5,2	6,7	4,5	2,7	4,1	4,6	3,7	0,8	1,9
N _{Kj}	mg/l	2,8	2,7	3,3	1,6	5,5	2,1	4,3	2,6	2,6	3,0	3,7		3,1
N _{org}	mg/l	2	2	1	0	3	1	4	2	2	2	3		3
N _{celk}	mg/l	11	11	11	8	11	9	9	6	7	8	8	6	5
P _{celk}	mg/l	0,2	0,2	0,2	0,5	1,1	1,0	1,7	0,9	2,2	3,2	5,3	7,3	0,2



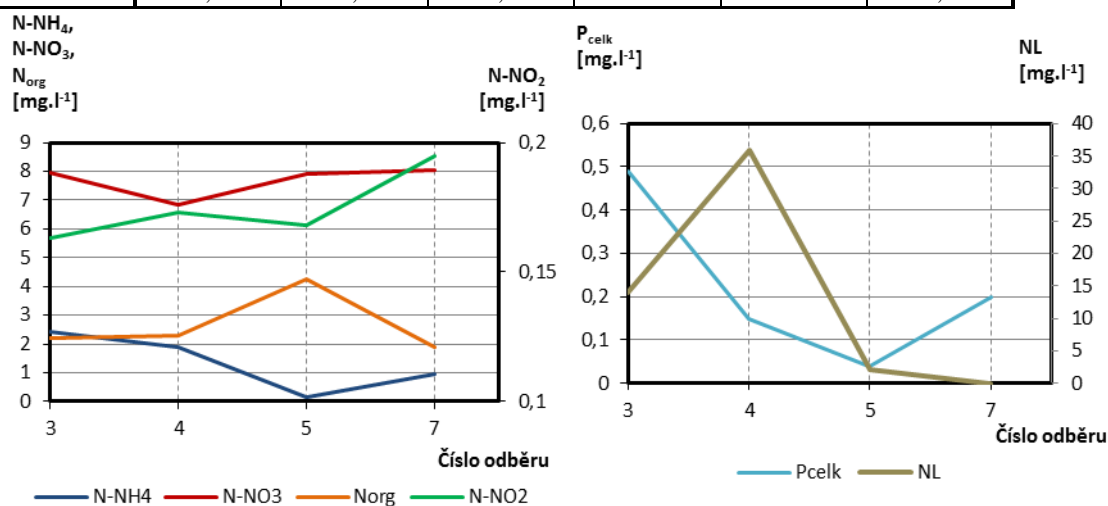
Příloha 2: Změny sledovaných parametrů při průtoku Lopačským potokem. (část 1)

Odběr 11.3.2015.

Odběrné místo	κ [$\mu\text{S}\cdot\text{cm}^{-1}$]	Teplota [$^{\circ}\text{C}$]	pH [-]	Průtok [$\text{l}\cdot\text{s}^{-1}$]	O_2 [$\text{mg}\cdot\text{l}^{-1}$]	CHSK _{Cr} [$\text{mg}\cdot\text{l}^{-1}$]	BSK ₅ [$\text{mg}\cdot\text{l}^{-1}$]
3	303	4,4	7,0		11,8	26	
4	255	4,0	7,6	25,5	12,1	20	10
5	295	8,7	7,3		10,3	10	2
7	285	5,2	7,9		10,8		6



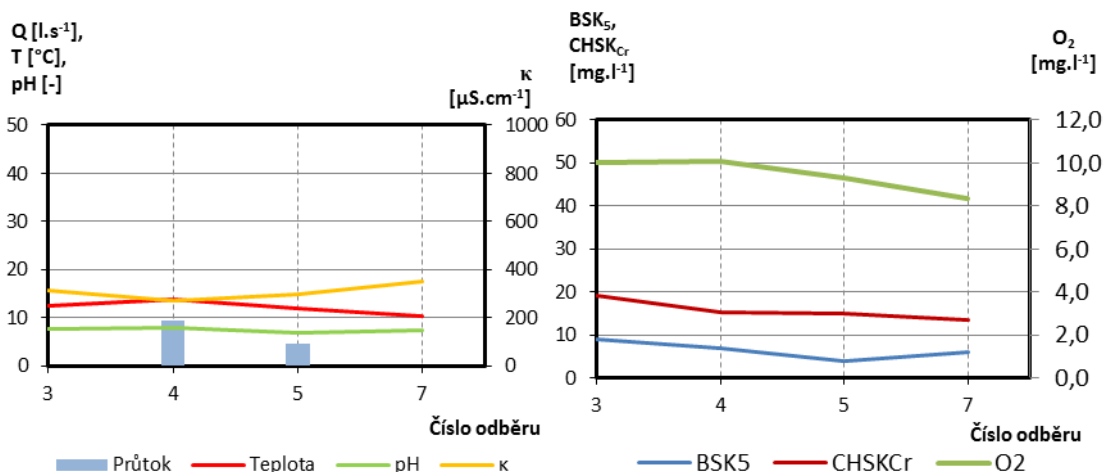
Odběrné místo	N-NH ₄ [$\text{mg}\cdot\text{l}^{-1}$]	N-NO ₂ [$\text{mg}\cdot\text{l}^{-1}$]	N-NO ₃ [$\text{mg}\cdot\text{l}^{-1}$]	N _{org} [$\text{mg}\cdot\text{l}^{-1}$]	NL [$\text{mg}\cdot\text{l}^{-1}$]	P _{celk} [$\text{mg}\cdot\text{l}^{-1}$]
3	2,4	0,2	8,0	2	14	0,5
4	1,9	0,2	6,9	2	36	0,2
5	0,1	0,2	7,9	4	2	0,0
7	0,9	0,2	8,0	2	0	0,2



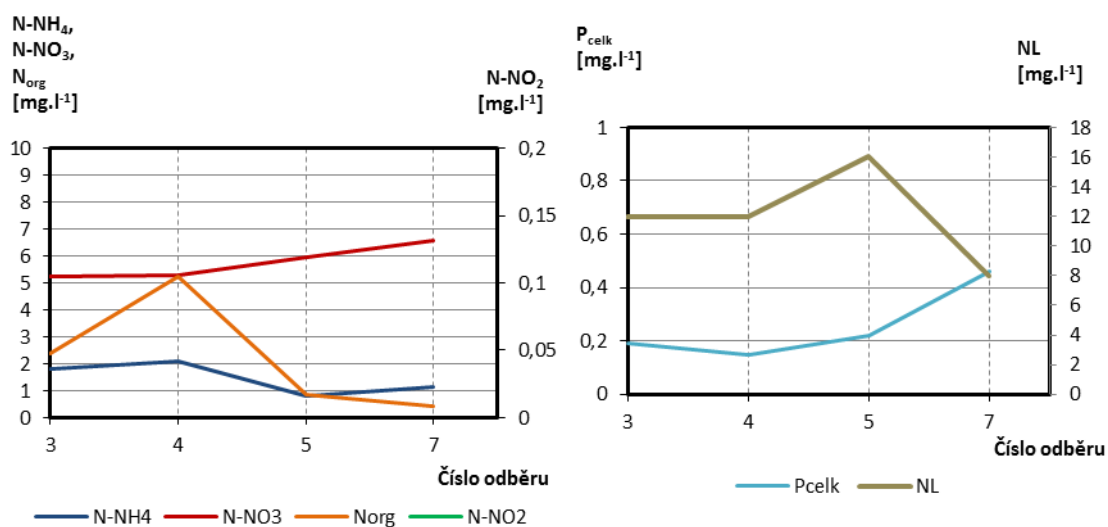
Příloha 2: Změny sledovaných parametrů při průtoku Lopačským potokem. (část 2)

Odběr 22.4.2015.

Odběrné místo	κ	Teplota	pH	Průtok	O ₂	CHSK _{Cr}	BSK ₅
	[μS.cm ⁻¹]	[°C]	[-]	[l.s ⁻¹]	[mg.l ⁻¹]	[mg.l ⁻¹]	[mg.l ⁻¹]
3	314	12,4	7,8		10,0	19	9
4	269	13,7	8,0	9,5	10,1	15	7
5	296	11,9	7,0	4,59	9,3	15	4
7	351	10,2	7,5		8,4	14	6



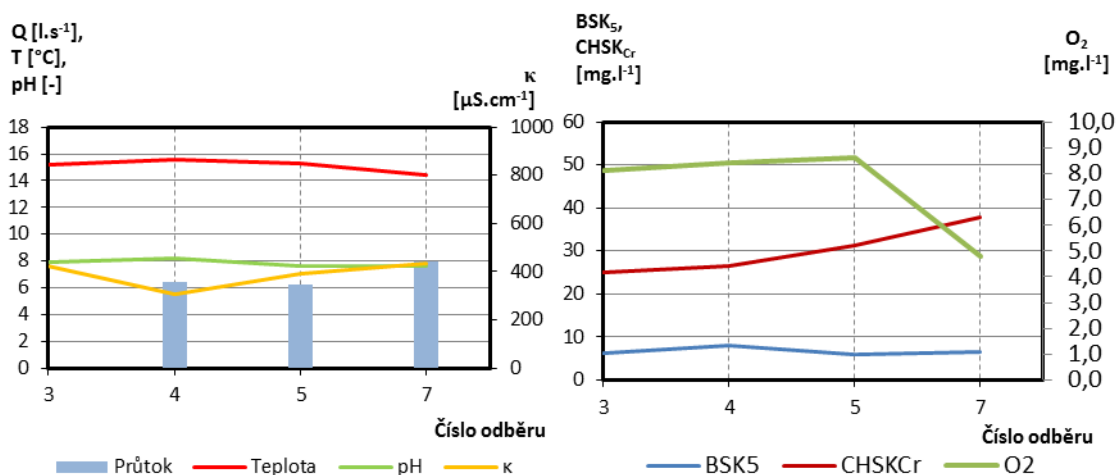
Odběrné místo	N-NH ₄	N-NO ₂	N-NO ₃	N _{org}	NL	P _{celk}
	[mg.l ⁻¹]	[mg.l ⁻¹]	[mg.l ⁻¹]	[mg.l ⁻¹]	[mg.l ⁻¹]	[mg.l ⁻¹]
3	1,8	0,2	5,3	2	12	0,2
4	2,1	0,2	5,3	5	12	0,2
5	0,8	0,3	6,0	1	16	0,2
7	1,2	0,3	6,6	0	8	0,5



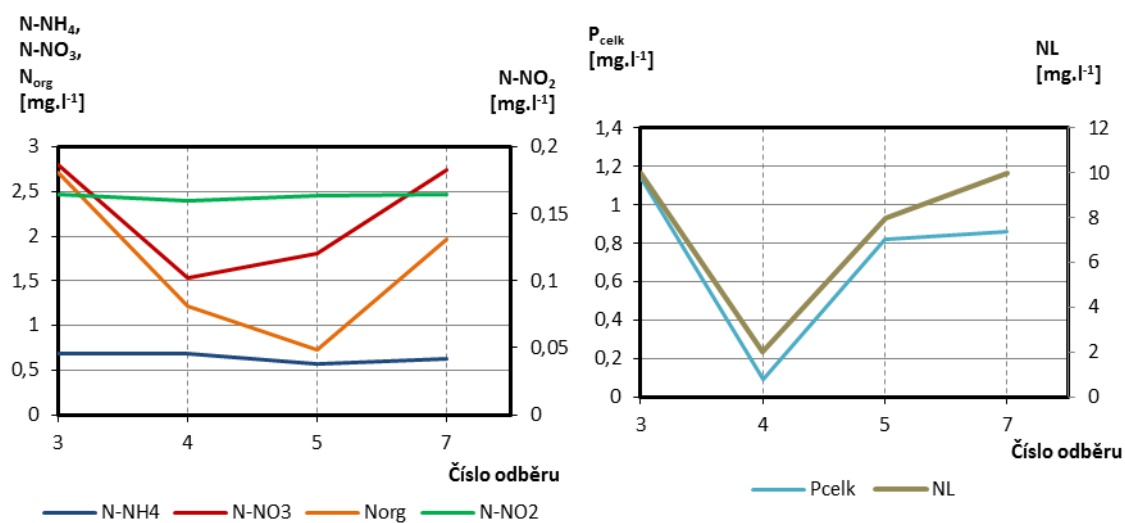
Příloha 2: Změny sledovaných parametrů při průtoku Lopačským potokem. (část 3)

Odběr 24.6.2015.

Odběrné místo	κ [$\mu\text{S}\cdot\text{cm}^{-1}$]	Teplota [$^{\circ}\text{C}$]	pH [-]	Průtok [$\text{l}\cdot\text{s}^{-1}$]	O_2 [$\text{mg}\cdot\text{l}^{-1}$]	CHSK_{Cr} [$\text{mg}\cdot\text{l}^{-1}$]	BSK_5 [$\text{mg}\cdot\text{l}^{-1}$]
3	421	15,2	7,9		8,1	25	6
4	305	15,6	8,2	6,5	8,4	26	8
5	392	15,3	7,6	6,2	8,6	31	6
7	436	14,4	7,7	8	4,8	38	7



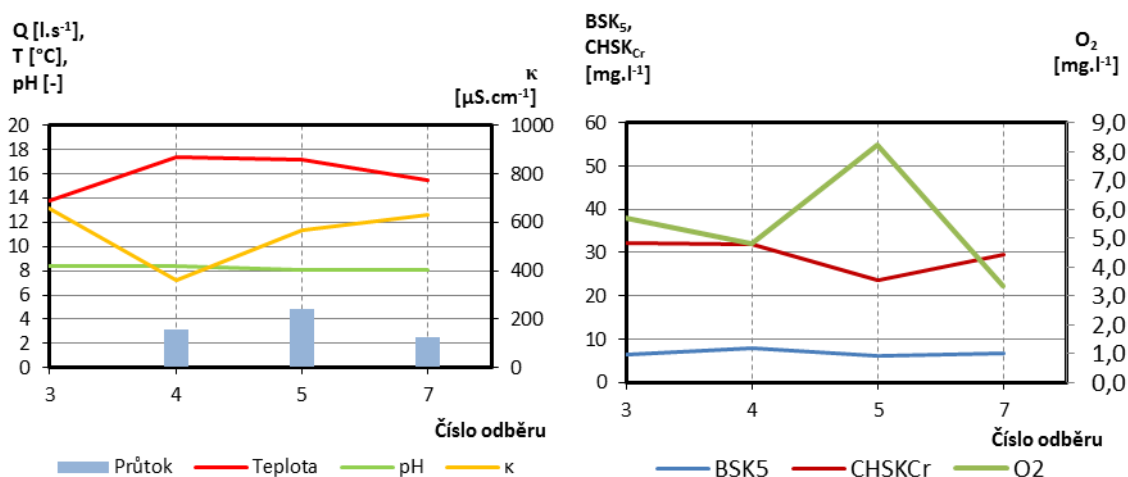
Odběrné místo	N-NH_4 [$\text{mg}\cdot\text{l}^{-1}$]	N-NO_2 [$\text{mg}\cdot\text{l}^{-1}$]	N-NO_3 [$\text{mg}\cdot\text{l}^{-1}$]	N_{org} [$\text{mg}\cdot\text{l}^{-1}$]	NL [$\text{mg}\cdot\text{l}^{-1}$]	P_{celk} [$\text{mg}\cdot\text{l}^{-1}$]
3	0,7	0,2	2,8	3	10	1,2
4	0,7	0,2	1,5	1	2	0,1
5	0,6	0,2	1,8	1	8	0,8
7	0,6	0,2	2,7	2	10	0,9



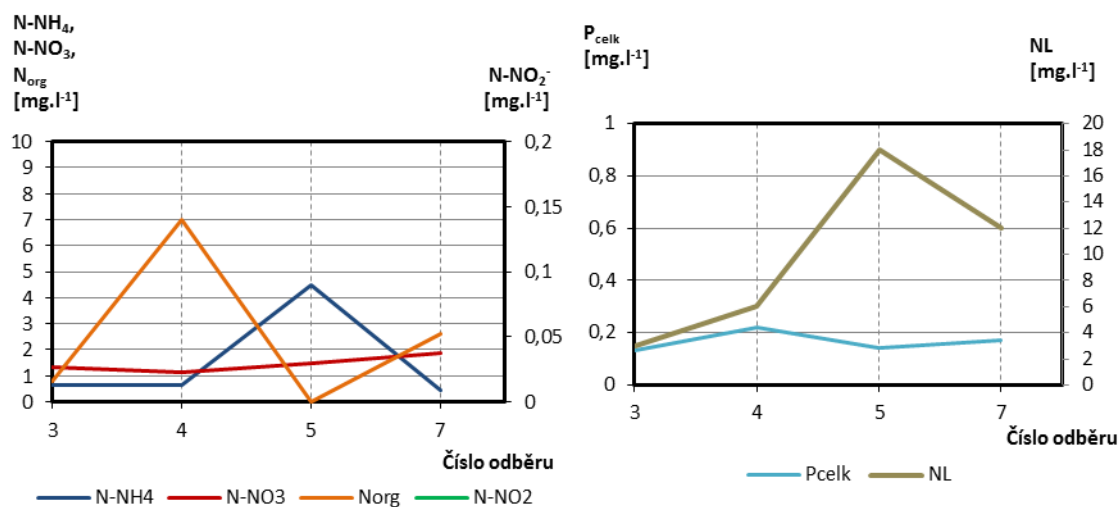
Příloha 2: Změny sledovaných parametrů při průtoku Lopačským potokem. (část 4)

Odběr 29.7.2015.

Odběrné místo	κ	Teplota	pH	Průtok	O ₂	CHSK _{Cr}	BSK ₅
	[$\mu\text{S}\cdot\text{cm}^{-1}$]	[°C]	[-]	[$\text{l}\cdot\text{s}^{-1}$]	[$\text{mg}\cdot\text{l}^{-1}$]	[$\text{mg}\cdot\text{l}^{-1}$]	[$\text{mg}\cdot\text{l}^{-1}$]
3	660	13,8	8,4		5,7	32	6
4	360	17,4	8,4	3,1	4,8	32	8
5	568	17,2	8,1	4,9	8,2	24	6
7	630	15,5	8,1	2,5	3,3	30	7



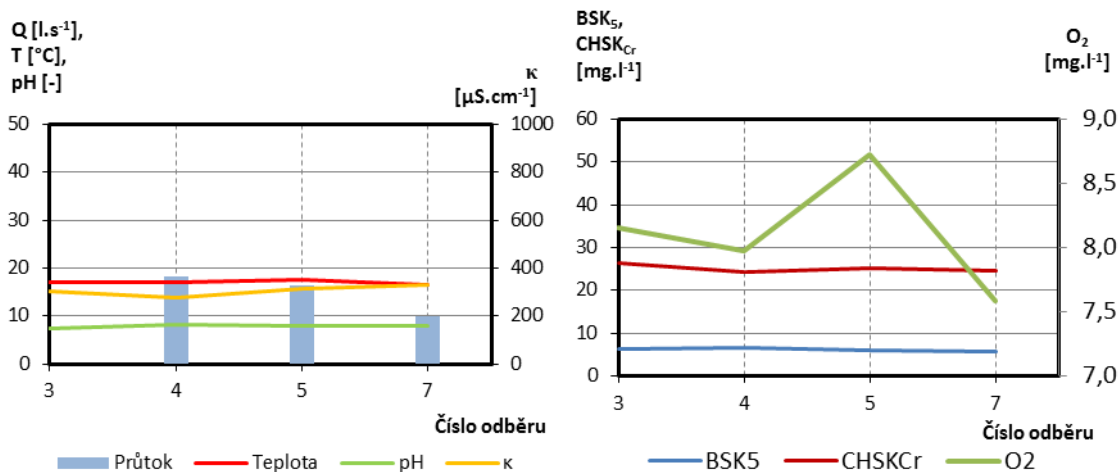
Odběrné místo	N-NH ₄	N-NO ₂	N-NO ₃	N _{org}	NL	P _{celk}
	[$\text{mg}\cdot\text{l}^{-1}$]	[$\text{mg}\cdot\text{l}^{-1}$]	[$\text{mg}\cdot\text{l}^{-1}$]	[$\text{mg}\cdot\text{l}^{-1}$]	[$\text{mg}\cdot\text{l}^{-1}$]	[$\text{mg}\cdot\text{l}^{-1}$]
3	0,9	0,1	1,2	4	10	5,2
4	7,0	0,1	1,1	4	6	1,6
5	0,6	0,1	2,4	1	6	4,7
7	1,2	0,3	3,7	3	0	5,3



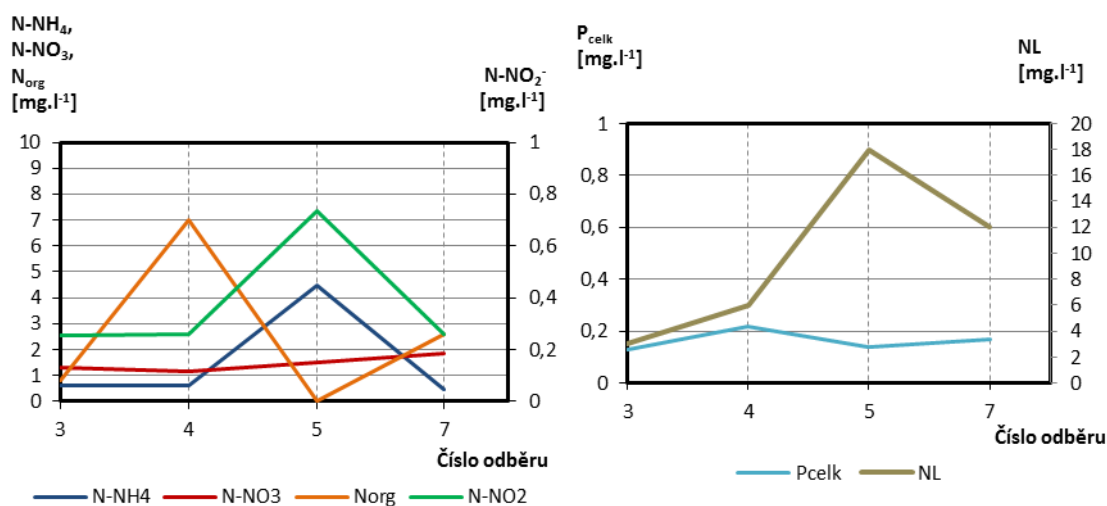
Príloha 2: Změny sledovaných parametrů při průtoku Lopačským potokem. (část 5)

Odběr 26.8.2015.

Odběrné místo	κ	Teplota	pH	Průtok	O ₂	CHSK _{Cr}	BSK ₅
	[$\mu\text{S.cm}^{-1}$]	[°C]	[-]	[l.s^{-1}]	[mg.l^{-1}]	[mg.l^{-1}]	[mg.l^{-1}]
3	307	17,0	7,4		8,2	26	7
4	277	17,0	8,4	18,4	8,0	24	7
5	317	17,5	7,9	16,4	8,7	25	6
7	330	16,5	8,1	10,11	7,6	25	6



Odběrné místo	N-NH ₄	N-NO ₂	N-NO ₃	N _{org}	NL	P _{celk}
	[mg.l^{-1}]	[mg.l^{-1}]	[mg.l^{-1}]	[mg.l^{-1}]	[mg.l^{-1}]	[mg.l^{-1}]
3	0,6	0,3	1,3	1	3	0,1
4	0,6	0,3	1,2	7	6	0,2
5	4,5	0,7	1,5	0	18	0,1
7	0,5	0,3	1,9	3	12	0,2



Příloha 3: Bilance polutantů při průtoku Lopače jeskyní

Číslo odběru	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	
Datum	-	11.3.	25.3.	8.4.	22.4.	6.5.	20.5.	3.6.	24.6.	1.7.	15.7.	29.7.	12.8.	26.8.
Průtok	l/s	-	-	-4,0	-	-3,8	-2,6	-0,4	0,7	-2,6	1,5	-1,1	-0,1	-9,1
NL	kg/d	-	-	6,51	-	4,43	-4,39	-1,34	4,14	-2,80	0,92	-2,41	-1,19	-0,44
CHSK_{Cr}	kg/d	-	-	-4,23	-	-5,31	-6,95	-6,20	9,01	-13,13	4,53	-3,65	1,53	-19,50
BSK₅	kg/d	-	-	14,60	-	-1,23	-2,22	-1,51	-0,62	-2,16	1,11	-	0,47	-6,12
N-NH₄	kg/d	-	-	4,36	-	0,13	-1,10	-1,21	-0,01	-0,13	-0,09	-1,67	0,29	-0,64
N-NO₂	kg/d	-	-	0,02	-	-0,14	-0,03	0,00	0,01	-0,03	0,03	0,03	0,00	-0,20
N-NO₃	kg/d	-	-	-3,46	-	-1,34	0,37	1,58	0,68	0,76	0,76	0,45	-0,02	-0,34
N_{org}	kg/d	-	-	-5,17	-	1,01	0,15	-0,63	0,28	-3,16	0,38	-0,79	-	-9,06
P_{celk}	kg/d	-	-	0,18	-	0,36	-0,06	-0,34	0,31	-0,11	0,43	0,38	-0,20	-0,39

