

Univerzita Palackého v Olomouci  
Přírodovědecká fakulta  
Katedra ekologie a životního prostředí



Ovlivnění vybraných parametrů vody v řece Oskavě čistírnou  
odpadních vod v Uničově

Michal Hanousek

Bakalářská práce  
předložená  
na Katedře ekologie a životního prostředí  
Přírodovědecké fakulty Univerzity Palackého v Olomouci

Jako součást požadavků  
na získání titulu Bc. v oboru  
Ekologie a ochrana životního prostředí

Vedoucí práce: RNDr. Petr Hekera, Ph.D.

Olomouc 2018



Hanousek M.: Ovlivnění vybraných parametrů vody v řece Oskavě čistírnou odpadních vod v Uničově. Bakalářská práce, Katedra ekologie a životního prostředí Přírodovědecké fakulty Univerzity Palackého v Olomouci, 40 stran, 4 přílohy, v češtině.

## Anotace

Tato bakalářská práce se zabývá posouzením míry ovlivnění vybraných parametrů vody ve vodním toku řeky Oskavy čistírnou odpadních vod v Uničově. V úvodní a teoretické části je obecně probírána problematika znečištění tekoucích povrchových vod a odpadních vod. Dále je zde uvedena charakteristika současně využívaných čistírenských procesů v městských čistírnách odpadních vod a charakteristika sledovaných polutantů, jejich možných dopadů na recipient, včetně jejich limitací. V rámci praktické části práce bylo během roku 2017 prováděno pravidelné měření fyzikálně-chemických parametrů – teplota, rozpuštěný kyslík, elektrolytická konduktivita, hodnota pH a základních chemických parametrů – amoniak, dusičnanový dusík a fosforečnanový fosfor. Hlavním výsledkem práce je porovnání získaných hodnot v neovlivněné a ovlivněné části toku. Ukázalo se, že u většiny parametrů došlo spíše jen k mírnému zhoršení stavu. V závěrečné části práce je uvedeno podrobnější zhodnocení získaných dat a jsou zde nastíněny i některé jiné možné příčiny a zdroje znečištění dusíkatými látkami a fosforem.

Klíčová slova: amoniak, čištění odpadních vod, dusičnany, fosforečnany, jakost vod, znečištění vod

Hanousek M.: Influence of selected water parameters in the river Oskava by sewage treatment plant in Uničov. Bachelor thesis, Department of Ecology and Environmental Sciences, Faculty of Science, Palacky University of Olomouc, 40 pp, 4 appendices, Czech.

## Abstract

This bachelor thesis deals with the assessment of the degree of influence of selected water parameters in the watercourse of the Oskava river by the sewage treatment plant in Uničov. In the introductory and theoretical part is generally discussed the issue of pollution of running surface water and waste water. Further, there is a description of the currently used purification processes in urban sewage treatment plants and characteristics of the pollutants that are monitored and their possible impacts on the recipient, including their limitations. In the practical part of the thesis was performed periodic measurements of physical and chemical parameters – temperature, dissolved oxygen, electrolytic conductivity, pH, ammonium nitrogen, nitrate nitrogen and phosphate. The main result of this thesis is the comparison of the obtained values in the unaffected and influenced part of the flow. This has shown that for most parameters, there was only a slight deterioration in the condition. The final part of the thesis presents a more detailed evaluation of the obtained data. There are also mentioned some other possible causes and sources of pollution with nitrogenous substances and phosphorus.

Key words: ammonia, nitrates, phosphates, wastewater treatment, water pollution, water quality

## Prohlášení

Prohlašuji, že jsem bakalářskou práci vypracoval samostatně pod vedením RNDr. Petra Hekery, Ph.D. a jen s použitím citovaných literárních pramenů.

V Olomouci 24. července 2018

.....  
podpis

# Obsah

Seznam tabulek .....	vii
Seznam obrázků .....	viii
Seznam zkratek .....	ix
1. Úvod .....	1
2. Cíle.....	5
3. Teoretický základ .....	6
3. 1. Odpadní vody .....	6
3. 2. Čistírna odpadních vod .....	7
3. 2. 1. Primární stupeň čištění .....	7
3. 2. 2. Sekundární stupeň čištění .....	8
3. 2. 3. Terciární stupeň čištění .....	9
3. 3. Vybrané parametry – charakteristika a možné dopady na recipient.....	9
3. 3. 1. Fyzikální a fyzikálně-chemické faktory .....	10
3. 3. 2. Sloučeniny dusíku .....	12
3. 3. 3. Sloučeniny fosforu .....	15
4. Materiál a metody.....	17
4. 1. Řeka Oskava.....	17
4. 2. ČOV Uničov .....	18
4. 3. Místa měření a odběrů.....	20
4. 4. Metody měření a stanovení jednotlivých parametrů .....	23
5. Výsledky .....	26
6. Diskuze .....	34
7. Literatura.....	40
8. Přílohy.....	42

## Seznam tabulek

Tabulka 1: Jakost vody jednotlivých ukazatelů. ....	34
Tabulka 2: Výpis mezních hodnot tříd jakosti vody pro sledované ukazatele z ČSN .....	34
Tabulka 3 Hodnoty veškerých parametrů získané na stanovišti nad ČOV .....	42
Tabulka 4 Veškeré hodnoty všech parametrů získané na stanovišti u vyústění ČOV .....	42
Tabulka 5 Veškeré hodnoty všech parametrů získané na stanovišti pod ČOV .....	43
Tabulka 6 Hodnoty průtoků vody v řece v době měření .....	43

## Seznam obrázků

Obrázek 1: Stanoviště č.1 (nad ČOV).....	19
Obrázek 1: Stanoviště č. 2 (u vyústění ČOV).....	20
Obrázek 2: Stanoviště č. 3 (pod ČOV).....	21
Obrázek 3: Zakreslení jednotlivých stanovišť do mapy.....	21
Obrázek 4: Nasycení vody kyslíkem.....	25
Obrázek 5: Koncentrace rozpuštěného kyslíku.....	26
Obrázek 6: Teplota vody.....	27
Obrázek 7: pH vody.....	28
Obrázek 8: Konduktivita.....	28
Obrázek 9: Amonný dusík (N-NH <sub>4</sub> <sup>+</sup> ).....	29
Obrázek 10: Dusičnanový dusík (N-NO <sub>3</sub> ).....	30
Obrázek 11: Fosforečnanový fosfor.(P-PO <sub>4</sub> <sup>3-</sup> ).....	31
Obrázek 12: Součet amonného dusíku a dusičnanového dusíku.....	32
Obrázek 13: Srovnání hodnot chemických ukazatelů vody nad vyústěním ČOV.....	43
Obrázek 14: Srovnání chemických ukazatelů vody u vyústění ČOV.....	43
Obrázek 15: Srovnání chemických ukazatelů říční vody smíchané s výtokem z ČOV.....	44



## Seznam zkratek

AOX – Adsorbable Organically bound Halogens (adsorbovatelné organicky vázané halogeny)

AS – aktivační směs

ČHMÚ – Český hydrometeorologický ústav

ČOV – čistírna odpadních vod

ČR – Česká republika

ČSSR – Československá socialistická republika

ČSÚ – Český statistický úřad

BSK<sub>5</sub> – biochemická spotřeba kyslíku za 5 dní

EO – ekvivalentní obyvatelé

EU – Evropská unie

CHKO – chráněná krajinná oblast

CHSK<sub>Cr</sub> – chemická spotřeba kyslíku stanovená dichromanem sodným

MZ – ministerstvo zemědělství

MŽP – ministerstvo životního prostředí

NL – nerozpuštěné látky

OV – odpadní vody

PR – přírodní rezervace

RAS – rozpuštěné anorganické soli

TOC – Total Organic Carbon (celkový organický uhlík)

## Poděkování

V první řadě chci poděkovat vedoucímu práce panu RNDr. Petru Hekerovi, Ph. D. za poskytnutí možnosti její realizace, jeho ochotu, čas a trpělivost, dále za cenné rady a připomínky a celkové odborné vedení práce. Velký dík patří také mojí rodině, především za pomoc při terénních měřeních a odběrech a psychickou podporu při psaní bakalářské práce.

## 1. Úvod

Voda je chemická sloučenina, která je na naší planetě, právem nazývané jako Modrá planeta, nejrozšířenější látkou podmiňující vznik a existenci života. Voda pokrývá 71% povrchu Země, avšak 97% zásob vody tvoří voda slaná v mořích a oceánech a jen necelé 3% zahrnuje pro nás nejdůležitější voda sladká. Z toho je navíc okolo 68% sladké vody v pevném skupenství (ledovce, ledové příkrovy) a kolem 31% tvoří již pro člověka mnohem dostupnější podzemní voda. Na povrchovou vodu v kapalném skupenství pak připadají jen pouhé tři desetiny procenta z čehož 87% jsou sladkovodní jezera, 11% bažiny a konečně 2% představují řeky. Z tohoto výčtu rozložení zásob vody na Zemi tedy vyplývá, že podíl zásoby vody ve vodních tocích je velmi malý – celkově činí jen 0,0001 % (Nováček 2010). I přes tento fakt je nutné si uvědomit, že tento zdroj vody je pro nás z daleka nejdůležitější. Nejvíce vody z řek člověk odebírá pro potřeby průmyslu a zemědělství. Také ve vodárnách je samozřejmě často využívána říční voda pro úpravu na pitnou vodu. Pitná voda je dnes vyráběna úpravou jak povrchové tak i podzemní vody, ale v obou případech je největším zdrojem výchozí suroviny krajina řek. Je to buďto přímo povrchový říční tok, nebo mělká podzemní (freatická) voda, čerpaná z aluvia řeky, nebo z hlubších štěrkopískových horizontů. V České republice je přibližně 42 % obyvatelstva zásobováno pitnou vodou z podzemních zdrojů, 30 % z povrchových zdrojů a 23 % ze smíšených zdrojů (Štěrba a kol. 2008). K zajištění plynulé dodávky vody z řek pak slouží vodárenské nádrže, budované pokud možno na čistých tocích nejlépe v horách. S odběrem vody jsou ale také spojeny komplikované problémy kvality vody, jejího dostatku a zajištěností dodávky. Například právě u vodárenských nádrží je ústředním problémem vodní květ, jehož vývoj je podmíněn trojí přítoků a má tedy širší souvislost s celkovým ekologickým stavem řeky ale i celkového povodí nad nádrží (ib).

Nyní se tedy začínáme dostávat k složité problematice čistoty a kvality vod. Nesmíme zapomínat, že zásoby sladké vody jsou na zemi nerovnoměrně rozložené a jejich dostatek a kvalita jsou mnohde limitujícími faktory pro rozvoj společnosti. S neustále rostoucí světovou populací lidí, rostou i nároky na spotřebu vody. Samotná fyziologická spotřeba jednoho člověka je 3 až 5 litrů na den, ale reálná spotřeba je samozřejmě mnohem vyšší. Průměrná spotřeba vody na jednoho obyvatele ve velkých evropských městech činí 300–400 litrů vody na den, což je tedy stonásobek fyziologické potřeby (Nováček 2010). S vysokou spotřebou vody ať už v zemědělství, průmyslu, veřejných budovách, či

domácnostech souvisí problém produkce obrovského množství různých druhů odpadních vod, které v našich podmínkách nemohou končit nikde jinde než opět v řekách. Každé město či vesnice tedy potřebuje svojí řeku nebo potok nejen jako zdroj vody ale především jako recipient svých odpadních vod. Doba kdy tento nelehký úkol neboli lépe službu dokázaly řeky samy zvládnout je dávno pryč. V posledních stoletích a někde i dodnes tak mají odpadní vody zásadní vliv na kvalitu vody a celkový stav říčních ekosystémů.

V České republice bylo ještě počátkem devadesátých let minulého století vnímáno znečištění zejména povrchových vod jako jeden z nejpálčivějších problémů životního prostředí. Většina významných vodních toků patřila do kategorií silně či velmi silně znečištěných (kategorizace podle ČSN 75 7221 Jakost vod – Klasifikace jakosti povrchových vod). Navíc se objevovaly i vážné kontaminace podzemních vod. Zprvu (v první polovině devadesátých let 20. století) klesalo znečištění hlavně v důsledku snižování a modernizace průmyslové výroby, potom se začala projevovat výstavba čistíren odpadních vod (ČOV) a jejich modernizace, což pokračuje dodnes. Průměrná účinnost ČOV (poměr množství znečištění na přítoku a odtoku) je velmi vysoká, u BSK<sub>5</sub> je odstraněno více než 97 % znečištění, u CHSK<sub>Cr</sub>, je to 94 %. Fosforu je odstraňováno 85 % a dusíkatých látek okolo 71 % (Volaufová 2008). Z toho však vyplývá, že s určitým zbytkovým znečištěním se řeky stále musí vyrovnávat samy. S rozvojem analytických metod se také zjišťuje, že zbytkové organické znečištění v odtocích z městských ČOV není tvořeno jen běžnými látkami či produkty metabolismu bakterií aktivovaného kalu, ale stále častěji i látkami, které se objevují v odpadních vodách nově, s postupující změnou životního stylu obyvatelstva. Jsou to například fluorované látky (surfaktanty, impregnace), zbytky léčiv (analgetik, antirevmatik, antibiotik, antidepresiv), hormonů (hormonální antikoncepce) a různých hygienických či kosmetických výrobků, které často obsahují různé antimikrobiální látky. Většina těchto látek prochází čistírnami odpadních vod beze změny, některé dokonce po průchodu čistírnou degradují na toxičtější nebo endokrinně účinné látky, ačkoli původní látka tak toxická či endokrinně účinná nebyla (Kodeš, Leontovyčová 2008). Přetrvávajícím problémem může být ještě i znečišťování difuzního a plošného charakteru a to zejména nekontrolovatelné a obtížně měřitelné množství odpadních vod z rozptýlené zástavby a zemědělských podniků, a dále především vymývání hnojiv a přípravků na ochranu rostlin z intenzivně využívané zemědělské půdy.

I přes stále přetrvávající problémy (malé obce bez ČOV, eutrofizace povrchových stojatých vod aj.) se Česká republika může zařadit mezi vodohospodářsky nejvyspělejší země Evropské unie. Je to jednak díky dobré výchozí pozici již při vzniku ČR, neboť již

na konci období socialismu v r. 1989 bylo v české části ČSSR připojeno ke kanalizaci 72,4 % obyvatel a čištěno 71,5 % odpadních vod (Wanner 2016). Dále také díky současné legislativě, kdy je vypouštění odpadních vod do recipientu řízeno zákonem o vodách č. 254/2001 Sb., nařízením vlády č. 229/2007 Sb. o ukazatelích a hodnotách přípustného znečištění povrchových vod a odpadních vod a prováděcími vyhláškami k tomuto nařízení vlády. Dále i Zákonem o vodovodech a kanalizacích pro veřejnou potřebu č. 274/2001 Sb. v platném znění a prováděcí vyhláškou č. 428/2001 Sb. v platném znění. Nařízení vlády č. 229/2007 Sb. pak určuje mezní limity látek, které mohou být do řek vypouštěny.

Podle nejaktuálnější tzv „Modré zprávy“ MZ a MŽP je situace následující: v roce 2016 žilo v domech připojených na kanalizaci 8,944 mil. obyvatel České republiky, což představuje 84,7 % z celkového počtu obyvatel. Do kanalizací bylo vypuštěno (bez zpoplatněných srážkových vod) celkem 446,9 mil. m<sup>3</sup> odpadních vod. Z tohoto množství bylo čištěno 97,3 % odpadních vod (bez zahrnutí vod srážkových), což představuje 434,9 mil. m<sup>3</sup>. Délka kanalizační sítě byla v roce 2016 prodloužena o 1 257 km a dosáhla tak celkové délky 47 141 km. Celkový počet ČOV se dle údajů ČSÚ zvýšil oproti předešlému roku o 59 na celkový počet 2 554 v celé ČR (Zpráva o stavu vodního hospodářství České republiky 2016).

Podle statistik se tedy situace po této stránce stále postupně zlepšuje, kromě samotného zvyšování počtu ČOV je však důležité i zlepšování jejich technologií. Kromě toho je jistě potřeba věnovat pozornost celkovému ekologickému stavu říčních sítí, zaměřit se na jejich ochranu a revitalizaci. Pro odbourávání zbytkového znečištění v řekách je zapotřebí, aby dobře fungoval proces jejich samočištění, který spočívá v tom, že převážná část znečištění přiváděného do toku může být vlivem působení mikroorganismů za přítomnosti kyslíku postupně rozkládána přes jednodušší formy až na minerální látky. Rychlost procesu je ovlivňována řadou faktorů, a to především teplotou vody, množstvím mikroorganismů a přítomností kyslíku. Rychlost odbourávání znečištění je tedy velmi nízká i na horních tocích řek, kde je sice dostatek kyslíku, ale minimální množství mikroorganismů a nízká teplota vody. Proto i malé množství odpadní vody může způsobit zatížení ve velmi dlouhých úsecích toku (Gorda a kol. 2007). Je také známo, že samočištění probíhá rychleji v přírodních (či alespoň v přírodě blízkých) podmínkách, zatímco v narušených, zregulovaných či jinak silně odpřírodněných znečištěných řekách může být značně omezeno nebo nemůže probíhat téměř vůbec.



## 2. Cíle

Hlavním cílem této práce je posoudit vliv čistírny odpadních vod v Uničově na vybrané fyzikálně-chemické parametry vody recipientu, řeky Oskavy, na základě jejich pravidelného sledování a porovnání získaných hodnot v ovlivněné a neovlivněné části toku během roku 2017 a zjistit jak významně se hodnoty daných parametrů během tohoto roku mění. Dále v obou částech toku na základě získaných průměrných hodnot u některých z vybraných parametrů (tj. rozpuštěný kyslík, konduktivita vody, amonný dusík, dusičnanový dusík a fosfor) orientačně stanovit třídu jakosti vody na základě mezních hodnot uvedených v technické normě ČSN 75 7221 (Jakost vod – Klasifikace jakosti povrchových vod).

### 3. Teoretický základ

#### 3. 1. Odpadní vody

Odpadní vody jsou vody použité v obytných, průmyslových, zemědělských, zdravotnických a jiných stavbách, zařízeních nebo dopravních prostředcích, pokud mají po použití změněnou jakost (složení nebo teplotu), jakož i jiné vody z nich odtékající, pokud mohou ohrozit jakost povrchových vod nebo podzemních vod (např. odtoky srážkových vod, pokud byly po spadnutí znečištěny). Odpadní vody jsou i průsakové vody z odkališť nebo skládek odpadu bez ohledu na jejich jakost. Za odpadní vody se podle legislativy naopak nepovažují vody z drenážních systémů odvodňovaných zemědělských pozemků, vody užití na plavidlech, u nichž došlo pouze ke zvýšení teploty, dále nepoužité minerální vody z přírodního léčivého zdroje nebo zdroje přírodní minerální vody (podrobněji viz Zákon č. 254/2001 Sb.). Odpadní vody se obvykle dělí na tři kategorie:

Splaškové (splšky) – vody pocházející z domácností, hygienických zařízení, objektů společného stravování, ubytování apod., u nichž hlavní podíl znečišťujících látek připadá na moč a fekálie.

Průmyslové – jsou to vody použité a znečištěné ve výrobním procesu (včetně chladicích vod), které pro daný proces již nejsou použitelné. Do této kategorie patří i vody ze zemědělství.

Městské – jsou to především splšky, často ve směsi s průmyslovými vodami z podniků v daném sídle, případně ještě s dešťovými a jinými vodami (např. z čištění ulic a veřejných prostranství) odváděnými veřejnou kanalizací (Pitter 2009). Ve městech se nejvíce uplatňuje centralizované odvádění odpadních vod do společné čistírny. Kanalizace může být jednotná, která odvádí jedním trubním profilem splškové i dešťové vody – musí být tedy navržena pro velké dešťové odtoky. Nebo může být oddílná, kdy dva trubní systémy odvádí splšky a dešťovou vodu zvlášť a ta tak může být odváděna nejkratšími cestami do vodního toku. Náklady na budování kanalizace jsou však obecně vysoké a proto v některých oblastech s rozptýlenou zástavbou či v menších obcích kanalizace chybí. Pro tyto případy slouží decentralizovaná řešení, která jsou založena na zneškodňování odpadních vod v jednotlivých domech. V úvahu přicházejí alespoň bezodtokové žumpy, septiky kombinované se zemními filtry, nebo v nejlepším případě domovní čistírny (Adámek a kol. 2010).



### 3. 2. Čistírna odpadních vod

Aby mohly být odpadní vody z měst svedené kanalizací vypuštěny do vodního toku, musí být nejdříve vyčištěny v městských ČOV. Každá ČOV je projektovaná pro určitou kapacitu vyjádřenou počtem ekvivalentních obyvatel. Specifické množství odpadních vod je množství OV, připadající na jednoho obyvatele nebo na jednotku charakterizující určitý výrobní proces, vztažené na jednotku času. Populační ekvivalent je míra znečištění vyprodukovaná jedním obyvatelem za jeden den. Nejčastěji se používá populační ekvivalent 60g BSK<sub>5</sub> na jednoho obyvatele za jeden den (Pitter 2009). Ekvivalentní počet obyvatel je pak fiktivní počet obyvatel, který by produkoval dané znečištění vypočtený na základě populačního ekvivalentu. Kromě toho se ČOV samozřejmě liší i podle technologií čištění, v současnosti je dominantním způsobem tzv. mechanicko-biologická aktivační technologie. Čistící proces v těchto zařízeních probíhá obvykle ve třech stupních, kdy první dva (primární a sekundární) se podílejí na odstranění plovoucích a usaditelných látek a dále zejména rozpuštěných organických látek a ve třetím (terciárním) stupni pak dochází k odstraňování minerálních nutrientů.

#### 3. 2. 1. Primární stupeň čištění

První stupeň čištění, nazývaný také mechanickým stupněm, spočívá v zachycování a sedimentaci částic, suspenzí a unášeného hrubozrnného a makroskopického materiálu. Nejprve je voda přitékající na čistírnu zbavována větších předmětů a materiálů, které se zachycují na hrubých česlích (např. kusy dřeva, shluky textilií, plastů apod.) a jemných česlích či sítích (hadry, zbytky rostlin aj.). Drobnější hrubé částice jako štěrk a písek jsou pak zachycovány v lapačích písku, což je nádrž nebo i více nádrží za sebou, kterými pomalu proudí voda, čímž dochází k sedimentaci. V dalších usazovacích nádržích pak dochází k sedimentaci jemnějších usaditelných nerozpuštěných látek včetně jemného organického kalu. Všechny sedimentační nádrže mají dno zakončené jímkou na kanalizaci, která ústí ve vyhnívací komoře. Naopak nerozpustné látky jako tuky, mohou být odstraňovány lapači tuků, pomocí kterých je vytvořena tuková emulze, případně další nečistota do vyhnívací nádrže odváděna z hladiny. Na konci primárního stupně je tedy odpadní voda již mechanicky čistá a může být vystavena dalším čistírenským procesům.

### 3. 2. 2. Sekundární stupeň čištění

Druhým stupněm čištění je biologické čištění, při kterém je využívána biochemická aktivita různých mikroorganismů (zejména bakterií), které rozkládají a mineralizují organický materiál. Odpadní voda je zde tedy zbavována neusaditelných a rozpuštěných organických látek.

Biologický stupeň může využívat dva technicky odlišné procesy založené na růstu a aktivitě biologických společenstev.

V prvním případě jsou to procesy založené na růstu a aktivitě organismů v přisedlé složce, které zahrnují aerobní čištění v biofilmových reaktorech. Tyto reaktory se rozdělují podle typu nosiče a podle způsobu jeho kontaktu s odpadní vodou a případně se vzduchem do několika základních skupin: zkrápěné biologické kolony (biofiltry), ponořené biologické kolony, rotační biofilmové reaktory a reaktory s kombinovanou kultivací do biomasy. Přiváděné znečištění se činností mikroorganismů rozkládá nebo transformuje do biomasy, která postupně narůstá. Kusy biomasy uvolněné od nosiče se z vyčištěné vody odstraňují zpravidla usazováním (Adámek a kol. 2010).

Druhým případem jsou procesy založené na růstu a aktivitě organismů v suspendované polykultuře, neboli aerobní čištění směsnou kulturou ve vzhledu nazývané jako aktivace. Aktivační proces je v současnosti nejpoužívanějším typem biologického čištění mechanicky předčištěných městských i průmyslových vod s převládajícím organickým znečištěním. Aktivační proces se skládá z vlastní biologické jednotky – aktivační (aerační) nádrže a separační jednotky tvořené dosazovací nádrží. Princip aktivačního procesu spočívá ve vytvoření aktivační směsi, v níž je část mikroorganismů rozptýlena ve vodě a větší část ve vločkách, které tvoří tzv. aktivovaný kal. Vznik této kultury je výsledkem směšování přitékající OV s recirkulovaným (vráceným) aktivovaným kalem a provzdušňování této směsi vzduchem za intenzivního míchání po určitou dobu v aktivační nádrži. Během této doby dojde k přírůstku aktivovaného kalu a úbytku rozložitelných organických látek v čištěné vodě. Tato aktivační směs (AS s čištěnou OV) se vede do dosazovací nádrže, kde se oddělí a zahustí. Část zhuštěného kalu (vloček) se vrací opět do aktivační nádrže (recirkulace pro zajištění potřebné koncentrace biomasy) a přebytečný kal se odstraní a zpracuje spolu s kalem ve vyhnívací komoře. Voda oddělená z aktivační směsi, obsahující zbytkové znečištění v podobě štěpných produktů vysokomolekulárních látek a látkové výměny společenstva, je biologicky vyčištěná a může být již vypuštěna do recipientu (ib).

### 3. 2. 3. Terciární stupeň čištění

Odpadní vody po absolvování předchozích dvou stupňů čištění obsahují ještě zbytky nutrietů, které zatěžují recipienty přísunem živin. Aby tedy kvůli tomu nedocházelo ke zhoršování kvality jejich vod, je potřeba dosahovat vyšších účinností odstraňování organických látek a to především dusíku a fosforu. Technologická linka čištění se proto rozšiřuje o další jednotkové operace, kdy každá z nich má za úkol odstranit specifickou skupinu látek. Aplikace těchto operací bývá někdy nazývána také jako chemické čištění (dočištění), ačkoliv existují i biologické či kombinované způsoby.

Dusík se vyskytuje ve formě dusičnanů a především pak amoniaku, fosfor ve formě ortofosfátů (fosforečnanů). Právě u anorganického dusíku je jednou z nejužívanějších cest snížení koncentrace jeho biologické odstraňování, které spočívá v biochemické oxidaci amoniakálního dusíku (nitrifikaci) na dusitany a dusičnany a v jejich následné biochemické redukci (denitrifikaci) na plyný dusík, který unikne do ovzduší. Fosfor se chemicky odstraňuje aplikací solí, např. chloridu železitého, síranu železitého, síranu hlinitého či hydroxidu vápenatého s účinností až 90 % navázání ortofosfátu (Ambrožová 2007). Toto srážení fosforu se provádí aplikací zmíněných iontů již v přítoku na čistírnu či v aktivační nádrži nebo až ve vyčištěné vodě. I přesto, že je tento princip účinný, má řadu nevýhod, a proto jsou i zde v praxi prosazovány spíše biologické alternativy, které využívají bakterie (tzv. poly-P bakterie) schopné akumulovat fosfáty (Adámek a kol. 2010).

### 3. 3. Vybrané parametry – charakteristika a možné dopady na recipient

Mezi minimální rozsah rozborů odpadních vod přitékajících a odtékajících z ČOV patří stanovení BSK<sub>5</sub>, CHSK<sub>Cr</sub>, NL, amoniakálního a celkového dusíku a celkového fosforu. Dále se stanovuje ještě TOC, což se však požaduje jen u kategorie ČOV nad 100 000 EO. Podle místních podmínek mohou být vybrány ještě i další ukazatele jako RAS, AOX, Hg, Cd a další zejména těžké a toxické kovy (Pitter 2009).

Vyčištěné OV je také možné zkoumat z hlediska toxicity, která se stanovuje pomocí testů toxicity na vybraných organismech a to na rybách, bezobratlých či řasách nebo bakteriích (Ambrožová 2007).

Parametry, kterými se zabývá tato práce budou blíže charakterizovány v následujících podkapitolách.

### 3. 3. 1. Fyzikální a fyzikálně-chemické faktory

#### Teplota vody

Teplota je jedním z významných ukazatelů jakosti a vlastností vody. Významnost teploty povrchových vod spočívá v jejím ovlivnění rozpustnosti kyslíku, rychlosti biochemických pochodů a tím i celého procesu samočištění. Například poločas rozkladu močoviny v povrchové vodě může v teplotním rozmezí 5 °C až 20 °C vzrůst až několikanásobně. S rostoucí teplotou a zásaditostí vody se také několikanásobně zvyšuje i podíl toxického nedisociovaného amoniaku na celkové koncentraci amoniakálního dusíku. Při teplotě blízké nule pak většina biochemických procesů probíhá jen pozvolna nebo vůbec ne.

Při vypouštění oteplených vod do povrchových vod se někdy hovoří o tepelném znečištění či zatížení. Při povoleném vypouštění odpadních vod nesmí být v povrchové vodě překročena teplota 25 °C a vzrůst teploty vody v toku na konci mísící zóny nesmí být vyšší než 3 °C. Teplota splaškových vod v kanalizaci závisí na ročním období. V zimě obvykle kolísá v rozmezí od 8 °C do 12 °C a v létě se přibližuje 20 °C (Pitter 2009).

Teplota vody v tocích přirozeně vykazuje denní a sezónní oscilace. Někdy podléhá více výkyvům teploty vzduchu (osvětlené plytké úseky toku), jindy kolísá minimálně pod vlivem silného zdroje (ledovec, podzemní vody, zastínění). Pravidlem je, že roční průběh teploty vody v toku se poněkud zpožďuje za vývojem teploty vzduchu (Lellák, Kubíček 1992).

#### Kyslík ve vodě

Kyslíkový režim je jedním z nejdůležitějších faktorů všech vodních systémů, protože je rovněž nezbytný pro řadu důležitých chemických i biochemických procesů a reakcí, často bývá limitujícím faktorem pro život různých organismů a je také důležitým kritériem při hodnocení kvality vody. Vodní nádrže a toky s velkým organickým znečištěním mají nedostatek rozpuštěného kyslíku, avšak proces samočištění je právě na jeho dostatku závislý.

Aktuální obsah rozpuštěného kyslíku ve vodě určitého toku pochází ze vzduchu a z fotosyntetické činnosti vodních rostlin. Rostlinný podíl produkce kyslíku závisí na druhu a množství rostlin, na délce a intenzitě efektivního osvětlení a na dostatku vhodných živin.

Kyslík spotřebovávají při dýchání (respiraci) jak živočichové tak rostliny a dále také mikroorganismy při rozkladu (dekompozici) organické hmoty. Množství absorbovaného kyslíku z ovzduší přímou difúzí pak závisí na velikosti styčné plochy vody a vzduchu, na barometrickém tlaku ovzduší, salinitě, na proudění a zvláště na teplotě vody (s rostoucí teplotou rozpustnost kyslíku ve vodě klesá).

Koncentrace kyslíku v malých a proudivých tocích kolísá kolem hranice nasycení nebo ji mírně přesahuje. K vysokému nasycení vody kyslíkem pochopitelně dochází v peřejnatých úsecích, ve vodopádech, na jezích apod. Přesycení bývá obvykle výsledkem aktivní bilance primární produkce a může tak činit i kolem 150 %. Vody hlubších a klidnějších řek mívají naopak o něco nižší koncentraci kyslíku vlivem zvýšeného množství organických látek a snížené turbulence. Značné zhoršení kyslíkových podmínek může nastávat u toků se souvislou ledovou pokrývkou (ib).

#### Elektrolytická konduktivita (měrná vodivost)

Tato veličina, která se v rozbořech vody označuje obvykle jen jako konduktivita, je mírou koncentrace ionizovatelných anorganických a organických součástí vody. V přírodních a užitkových vodách s velmi nízkou koncentrací organických látek je konduktivita mírou obsahu anorganických elektrolytů (anionů a kationů). Ve zředěných roztocích je konduktivita lineární funkcí koncentrace iontů. Složky, které jsou v těchto vodách přítomné převážně jako neelektrolyty (křemík, bor) se na konduktivitě nepodílejí. V průmyslových odpadních vodách, obsahujících ionizovatelné organické látky, musí být vztah konduktivity k anorganickým rozpuštěným látkám posuzován obezřetně.

Konduktivita tedy závisí na koncentraci iontů, jejich nábojovém čísle, pohyblivosti a také na teplotě (se vzrůstem teploty se zvyšuje). Jednotkou vodivosti (konduktance) je siemens S a jednotkou konduktivity je  $S \cdot m^{-1}$ . V hydrochemii a analytice vody jsou hodnoty konduktivity zpravidla malé, proto údaje bývají běžně v  $mS \cdot m^{-1}$  nebo  $\mu S \cdot cm^{-1}$  ( $1 \mu S \cdot cm^{-1} = 0,1 mS \cdot m^{-1}$ ).

Stanovení konduktivity je běžnou součástí chemického rozboru vody. Hodnotu lze získat poměrně snadno a rychle, umožňuje proto bezprostřední odhad koncentrace iontově rozpuštěných látek a celkové mineralizace ve vodách. Dále umožňuje získat okamžitou představu o časových změnách v koncentraci anorganických rozpuštěných látek

v přírodních, užitkových a odpadních vodách, protože měření lze snadno provádět kontinuálně, což má značný význam při průběžné kontrole jakosti těchto vod (Pitter 2009).

### Reakce vody (pH)

Kyselost vodných roztoků je způsobena nadbytkem vodíkových  $H^+$  iontů, zásaditost nadbytkem hydroxylových iontů  $OH^-$ . V přirozených vodách je reakce vody určována rovnovážnými stavy mezi kyselinou uhličitou a jejími solemi, ale velmi často především mezi volným oxidem uhličitým a hydrouhličitánem. Jakákoli změna v koncentraci jednoho z těchto iontů má za následek změnu koncentrace druhého. Pro vyjádření kyselé či alkalické reakce se používá tzv. vodíkového exponentu pH.

Hodnota pH je definována jako záporný dekadický logaritmus aktivity vodíkových iontů podle formule  $pH = -\log (H^+)$ . Při hodnotě pH 7 (neutrální reakce) jsou aktivity vodíkového a hydroxidového iontu stejné. Hodnota pH se může pohybovat v otevřeném intervalu (0;14), kyselé prostředí má hodnotu  $pH < 7$  a alkalické (zásadité) hodnotu  $pH > 7$ . Hodnota pH má mimořádný význam, protože ovlivňuje většinu fyzikálně chemických, chemických a biochemických procesů probíhajících ve vodách a může samozřejmě výrazně ovlivnit jejich jakost a oživení.

Reakce splaškových odpadních vod bývá slabě alkalická, hodnota pH se obvykle pohybuje v rozmezí asi od 6,5 do 8,5. Vyšší naměřené hodnoty pak pravděpodobně souvisejí s vypouštěním některých průmyslových vod do kanalizace (ib).

### 3. 3. 2. Sloučeniny dusíku

Sloučeniny dusíku mohou být buď anorganického nebo organického původu. V biosféře neovlivněné antropogenní činností jsou převážně biogenního původu, vznikají rozkladem organických dusíkatých látek rostlinného a živočišného původu.

Splaškové odpadní vody jsou jedním z významných zdrojů anorganických i organických sloučenin dusíku. Dalším významným zdrojem jsou odpady ze zemědělství, z živočišné výroby jde především o amoniakální dusík. Dále jsou to splachy ze zemědělsky obdělávané půdy hnojené dusíkatými hnojivy a některé průmyslové odpadní vody (např. z potravinářského průmyslu a tepelného zpracování uhlí). K vyplavování dusičnanů z půd

dochází podle okolností. V období vegetačního klidu je vyplavování podstatně vyšší než v období vegetačním, závisí to ale také na klimatických podmínkách a složení půdy.

Obsah dusíku ve splaškových vodách odpovídá obvykle 12g N na jednoho obyvatele za jeden den (specifická produkce celkového N). Hlavním zdrojem dusíkatých látek je moč, ve které je nejvíce zastoupena močovina. Močovina však velmi snadno podléhá biologické hydrolyze a rozkládá se na amoniakální N. Biologickým změnám snadno podléhají i ostatní formy organicky vázaného N, proto se kvalitativní i kvantitativní zastoupení jeho forem značně mění na čase.

V surových (čerstvých) splaškových vodách jsou tedy hlavními dusíkatými látkami amoniakální dusík, močovina a volné a vázané aminokyseliny. Oxidované formy (dusitany a dusičnany) jsou pak zastoupeny jen v malé míře. Koncentrace se však mohou lišit v závislosti na podílu průmyslových odpadních vod (ib).

#### Amoniakální dusík ( $\text{NH}_4^+$ , $\text{NH}_3$ )

Jako minerály se jednoduché amonné soli v přírodě nevyskytují a nejsou proto přítomny ve vodách přírodního původu. Amoniakální N je primárním produktem rozkladu většiny organických dusíkatých látek živočišného a rostlinného původu. K významným antropogenním zdrojům, kromě samotných splaškových a dalších odpadních vod patří i kalová voda z anaerobní stabilizace čistírenských kalů. Nezanedbatelným zdrojem mohou být i emise amoniaku v okolí závodů živočišné velkovýroby. Do atmosférických vod se pak amoniakální N dostává i z průmyslových exhalací.

V povrchových vodách obvykle koncentrace amoniakálního N nepřevyšují  $1 \text{ mg l}^{-1}$ . Amoniakální N působí velmi toxicky na ryby, kdy toxicita do značné míry závisí na hodnotě pH, protože toxický účinek nemá ion  $\text{NH}_4^+$ , ale nedisociovaná molekula  $\text{NH}_3$ , protože proniká buněčnými membránami. Koncentrace nedisociovaného amoniaku stoupá jednak s rostoucím pH (zásaditostí) a také s rostoucí teplotou vody. V průběhu intoxikace ryb amoniakem vstupují do popředí nervové příznaky. Nedisociovaný amoniak rovněž působí toxicky na zooplankton. Údaje o přípustných koncentracích se v literatuře liší, protože závisejí na době expozice, teplotě, koncentraci kyslíku, druhu ryb a také na celkovém složení vody. Obecným požadavkem koncentrace amonného N ( $\text{N- NH}_4^+$ ) je koncentrace okolo  $0,5 \text{ mg l}^{-1}$ , konkrétně pro lososovité ryby  $0,03 \text{ mg l}^{-1}$  a pro kaprovité

0,16 mg l<sup>-1</sup>. Amoniakální a celkový N samozřejmě patří mezi ukazatele přípustného znečištění vypouštěných splaškových a městských OV do vod povrchových (ib).

## Dusičnany

V minerálech jsou dusičnany obsaženy jen velmi zřídka (ve větším množství se v některých mimoevropských lokalitách vyskytuje dusičnan sodný – chilský ledek). Dusičnany vznikají hlavně sekundárně při nitrifikaci amoniakálního N a jsou konečným stupněm rozkladu dusíkatých anorganických látek v oxickém prostředí. Za oxických podmínek jsou pak dále stabilní, za anoxických pak podléhají biologické denitrifikaci za vzniku elementárního dusíku, resp. Oxidu dusného. Dalším zdrojem je hnojení zemědělské půdy dusíkatými hnojivy. Anorganického původu jsou pak dusičnany v atmosférických vodách (NO<sub>2</sub> vzniká jednak oxidací NO a je také součástí emisí ze spalování paliv), které jsou příčinou zvyšujících se koncentrací v povrchových vodách.

Ve vodách se dusičnany vyskytují ve formě jednoduchého anionu NO<sub>3</sub><sup>-</sup> a jejich koncentrace se často vyjadřují jako dusičnanový dusík N- NO<sub>3</sub><sup>-</sup>.

Dusičnany se přirozeně vyskytují téměř ve všech vodách a patří mezi čtyři hlavní anionty. Jejich koncentrace však vzrůstají zejména v důsledku vzrůstajícího počtu obyvatel a zemědělské činnosti. Nízké koncentrace dusičnanového N se vyskytují na horních tocích řek, většinou do 1 mg l<sup>-1</sup>, avšak ve středních a dolních tocích mohou průměry běžně činit i 4 až 5 mg l<sup>-1</sup>.

Dusičnany jsou sami o sobě málo škodlivé. Mohou však škodit nepřímo tím, že se v gastrointestinálním traktu mohou redukovat vlivem bakteriální činnosti na toxickejší dusitany (pokud nejsou dusičnany takto redukovány, vylučují se poměrně rychle močí). Dusitany pak reagují s hemoglobinem na methenoglobin, který v krvi nemá schopnost přenášet kyslík. Problém vzniká především u kojenců (u dospělé populace jen ojediněle) v oblastech, kde pitná voda obsahuje velké množství dusičnanů. V požadavcích na jakost pitné vody ze z důvodu prevence uvádí nejvyšší mezní hodnota N- NO<sub>3</sub><sup>-</sup> 11,3 mg l<sup>-1</sup>. Pro ryby jsou dusičnany velmi slabě jedovaté, jako nejvyšší přípustná koncentrace N- NO<sub>3</sub><sup>-</sup> pro kapra se udává 18,07 mg l<sup>-1</sup> ale třeba pro pstruha jen 4,5 mg l<sup>-1</sup>.

Dusičnany patří mezi významné nutriety, které nepříznivě ovlivňují eutrofizaci povrchových vod. Obecný standard dusičnanového N pro přípustné znečištění povrchových vod je 7 mg l<sup>-1</sup> a pro celkový dusík 8 mg l<sup>-1</sup>. (Nařízení vlády č. 229/2007 Sb.) Tímto je



nepřímo omezena i koncentrace dusičnanů ve vypouštěných splaškových a městských vodách (Pitter 2009). Snaha o omezení znečištění vod dusičnany ze zemědělských zdrojů vedla mimo jiné k vydání tzv. nitrátové směrnice (platná v EU od roku 1991, v ČR byl vyhlášen akční program v roce 2003 a většina území státu byla vyhlášena jako zranitelná oblast).

### 3. 3. 3. Sloučeniny fosforu

Přírodním zdrojem fosforu ve vodách je rozpouštění a vyluhování některých půd, minerálů a zvětralých hornin (vyvřelých i metamorfovaných). Obsah fosforu v půdách se pohybuje v rozmezí 400 až 1200 mg kg<sup>-1</sup>. Hlavním primárním minerálem je apatit, dále i variscit, strengnit, vivianit a struvit. Zdrojem fosforu organického původu je rozkládající se biomasa fytoplanktonu a zooplanktonu hromadící se na dně toků, nádrží a jezer.

Antropogenním zdrojem anorganického P mohou být některé prací, čistící, odmašťovací a mycí prostředky, včetně protikorozních a protiinkrustačních přípravků. Dalším zdrojem anorganického P je aplikace fosforečných hnojiv. Zdrojem anorganického i organického P je fosfor obsažený v živočišných odpadech, velkochovy hospodářských zvířat mohou tedy být významným bodovým zdrojem. Sloučeniny P se dostávají do povrchových vod i z atmosférických depozic.

Velkým zdrojem fosforu mohou samozřejmě být i splaškové vody. V pitných a užitkových vodách sloučeniny P obvykle přítomny nejsou, takže pocházejí pouze z moče, fekálií, pracích a čistících prostředků a zbytků potravy. Fosfor se zde vyskytuje jako organicky i anorganicky vázaný, nejčastěji se stanovuje jako celkový fosfor. Anorganicky vázaný P pochází především z pracích a čistících prostředků, kde je přítomen jako polyfosforečnany, které však podléhají chemické a biologické hydrolyze. Ta může při vyšších teplotách probíhat již při praní a polyfosforečnany jsou pak v OV přítomny jako orthofosrečnany.

Člověk samotný produkuje asi 1 až 2 g P za 1 den (obvykle se udává hodnota 1,6 g), čemuž odpovídá koncentrace P ve splaškových vodách asi 10 mg/l<sup>-1</sup>, převážně fekálního původu. S rozvojem výroby pracích a čistících prostředků obsahujících polyfosforečnany jako aktivační přísady vzrostla v šedesátých letech koncentrace P několikanásobně a udávaly se hodnoty specifické produkce až 5 g na 1 obyvatele za 1 den a v OV se objevovaly i koncentrace až 30 mg l<sup>-1</sup>. V posledních desetiletích však byly fosforečnanové

prostředky postupně nahrazovány bezfosforečnanovými. V ČR se v současné době počítá se specifickou produkcí asi 2,5 g celkového P na 1 obyvatele za 1 den. Koncentrace ve splaškových a městských OV se nyní obvykle pohybují v jednotkách  $\text{mg l}^{-1}$  a převýšení 10  $\text{mg l}^{-1}$  je již méně časté.

Vzhledem k tvorbě málo rozpustných fosforečnanů s Ca, Mg, Fe, Al a pod. a vzhledem jejich vzájemné chemisorpci na tuhých fázích (hlinitokřemičitanech, hydratovaných oxidech kovů) se fosforečnany vyskytují v přírodních a užitkových vodách jen ve velmi nízkých koncentracích, které výjimečně převyšují 1  $\text{mg l}^{-1}$ .

Sloučeniny P mají významnou úlohu v přírodním koloběhu látek. Jsou nezbytné pro nižší i vyšší organismy, které je přeměňují na organicky vázaný P a po jejich uhynutí se fosforečnany opět částečně uvolňují do prostředí. Zvláště významně se fosforečnany uplatňují při růstu zelených organismů ve vodě (řas a sinic). Fosfor tedy často bývá tzv. limitujícím prvkem pro produkční procesy ve vodních ekosystémech a má bezpochyby klíčový význam pro eutrofizaci povrchových vod.

Naopak hygienický význam fosforečnanů ve vodách je malý. Jsou zdravotně nezávadné a v požadavcích na jakost pitných a balených vod nejsou uvedeny. Stejně tak je to i u užitkových vod s výjimkou teplých vod, kde je mezní hodnota 3,5  $\text{mg l}^{-1}$  (jako  $\text{PO}_4^{3-}$ , což je přepočteno na P 1,14  $\text{mg l}^{-1}$ ). Vzhledem k eutrofizaci je však celkový P uveden jako ukazatel přípustného znečištění povrchových vod. Obecný imisní standard pro celkový P je 0,2  $\text{mg l}^{-1}$ , pro povrchové vody užívané pro vodárenské účely jen 0,1  $\text{mg l}^{-1}$  a ještě přísnější limity jsou pro vody ke koupání a pro lososovité ryby (viz nařízení vlády č. 229/2007 Sb.).

Celkový P rovněž patří mezi ukazatele přípustného znečištění městských odpadních vod vypouštěných do povrchových vod v závislosti na velikosti zdroje znečištění. V průmyslových OV vypouštěných do městské kanalizace je pro celkový P koncentrační limit 10  $\text{mg l}^{-1}$  (ib).

## 4. Materiál a metody

### 4. 1. Řeka Oskava

Oskava je jedním z významných levostranných přítoků řeky Moravy v Olomouckém kraji. Pramení v Hanušovické vrchovině jižně od rašeliniště Skřítek v nadmořské výšce asi 860 m a teče převážně jižním směrem. Protéká obcemi Oskava, (částečně i Dolní Libina, Nová Hradečná a Šumvald), Uničov, Pňovice a Štěpánov a přijímá zleva řeky Oslavu, Tepličku a další zleva nebo zprava přitékající krátké a málo vodnaté toky (např. Dědinský potok, Benkovský potok aj.). Do Moravy se poté vlévá u Chomoutova severně od Olomouce v nadmořské výšce 213, 3 m. Celková délka toku je 50,4 km a plocha jeho povodí dosahuje 561, 2 km<sup>2</sup>. Průměrný průtok v Uničově činí 2,04 m<sup>3</sup> s<sup>-1</sup> (Burešová a kol. 2013).

Horní část toku protéká kopcovitou až hornatou převážně lesnatou krajinou (prameniště a zčásti i horní tok řeky je součástí CHKO Jeseníky). Naopak střední a dolní část toku již protéká rovinatou zemědělsky velice intenzivně využívanou krajinou Uničovské plošiny v severovýchodní části Hornomoravského úvalu, přičemž je tok v této oblasti zregulován. Oskava není příliš vodnatou řekou, roční srážkové úhrny v jejím povodí se podle Atlasu podnebí Česka z roku 2007, pohybují podle dlouhodobých průměrů (od roku 1967–2000) převážně okolo 500 až 600 mm, jen v nejvyšších partiích pak mohou stoupat k 800 až 900 mm (Tolasz a kol. 2007). Největší vodnatost je pochopitelně dosahována v první polovině jara v období, kdy dochází k odtávání sněhu naakumulovaného ve vyšších polohách povodí. V minulosti tak docházelo i k docela častému rozvodnění toku. Regulační opatření (úpravy koryta a nivy) zde byla postupně prováděna ve 20. století. Již v letech 1906–1907 byly regulace zahájeny v katastrálních územích Renoty a Dědřichov, před Olomoucí v letech 1912–1914 a v Pňovicích pak v období 1935–1938. V oblasti Uničova byly úpravy toku prováděny v letech 1973–1976 v oblasti od Brniřského mostu dále po proudu. V tomto místě má koryto tvar složeného lichoběžníku, kdy dolní a užší část koryta, nazývaná kyneta slouží k převádění menších průtoků a širší horní část, tvořená tzv. bermami, které odvádí povodňové průtoky.

Sledovaný úsek řeky tedy sám nejspíš není z biologického či ekologického pohledu nijak zvláště zajímavý, důležitý by však mohl být zejména fakt, že částečně protéká v blízkosti CHKO Litovelské Pomoraví a zvláště pak podél PR Chomoutovské jezero.

Přílišné znečištění toku by také mohlo negativně ovlivnit prameniště Pňovice a Březová, což jsou jedny z důležitých zdrojů pitné vody pro skupinový vodovod Olomouc.

#### 4. 2. ČOV Uničov

Uničov je malé město (obec s rozšířenou působností) v okrese Olomouc ležící přibližně uprostřed toku řeky Oskavy, na kterém je největším sídelním útvarem (v roce 2017 zde žilo asi 11,5 tisíce obyvatel). Město je mimo místních částí plně odkanalizované, kanalizační síť je převážně jednotná, oddílná je pouze v západní části. Tato kanalizace je vyústěna na ČOV v jižní části města na pravém břehu řeky Oskavy. ČOV a převážná část kanalizační sítě je ve vlastnictví Vodohospodářské společnosti Olomouc, a. s., provozovatelem je společnost MORAVSKÁ VODÁRENSKÁ, a. s.

ČOV byla v Uničově postavena a uvedena do provozu koncem 60. let minulého století. V roce 2003 byla dokončena její kompletní rekonstrukce a od této doby je schopna dodržovat jak požadavky současného vodního zákona, tak i směrnici Evropského společenství č. 91/271/EHS. Jedná se o mechanicko-biologickou ČOV s anaerobní stabilizací kalů s chemickým srážením fosforu navrženou na 20 000 EO s návrhovým průtokem (Q) 4 337,5 m<sup>3</sup> na den. Uspořádání technologické linky ČOV po rekonstrukci v letech 2000-2003 je následující:

##### Hrubé předčištění a mechanické čištění

Odpadní vody z města jsou na ČOV přiváděny dvěma přívodními stokami (A a B), které se spojují v odlehčovací komoře před ČOV. Z odlehčovací komory je odpadní voda kanalizačním profilem přiváděna do objektu dešťové zdrže. Na vtoku do objektu jsou hrubé, strojně stírané česle a soustava čtyř čerpadel pro čerpání vody do dešťové zdrže (4 × 160 l s<sup>-1</sup>). Dále je zde umístěn vírový regulátor v rozsahu 145 až 160 l s<sup>-1</sup> regulující přítok na kompaktní mechanické předčištění, sestávající ze stíraných jemných česle a provzdušňovaného lapáku písku a tuků. Zdrojem vzduchu jsou dvě dmychadla, společná i pro provzdušňování svozové jímky fekálních vod (27 m<sup>3</sup>) s možností řízeného vypouštění objemu jímky v době sníženého zatížení ČOV.

Mechanicky předčištěná voda natéká do vstupní čerpací stanice ( $3 \times 80 \text{ l s}^{-1}$ ) s maximálním čerpaným množstvím  $160 \text{ l s}^{-1}$  a přes měrný objekt je čerpána do kruhové usazovací nádrže, vybavené shrabovacím zařízením na stírání dna i hladiny. Primární i plovoucí kal je odtahován do dvou uskladňovacích nádrží. Za usazovací nádrží se nachází odlehčovací komora mechanicky vyčištěných vod, zajišťující maximální přítok na biologický stupeň, který je  $115 \text{ l s}^{-1}$ .

Zachycené shrabky a písek jsou skladovány v 1100 l kontejnerech v temperovaném přístřešku a dále pak odváženy na skládku.

### Biologický stupeň

Jedná se o aktivační proces s předřazeným anaerobním reaktorem ( $2 \times 160 \text{ m}^3$ ), odkud je vedena směs surové odpadní vody a vratného kalu do dvou oběhových aktivací ( $2 \times 1570 \text{ m}^3$ ) a dále pak k oddělení vyčištěné vody od aktivovaného kalu do dvou dosazovacích nádrží ( $2 \times 460 \text{ m}^3$ ). Aktivační nádrže jsou osazeny jemnobublinnými aeračními elementy a oběh vody zajišťují vždy dvě míchadla pro každou nádrž a zdrojem vzduchu jsou tři dmyhadla umístěná ve dmýchárně. Před odtokem do recipientu protéká voda ještě přes dva mikrosítové bubnové filtry. Po přefiltrování je odtok veden přes měrný objekt gravitačně do recipientu.

Vratný kal je ze dna dosazovací nádrže odtahován přes čerpací stanici vratných kalů do anaerobního reaktoru, přebytečný (sekundární) kal se čerpá do objektu strojního zahuštění přebytečných kalů, odkud je po zahuštění na rotačním zahušťovacím sítu čerpán do uskladňovacích nádrží, kde se anaerobně stabilizuje. Pro odvodnění stabilizovaného kalu slouží pojízdná mobilní odstředivka. Vzniklá kalová voda (fugát) je stejně jako kalová voda ze zahušťovacích nádrží čerpána přes akumulaci jímku na začátek aktivačního procesu (alternativně do vnitřní kanalizace a na přítok do ČOV). Odvodněný kal se skladuje v kryté skládce kalu a dále se využívá v průmyslových kompostech (předáním externím firmám).

Pro zvýšené odstraňování fosforu slouží stanice chemického srážení, přidáváním koagulantu skladovaného ve dvouplášťové zásobní nádrži o objemu  $25 \text{ m}^3$ . Dávkování koagulantu (síran železitý) se nastavuje na čerpadlech dle provozních výsledků ČOV. (Veolia, Moravská Vodárenská a. s. 2010).

#### 4. 3. Místa měření a odběrů

Terénní měření a odběry vzorků pro laboratorní analýzy jsem pravidelně prováděl na třech stanovištích.

První stanoviště (nazvané Nad ČOV), pro zjišťování stavu vybraných parametrů vody neovlivněné ČOV, jsem zvolil u mostu silnice II/446 směrem na Želechovice, který se nachází 260 metrů proti proudu od vyústění ČOV. Tento most byl však v rámci rekonstrukce úseku Uničov–Strukov na konci května roku 2017 zbourán, a tak jsem musel od června toto stanoviště posunout ještě o několik metrů dále proti proudu. Po dobu stavění nového mostu byla pod stavbou na hladině umístěna nafukovací zábrana. Obě stanoviště byla na pravém břehu, přičemž zde bylo koryto upraveno do přibližného tvaru výše popsaného složeného lichoběžníku, takže zde byl docela dobrý přístup k vodní hladině. Samotné břehy byly travnaté, nad pravým břehem se nacházel úzký břehový porost tvořený jednou řadou vzrostlejších stromů, případně keřů, za nímž již začínalo pole. Nad levým břehem pak byla neveliká zahrádkářská kolonie.



Obrázek 2: Stanoviště č.1 (nad ČOV)

Druhé stanoviště (Výpust' ČOV), které sloužilo pro zjišťování přibližného stavu vyčištěné vody se nacházelo přímo u betonového vyústění ČOV, které do toku ústilo zprava. Nad ním byla asi 100 m široká travnatá plocha občas s křovinami následovaná přes asfaltovou cestu samotným areálem ČOV. Nad protějším břehem byl břehový porost přerušovaný, byl zde jen několik metrů široký travní porost, který byl od pole oddělen ještě

polní cestou. Zde již byly po obou stranách jen strmé, téměř kolmé břehy, kdy ze strany od vyústění se dalo při nízkých stavech vody sestoupit až téměř ke hladině, jinak jsem musel odběrovou láhev a jednotlivé elektrody spustit přímo z betonové plochy vyústění.



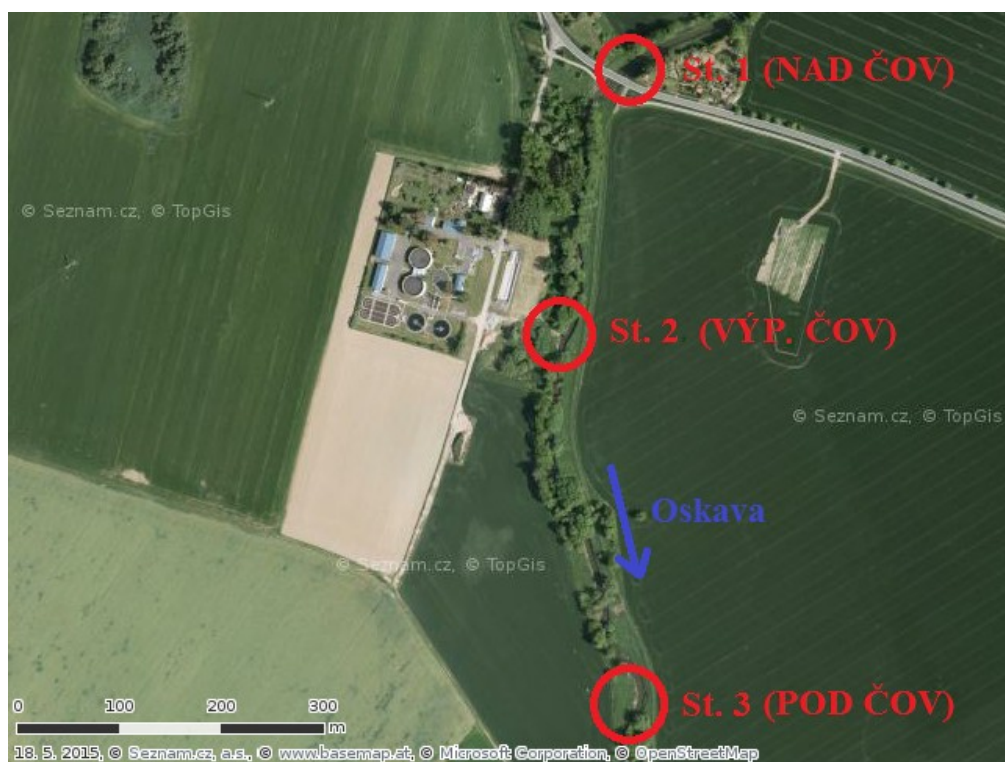
Obrázek 16: Stanoviště č. 2 (u vyústění ČOV)

Třetí a poslední stanoviště jsem vybral asi 350 m po proudu od vyústění. I přesto, že je zde snad úplná rovina, voda proudila poměrně uspokojivě, takže jsem předpokládal, že v této vzdálenosti již bude říční voda s přijímanou vodou z ČOV dostatečně promíchaná. Navíc i zde byly břehy velmi strmé a také docela vysoké, takže najít místo v „rozumné vzdálenosti“, kde by se dalo alespoň trochu sestoupit blíže k hladině či by nebylo zarostlé těžko prostupnými křovinami, nebylo jednoduché. I toto stanoviště bylo na pravém břehu, řeka byla z obou stran lemovaná již o něco hustším ale stále úzkým, nanejvýše dvěma řadami listnatých stromů či keřů tvořeným břehovým porostem, jehož bylinnému patru silně dominovaly kopřivy (*Urtica sp.*) a nechyběla zde ani invazní netýkavka žláznatá (*Impatiens glandulifera*), ta se zde však vyskytovala jen řídko.





Obrázek 17: Stanoviště č. 3 (pod ČOV)



Obrázek 18: Zakreslení jednotlivých stanovišť do mapy (zdroj: Mapy. cz, upraveno)



#### 4. 4. Metody měření a stanovení jednotlivých parametrů

Jednotlivá měření a odběry vzorků na výše popsanych stanovištích jsem prováděl pravidelně jedenkrát měsíčně po celý rok 2017 (od ledna do prosince), vždy kolem 20. dne každého měsíce. Potenciometrická měření jsem prováděl přímo v terénu pomocí přístrojů zapůjčených katedrou ekologie. Současně s tím jsem na každém stanovišti odebral vzorek do příslušné označené plastové odběrné lahve. Tyto vzorky jsem z časových důvodů analyzoval na pracovišti v Olomouci většinou až následující den, do kterého jsem je uchovával v chladničce. Spektrofotometrická analyzování jsem většinou zvládnul provést do 24 hodin od odběru.

##### Teplota vody a obsah rozpuštěného kyslíku

Tyto dva, respektive tři údaje jsem získával pomocí jednoho přístroje a to oxymetru HI 9147 Dissolved Oxygen Meter HANNA. Oxymetr jsem před každým měřením podle návodu kalibroval, poté jsem ponořil elektrodu přímo do vody. Nejprve jsem odečetl nasycení vody kyslíkem v procentech a následně hodnotu koncentrace rozpuštěného kyslíku v miligramech na litr. Měřicí elektroda obsahovala zároveň i čidlo na měření teploty vody. Veškeré údaje jsem odečítal až když se hodnoty na obrazovce přístroje přestaly měnit.

##### Konduktivita vody

Konduktivitu jsem měřil ručním konduktometrem DIST 3 HANNA. Z důvodu špatného přístupu k vodní hladině jsem ji neměřil přímo v toku, ale v odběrové nádobě. Tento přístroj nevyžadoval kalibraci, naměřené hodnoty byly v jednotkách mikrosiemens na centimetr.

## Reakce vody

Hodnotu pH jsem zjišťoval pomocí pH metru PH-100ATC VOLTCRAFT. I tento údaj jsem na každém stanovišti měřil raději ve vodě v odběrové nádobě, z důvodu krátkého kabelu či možnosti poškození skleněné elektrody o dno řeky. Přístroj jsem před měřením manuálně kalibroval vložením očištěné elektrody do pufru o pH 7. Poté jsem elektrodu opět očistil a vložil do odebrané vody a klasicky odečetl hodnotu po jejím ustálení.

## Amonný dusík

Amonný N jsem stanovoval v laboratoři metodou s Nesslerovým činidlem, která je založena na reakci amoniaku s Nesslerovým činidlem za vzniku tetrajodortuřnatanu amonného, což je málo rozpustná žlutá sloučenina, jenž při malých koncentracích amoniaku vytvoří žlutý koloidní roztok. Barevnou intenzitu roztoku je poté možno stanovit spektrofotometricky (Horáková a kol., 2007).

Postup byl následující:

Nejprve jsem si nachystal a označil čtyři speciální skleněné zkumavky. Do jedné (označené jako blank) jsem nalil 5 ml deionizované vody, a do každé ze zbylých tří zkumavek (označených čísli 1, 2 a 3) pak 5 ml vzorku z příslušného stanoviště. Následně jsem do všech zkumavek přidal tři kapky reagentie Nessler-Reagent HACH a obsah zkumavek promíchal intenzivním protřepáním. Po deseti minutách byla již reakce hotová, voda ve zkumavkách se vzorky byla většinou mírně nažloutlá. V tuto chvíli již bylo možné zahájit měření na spektrofotometru DR 2000 HACH. Měření probíhalo ve vlnové délce 425 nm a výsledky byly v hodnotách absorbance. Tyto hodnoty jsem pak pomocí počítačového programu Windowchem Standard Curves převedl na koncentrace amoniaku ( $\text{NH}_4^+$ ) v  $\text{mg l}^{-1}$ , který se častěji vyjadřuje jako amonný N ( $\text{N-NH}_4^+$ ).

Pro přepočítání jsem použil následující vztah:

$1 \text{ mg NH}_4^+ = 0,766 \text{ mg N-NH}_4^+$  (Metodika Kopp a kol. 2013).

## Dusičnanový dusík

Dusičnany jsem stanovoval přímou spektrofotometrickou metodou na spektrofotometru DR 2800 HACH, postup přípravy vzorků se tedy od prvního mírně lišil:

Zde jsem použil tři větší plastové zkumavky (odměrky) se stupnicí, které jsem si očísloval a do každé nalil 10 ml příslušného vzorku. Všechny vzorky jsem předtím přefiltroval přes filtrační papír. Do každé zkumavky jsem potom nasypal jedno balení reagentie NitraVer 5 HACH (for 10 ml). Vzorky jsem intenzivně promíchal a nechal proběhnout reakci. Princip této reakce spočívá v tom, že kadmium, v prostředí kyseliny sírové zredukovalo dusičnany na dusitany. Z dusitanů pak vznikne diazoniová sůl, která reaguje s kyselinou salicylovou. Výsledkem reakce je již po 5 minutách vznik žlutého roztoku. Jakmile byla reakce hotová, nastavil jsem na spektrofotometru metodu 355 pro stanovení dusičnanů s měřením ve vlnové délce 500 nm. Stanovené hodnoty byly přímo ve formě N-NO<sub>3</sub> (dusičnanový N). Zde tedy nebyly nutné žádné další přepočty. Vzácně se mi ale stávalo, že výsledek měření na obrazovce blikal, což znamenalo, že byl nad rozsah měření. V těchto případech jsem musel vzorek naředit, tak že jsem smíchal 1 ml daného vzorku s 9 ml deionizované vody a měření zopakoval, přičemž výslednou hodnotu jsem pak vynásobil deseti.

## Fosfor

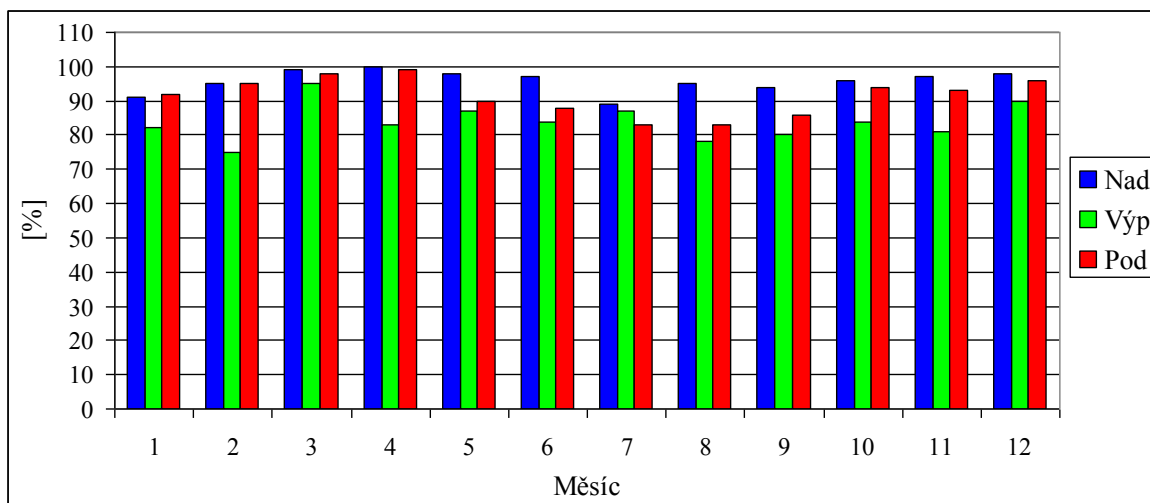
Fosfor jsem rovněž stanovoval na spektrofotometru DR 2800 HACH, takže postup přípravy vzorků a měření se téměř nelišil:

Odlišnosti spočívaly samozřejmě v použití jiné reagentie, kdy se nyní jednalo o přípravek PhosVer 3 (rovněž v balíčcích pro 10ml vzorek), přičemž princip spočíval v tom, že reakcí fosforečnanů s molybdenanem amonným v kyselém prostředí vzniká fosfomolybdenan amonný, který způsobuje modrou barvu roztoku. Barva vzorků po reakci (po 10 minutách) tedy bývala od světle modré až po sytě modrou (čím modřejší, tím větší množství fosforečnanů). Použitá metoda stanovení na spektrofotometru nyní měla číslo 490 a měření probíhalo ve vlnové délce 890 nm. I zde byla někdy potřeba některé vzorky naředit. Výsledky nebyly přímo v hodnotách fosforečnanového P, ale ve formě fosforečnanů (PO<sub>4</sub><sup>3-</sup>), takže jsem následně provedl přepočty podle tohoto pravidla:

1 mg PO<sub>4</sub> = 0,326 mg P-PO<sub>4</sub><sup>3-</sup> (Pitter 2009).

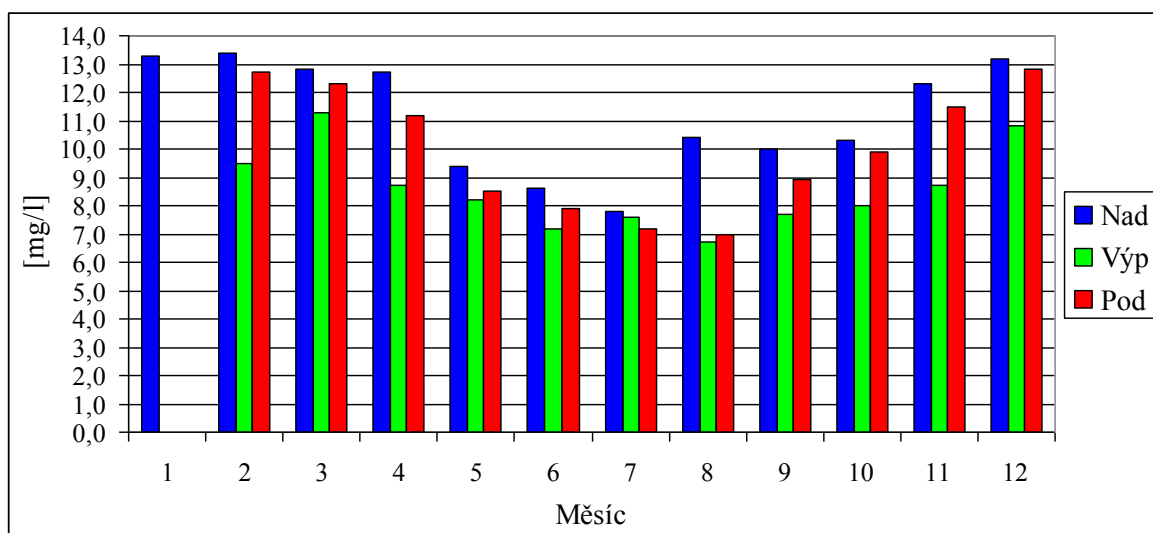
## 5. Výsledky

Konečné hodnoty jednotlivých parametrů za každý měsíc na jednotlivých stanovištích jsou uvedeny v následujících grafech (obr. 5 až 12).



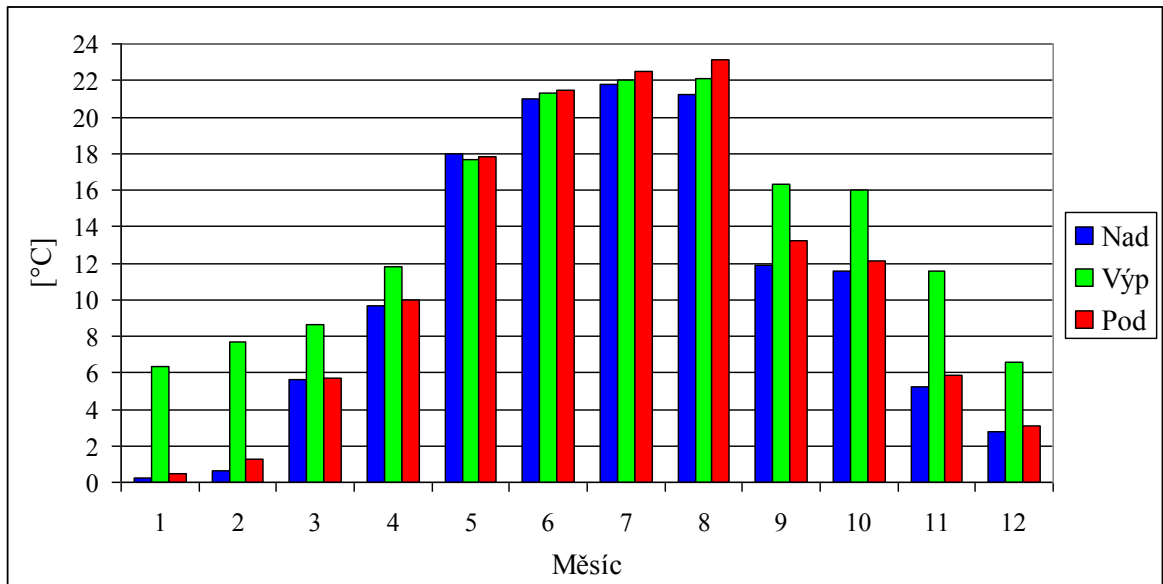
Obrázek 19: Nasycení vody kyslíkem

Z obr. 5 je patrné, že nasycení kyslíkem se během roku příliš neměnilo, od počátku měření vidíme mírný vzestup od zimy k jarním měsícům, v létě naopak mírný pokles a na podzim opět vzestup. Hodnota nasycení během žádného měření nepřekročila hranici 100 %, nejvyšší nasycení bylo v dubnu, kdy v neovlivněné části toku (nad ČOV/1. stanoviště) činilo právě rovných 100 % a v ovlivněné 99 %. Nejnižší nasycenost v této části jsem pak naměřil v červnu, kdy dosahovala 89 %, což byl zároveň v tomto místě jediný případ naměření hodnoty pod 90 %. V ovlivněné části toku (pod ČOV/ 3. stanoviště) jsem naměřil nejnižší nasycenost až v červenci, ale zároveň i srpnu, kdy hodnoty shodně činily 83 %. Pod 90 % pak v tomto úseku kleslo nasycení ještě i v červnu a v září. Celkově nejnižší nasycení jsem pozoroval přímo u vyústění ČOV (2. stanoviště), průměr 12 měření zde činil 83,8 %. Nad vyústěním pak dosáhl 95,8 % a pod vyústěním 91 %. K situaci kdy pod ČOV bylo změřeno vyšší nasycení než nad ČOV došlo pouze při prvním měření, kdy byl rozdíl 1 %, což je v relaci chyby měření. U druhého měření pak byla naměřena na obou stanovištích stejná hodnota a to 95 %.



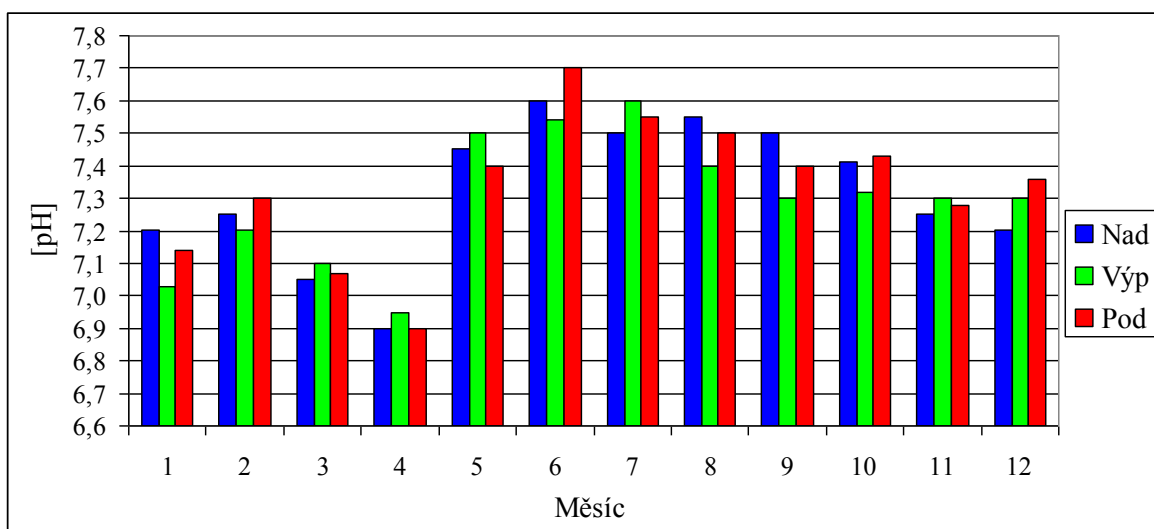
Obrázek 20: Koncentrace rozpuštěného kyslíku

Na obr. 6 lze vidět, že koncentrace rozpuštěného kyslíku již celkově vykazují značný rozdíl mezi chladnou a teplou částí roku. Z počátku měření byly hodnoty stabilní, zatímco v prvních dvou měsících jara klesaly jen nepatrně, ale v poslední třetině tohoto ročního období jsem již pozoroval značný pokles, který se projevoval i během léta. Během podzimu se hodnoty zase zvyšovaly. Nejvyšší hodnoty jsem naměřil v únoru, kdy na prvním stanovišti byla hodnota  $13,4 \text{ mg l}^{-1}$  a na třetím  $12,7 \text{ mg l}^{-1}$ . Vůbec nejvyšší hodnota na třetím stanovišti byla ale ještě o jednu desetinu vyšší a to v prosinci. Nejnižší hodnota nad ČOV byla v červenci, kdy jsem naměřil  $8,6 \text{ mg l}^{-1}$  ale pod ČOV až v srpnu, kdy činila  $7,0 \text{ mg l}^{-1}$ . I zde byly nejnižší hodnoty u vyústění ČOV, kde průměr činil  $8,6 \text{ mg l}^{-1}$  zatímco nad ČOV byl  $11,2 \text{ mg l}^{-1}$  a pod ČOV pak rovných  $10 \text{ mg l}^{-1}$ . Zde při žádném měření nedošlo k situaci, kdy by pod ČOV byla vyšší hodnota než nad ČOV.



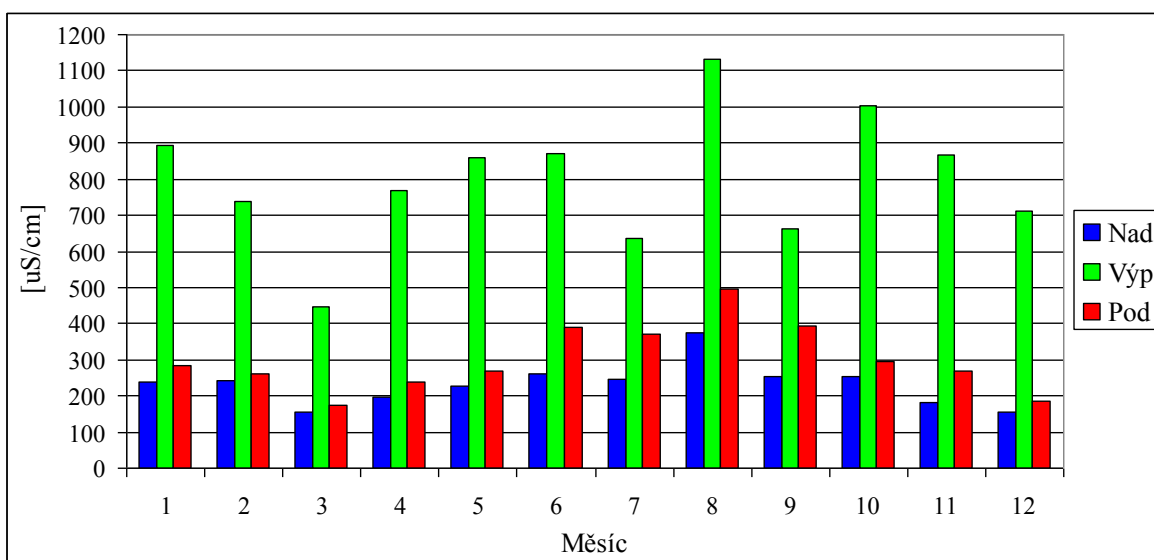
Obrázek 21: Teplota vody

Na obr. 7 lze pozorovat, že teplota vody u vyústění ČOV vykazuje největší rozdíly od teploty vody na obou stanovištích v chladné části roku, kdy neklesla pod 6 °C. V letních měsících se však tento rozdíl vyrovnal. Nejnižší teplotu vody jsem naměřil v lednu, kdy nad ČOV dosáhla 0,2 °C a pod ČOV 0,5 °C. Zatímco nejvyšší naměřená teplota nad ČOV v červenci nepřekročila 22 °C, pod ČOV tuto hodnotu překročila hned u dvou měření a to v červenci a v srpnu, kdy v srpnu dosáhla až na 23,1 °C, ačkoliv u vyústění byla teplota v obou případech o 0,5 °C resp. o 1 °C nižší. Teplotní průměr všech měření pak byl nad ČOV 10,8 °C, pod ČOV 11,4 °C a u vyústění až 14 °C.



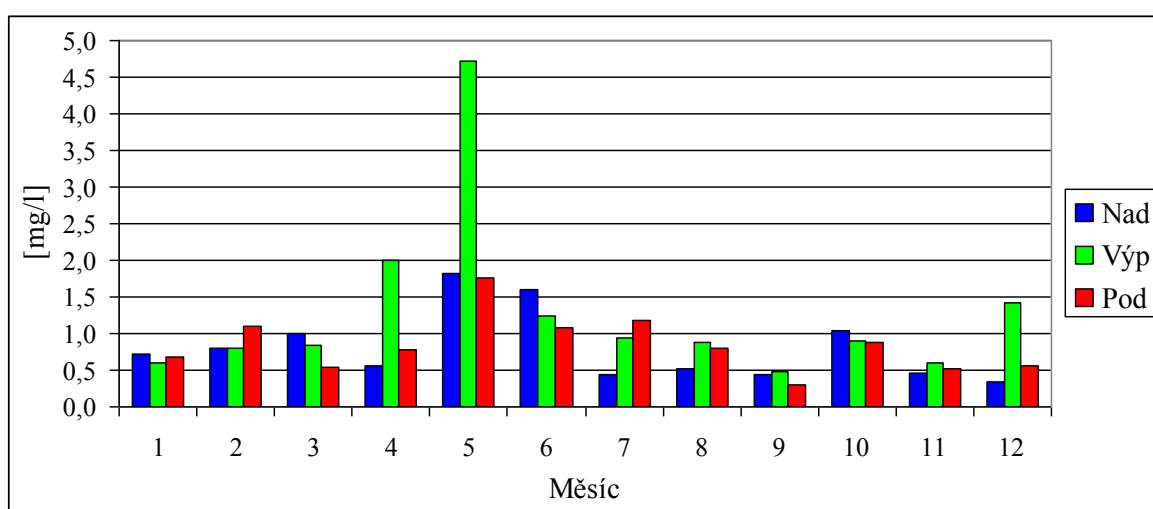
Obrázek 22: pH vody

Hodnota pH se mezi jednotlivými měřeními příliš nelišila, z obr. 8 je patrné, že jsou zde rozdíly jen v řádu desetin. Lze také pozorovat, že v letním období byly hodnoty nepatrně vyšší než v ostatních obdobích. Hodnoty pH u vyústění téměř kopírují hodnoty ostatních stanovišť. Nejnižší pH jsem naměřil na všech stanovištích v dubnu okolo 6,9 a nejvyšší v červnu, kdy dosáhlo hodnoty 7,7. Z toho vyplývá, že voda z ČOV i voda v toku bude mít nejspíše neutrální až mírně zásaditou reakci. Průměry jednotlivých stanovišť byly velice vyrovnané, nad ČOV činil průměr pH 7,32, u vyústění 7,30 a pod ČOV 7,34.



Obrázek 23: Konduktivita

Hodnoty konduktivity se během roku měnily, na obr. 9 lze vidět mírný pokles v jarních měsících, v letních naopak vzestup a na podzim opět pokles. Nejnížší hodnoty konduktivity jsem naměřil v prosinci, kdy na prvním i na třetím stanovišti hodnota klesla pod  $200 \mu\text{S}\cdot\text{cm}^{-1}$  a nejvyšší v srpnu, kdy dosáhla  $375 \mu\text{S}\cdot\text{cm}^{-1}$  resp.  $495 \mu\text{S}\cdot\text{cm}^{-1}$  a u vyústění až na  $1130 \mu\text{S}\cdot\text{cm}^{-1}$ . Konduktivita vody u vyústění bývala vždy podstatně vyšší než na zbylých dvou stanovištích a stanoviště pod ČOV pak mělo ve všech případech vyšší hodnoty než stanoviště nad ČOV, přičemž rozdíly těchto hodnot byly větší v teplejších měsících. Průměrná hodnota na stanovišti č. 1 vyšla  $233 \mu\text{S}\cdot\text{cm}^{-1}$ , na 2. stanovišti  $799 \mu\text{S}\cdot\text{cm}^{-1}$  a na 3. stanovišti  $302 \mu\text{S}\cdot\text{cm}^{-1}$ .

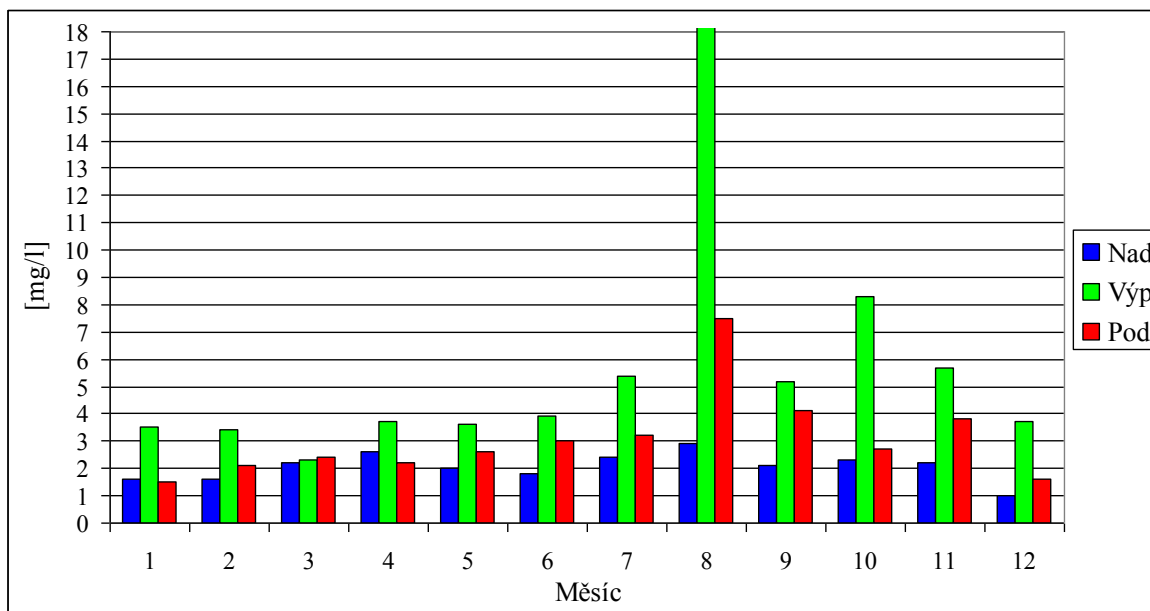


Obrázek 24: Amonný dusík ( $\text{N-NH}_4^+$ )

Po vynesení stanovených hodnot amonného dusíku do grafu (obr. 10) lze pozorovat i docela značné rozdíly v koncentracích během roku. Data však spíše než nějaký výraznější trend vykazují rozkolísanost během jednotlivých měsíců, kdy zejména v květnu a v červnu jsou koncentrace nápadněji vyšší než v jiných měsících. Vůbec nejvyšší koncentraci jsem naměřil právě v květnu na všech stanovištích, kdy u vyústění dosahovala až  $4,73 \text{ mg l}^{-1}$ , druhá nejvyšší koncentrace byla paradoxně nad ČOV a to  $1,83 \text{ mg l}^{-1}$ , zatímco pod ČOV byla jen  $1,76 \text{ mg l}^{-1}$ . Tento paradox se však vyskytl ve více případech, vůbec poprvé to bylo v březnu, dále také v červnu, v září a nakonec i v říjnu, s tím že v březnu, v červnu a v říjnu byla dokonce stanovena vyšší koncentrace nad ČOV než u vyústění. K takovéto situaci došlo ještě také v lednu, kdy byla ale koncentrace pod ČOV lehce vyšší než u vyústění. V únoru a v červenci pak byla koncentrace pod ČOV vyšší než u vyústění také, ačkoliv nad ČOV byla v prvním případě zhruba stejná, v druhém dokonce značně nižší. Situace, kdy

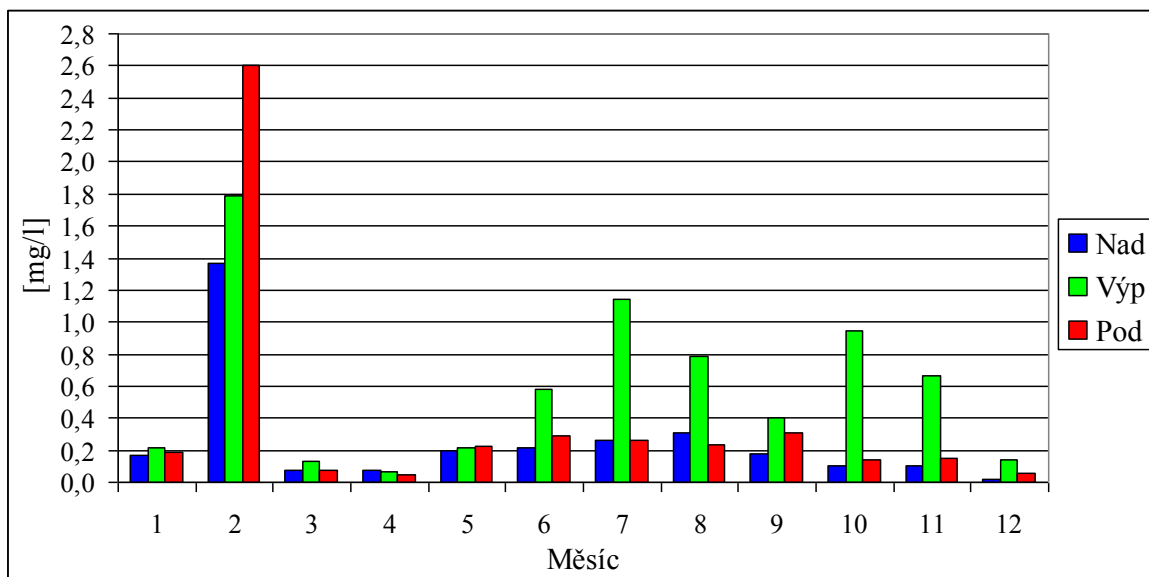


byla nejnižší koncentrace nad ČOV, vyšší pod ČOV a nejvyšší u vyústění nastala jen v dubnu, srpnu, listopadu a v prosinci. Průměr z 12 analýz pak vyšel nad ČOV 0,813 mg l<sup>-1</sup>, pod ČOV nepatrně vyšší 0,848 mg l<sup>-1</sup> a nejvyšší byl přece jen u vyústění, kde činil 1,285, zde se ale nejspíše hodně projevila vysoká hodnota z dubna a května.



Obrázek 25: Dusičnanový dusík (N-NO<sub>3</sub>)

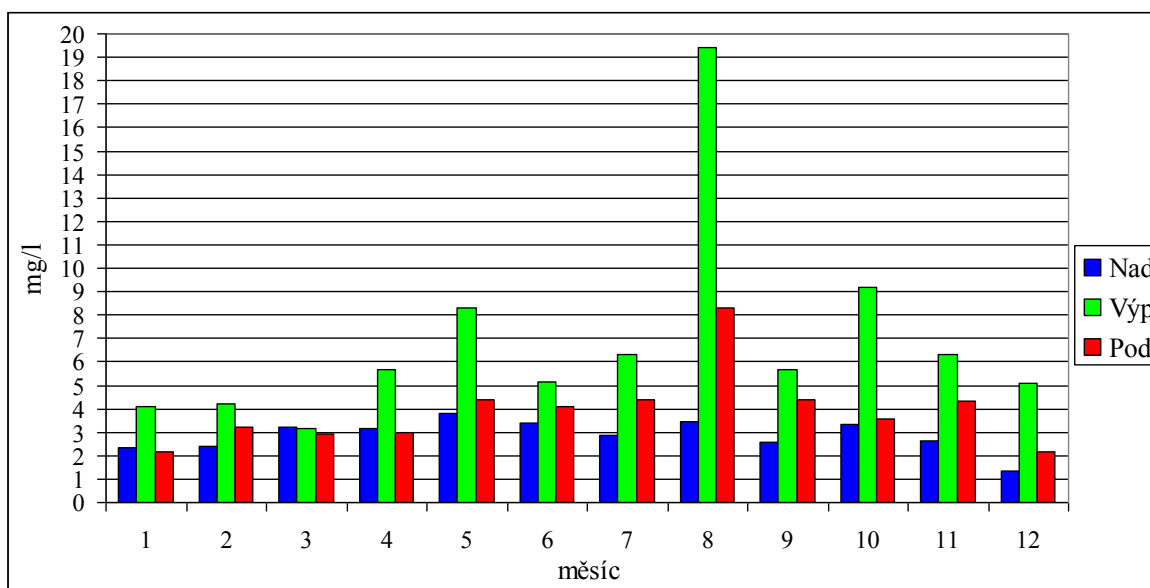
I u dusičnanů (obr.11) lze během roku pozorovat jisté vzestupy a poklesy koncentrací během ročních období, kdy především v zimě byly koncentrace nižší než v ostatních obdobích. Koncentrace u vyústění ČOV jsou zde vždy a také značněji vyšší než u amonného N, zejména v srpnu došlo na tomto stanovišti k obrovskému výkyvu, kdy jsem zde naměřil koncentraci až 18,5 mg l<sup>-1</sup>, což se také projevilo na koncentraci na 3. stanovišti, která byla 7,5 mg l<sup>-1</sup>. V srpnu jsem naměřil nejvyšší koncentraci i nad ČOV a to 2,9 mg l<sup>-1</sup>, avšak tato hodnota není vůči ostatním na tomto stanovišti nijak zvláště vychýlená. Naopak nejnižší hodnotu jsem naměřil nad ČOV v lednu, kdy dosáhla jen 1 mg l<sup>-1</sup> a pod ČOV byla nejnižší v prosinci, druhá nejnižší také v lednu, a to 1,5 resp. 1,6 mg l<sup>-1</sup>. Kromě ledna byly v každém měsíci stanoveny vyšší koncentrace pod ČOV než nad ČOV. V březnu byla u vyústění stanovena nižší koncentrace než pod ČOV. V obou případech, které se lišily od ostatních, se však jednalo pouze o rozdíly jedné desetiny. Průměr všech stanovených koncentrací činil nad ČOV 2,1 mg l<sup>-1</sup>, u vyústění 5,6 mg l<sup>-1</sup> a pod ČOV 3,1 mg l<sup>-1</sup>.



Obrázek 26: Fosforečnanový fosfor ( $\text{P-PO}_4^{3-}$ )

Podle obr. 12 lze usoudit, že rovněž i u fosforu se koncentrace během roku měnily. U koncentrací nad ČOV lze vidět patrný trend, kdy od května lehce stoupaly až do srpna a od podzimu do zimy opět klesaly. V chladné části roku byly tedy koncentrace nižší než v teplé části. U vyústění pak koncentrace více kolísaly, hranice  $1 \text{ mg l}^{-1}$  byla ale překročena jen v únoru a v červenci. Únorové koncentrace pak celkově vůbec neodpovídají zmíněnému ročnímu průběhu. Tento měsíc i nad ČOV koncentrace stoupla na  $1,37 \text{ mg l}^{-1}$ , u vyústění činila  $1,79 \text{ mg l}^{-1}$  a na posledním stanovišti byla paradoxně ještě vyšší, dosáhla zde až  $2,61 \text{ mg l}^{-1}$ . Naopak nejnižší koncentrace jsem naměřil hned v následujícím měsíci (březen), dále v dubnu a také v prosinci, kdy nad ČOV bylo dosaženo jen  $0,06 \text{ mg l}^{-1}$ . Koncentrace u vyústění byla v 11 případech vyšší než nad ČOV, pouze v dubnu byla na obou stanovištích stejná a pod ČOV ještě o 3 setiny nižší. V srpnu se pak zase stalo, že koncentrace pod ČOV byla nižší než nad ČOV a v červenci byly na obou stanovištích stejné hodnoty. K situaci kdy pod ČOV byla koncentrace naopak ještě vyšší než u vyústění došlo kromě února ještě také v květnu. Průměr 12 hodnot na 1. stanovišti vyšel  $0,26 \text{ mg l}^{-1}$ , na 2. byl  $0,59 \text{ mg l}^{-1}$  a na 3. pak  $0,38 \text{ mg l}^{-1}$ .

V následujícím grafu (obr. 13) je znázorněn ještě součet hodnot amonného a dusičnanového dusíku.



Obrázek 27: Součet amonného dusíku a dusičnanového dusíku.

Hodnoty na obrázku 13 lze považovat za přibližné hodnoty minerálního dusíku. Pro stanovení jeho přesných hodnot by bylo potřeba znát ještě hodnoty dusitanového N. Dusitany se vyskytují ve všech typech vod, ale ve velmi nízkých koncentracích (Hekera 2013). Jejich vliv na výsledné hodnoty by tedy byl nejspíše téměř zanedbatelný. Na výsledném grafu lze pozorovat, že zejména hodnoty pod vyústěním jsou poněkud vyšší v teplejší části roku, což je ale dáno i vyššími hodnotami u vyústění v tomto období, které jsou značně rozkolísané. Hodnoty nad vyústěním pak během roku spíše různě kolísají a nápadněji nižší jsou jen v zimě. Situace kdy je nad ČOV vyšší koncentrace než pod ČOV zde nastává jen lednu, březnu a dubnu, s tím že březnu je koncentrace nad ČOV i trochu vyšší než u vyústění. Po srovnání s obr. 10 a 11 lze usoudit, že poslední situaci zapříčinil amonný N. Dále lze konstatovat, že u všech třech zmíněných případů se jedná jen o menší rozdíly koncentrací.

## 6. Diskuze

Před diskutováním hlavních výsledků práce nejprve uvádím srovnání průměrných hodnot vybraných parametrů s tabulkou mezních hodnot uvedenou v ČSN 75 7221, aby zde bylo možné tyto údaje rovněž použít. Orientační klasifikace jakosti vody pro průměry jednotlivých ukazatelů a jejich mezní hodnoty z tabulky 1 v ČSN 75 7221 jsou tedy uvedeny v následujících tabulkách.

Tabulka 1: Jakost vody jednotlivých ukazatelů.

Ukazatel	Třída jakosti nad ČOV	Třída jakosti pod ČOV
Rozpuštěný kyslík	I (neznečištěná voda)	I (neznečištěná voda)
Elektrolytická konduktivita	I (neznečištěná voda)	I (neznečištěná voda)
Amoniakální N	III (znečištěná voda)	III (znečištěná voda)
Dusičnanový N	I (neznečištěná voda)	II (mírně znečištěná voda)
Fosfor	III (znečištěná voda)	III (znečištěná voda)

Pozn. k tabulce 1: Fosfor byl hodnocen jako fosforečnanový fosfor (P-PO<sub>4</sub><sup>3-</sup>)

Tabulka 2: Výpis mezních hodnot tříd jakosti pro sledované ukazatele z tabulky 1 v ČSN 75 7221

Ukazatel	Měrná jednotka	Třída jakosti				
		I	II	III	IV	V
Rozpuštěný kyslík	mg l <sup>-1</sup>	> 7,5	> 6,5	> 5	> 3	≥ 3
El. konduktivita	mS.m <sup>-1</sup>	< 40	< 70	< 110	< 160	≤ 160
Amoniakální N	mg l <sup>-1</sup>	< 0,3	< 0,7	< 2	< 4	≤ 4
Dusičnanový N	mg l <sup>-1</sup>	< 3	< 6	< 10	< 13	≤ 13
Fosfor	mg l <sup>-1</sup>	< 0,05	< 0,15	< 0,4	< 1	≤ 1

## Nasycení vody kyslíkem, koncentrace rozpuštěného kyslíku a teplota vody

U všech třech sledovaných ukazatelů jsem pozoroval jisté ale neveliké ovlivnění ČOV, kdy u nasycení vody kyslíkem byla průměrná hodnota pod vyústěním o 4,8 % a u rozpuštěného kyslíku o 1,2 mg l<sup>-1</sup> nižší než nad vyústěním. Podle těchto průměrných hodnot srovnaných s tabulkou v ČSN 75 7221 (dále jen ČSN) lze konstatovat, že v řece Oskavě nejspíše panují velmi dobré kyslíkové poměry, protože na obou lokalitách by průměrné hodnoty rozpuštěného kyslíku spadaly do třídy jakosti I (neznečištěná voda).

Důvod proč u obou ukazatelů pozorujeme nižší hodnoty u vyústění spočívá nejspíše v tom, že v odpadní vodě klesá množství kyslíku hlavně z důvodu znečištění a vyšší přítomnosti mikroorganismů. Při procesu čištění je pak voda sice prokysličována, ale zároveň zde opět dochází ke spotřebě kyslíku bakteriemi. Množství rozpuštěného kyslíku může být nižší i z důvodu teploty vypouštěné vody, která byla po většinu roku vyšší než teplota vody recipientu, kdy u vyústění byl průměr vyšší o 3,2°C a pod vyústěním pak o 0,6°C než v úseku nad ČOV. V lednu, kdy téměř celý měsíc panovalo mrazivé počasí, jsem také zpozoroval skutečnost, že po vyústění ČOV byla hladina toku téměř zcela zamrzlá, ale v úseku od vyústění se led až po další stanoviště a dále na dohled od něj vůbec nevyskytoval. Toto by také mohl být důvod proč jsem v tomto měsíci naměřil pod ČOV o něco vyšší nasycení kyslíku než nad ČOV. Tento efekt se nejspíše projevil i v únoru, kdy už ale byla hladina pokryta ledem jen částečně. V ostatních měsících se pak led již během sledovaného období nevyskytoval.

Celkově můžeme u všech těchto parametrů sledovat standardní roční průběh, kdy teplota vody kopíruje roční průběh teploty vzduchu, koncentrace rozpuštěného kyslíku s rostoucí teplotou klesá. Kromě toho na tomto poklesu možná mohly projevit i nízké průtoky a stavy vody v letních měsících, kdy se v červenci a v srpnu a pravděpodobně i v červnu stav vody pohyboval okolo hranice sucha. Ačkoliv na procentuálním nasycení kyslíku se tyto okolnosti příliš neprojevíly.

## Konduktivita a pH vody

U konduktivity byl vliv ČOV patrný, avšak ani zde se nejedná o nic dramatického. U vyústění ČOV jsem sice pozoroval vysoké hodnoty, průměr zde byl až o  $566 \mu\text{S}\cdot\text{cm}^{-1}$  vyšší než nad ČOV, ale pod ČOV (cca 300 m od vyústění) byl pak vyšší jen o pouhých  $69 \mu\text{S}\cdot\text{cm}^{-1}$ . Průměr v ovlivněné i neovlivněné části toku pak podle tabulky ČSN spadá do kategorie I (neznečištěná voda).

Voda z ČOV tedy nejspíše obsahovala ještě docela značné množství iontově rozpuštěných látek, které se ale ve vodě recipientu dobře rozředovalo. Vyšší hodnoty konduktivity v teplejší části roku se vyskytovaly jednak nejspíše kvůli vyšší teplotě, ačkoliv konduktometr by měl mít vůči teplotě kompenzaci. Větší vliv by mohla mít tedy spíše vyšší rozpustnost látek, která bývá právě při vyšších teplotách větší. Dále by zde mohl mít vliv i průtok vody, který byl v chladnější části roku vyšší a tak se voda v toku mohla více naředit. Usuzuji tak i z faktu, že nejnižší hodnoty konduktivity jsem naměřil v březnu, kdy bylo v řece nejvíce vody a průtok tak nespíše dosahoval nejvyšších hodnot. Na přelomu ledna a února 2017 totiž napadlo v celém povodí Moravy značné množství sněhu, které ve vyšších polohách spolu se sněhem naakumulovaným z dřívější doby nejvíce odtávalo právě v období března. Vyšší průtok pak byl i při odběrech na konci roku, kdy byla konduktivita rovněž nižší.

U hodnoty pH naopak nelze pozorovat téměř žádný vliv ČOV, hodnoty u vyústění byly někdy vyšší a jindy zase nižší než v obou částech toku, což mohlo být způsobeno i nepřesnostmi měření, protože se jednalo jen o rozdíly v řádu desetin, vyrovnané jsou i stanovištní průměry. Celkově lze konstatovat, že voda řece Oskavě má neutrální až lehce zásadité pH, přičemž ČOV v Uničově tuto situaci nejspíše téměř nijak neovlivňuje.

## Chemické parametry

I u všech třech sledovaných chemických ukazatelů lze najít rozdíly mezi ovlivněnou a neovlivněnou částí toku. Nejméně ovlivněným ukazatelem se jeví amonný N. Kdy pod ČOV dosáhla jeho koncentrace jen o  $0,035 \text{ mg l}^{-1}$  vyššího průměru než nad ČOV a u vyústění byl průměr vůči tomuto stanovišti vyšší o  $0,472 \text{ mg l}^{-1}$ , zde se ale jistě projeví dvě poněkud odlišné hodnoty. V některých případech byla koncentrace amonného N u vyústění nižší než v neovlivněné části, což bude nejspíše tím, že voda z ČOV byla zkrátka

v tomto ohledu čistější než voda recipientu. I srovnání průměrů obou stanovišť s mezními hodnotami v ČSN poukazuje na to, že z hlediska amonného N se jedná o znečištěnou vodu (třída jakosti III). Příčina bude nejspíše v tom, že většina toku protéká zemědělsky intenzivně využívanou krajinou, a tak zde může docházet k značným výluhům či splachům z polí. V březnu by to mohlo být způsobeno kvůli tání sněhu a v květnu pak buďto jarním přihnojováním nebo kvůli občasným výskytům prudších dešťových přeháněk v povodí toku. Důvodem proč byla někdy pod ČOV nižší koncentrace než nad ČOV by mohla být částečně i těkavost nedisociované formy amoniaku, která mohla být ještě umocněna i vyšší teplotou vody z ČOV. Dalším důvodem snížení koncentrace amoniaku by mohl být i jeho přechod (oxidace) na dusitany a následně dusičnany (Pitter 2009), při nízkých rozdílech hodnot se však může také jednat i o prosté chyby měření.

U dusičnanového N byl již vliv ČOV prokazatelnější. Hodnoty u vyústění byly podstatně vyšší než nad ČOV, rozdíl průměrů zde činil  $3,5 \text{ mg l}^{-1}$  a rozdíl se stanovištěm pod ČOV pak vyšel  $1 \text{ mg l}^{-1}$ . Z hlediska dusičnanů voda podle průměru v neovlivněné části spadá do třídy jakosti I (neznečištěná voda), ale v ovlivněné se již těsně dostává do třídy II (mírně znečištěná voda). Důvody proč se koncentrace jak dusičnanů tak i amonného N během roku, až na nějaké výkyvy, celkově jeví spíše stabilněji, by mohly spočívat v tom, že i když při obdobích s vyššími průtoky bude nejspíše voda více naředěna, kvůli absenci vegetace a vyšší vlhkosti půdy může zase docházet k větší infiltraci a smyvům dusíkatých látek z půdy (Šafarčíková a kol. 2006) a tak se koncentrace mohou částečně dorovnávat. Dále je možné, že v chladnější části roku měla ČOV nižší účinnost, což se ale v toku nemuselo rovněž moc projevit právě i díky kompenzaci ředěním při vyšším průtoku vody v řece. Navíc některé zdroje uvádějí, že účinnost čistíren nebývá příliš závislá na ročním období (Vymazal 2004) a to nejspíše díky tomu, že odpadní voda mívá zpravidla při procesech čištění dostatečně vysokou teplotu, kdy k poklesu účinnosti může dojít až při jejím poklesu pod  $10 \text{ }^{\circ}\text{C}$  (Yang at all. 2007). Minimální teploty vody na vyústění se v zimě pohybovaly mezi  $6$  až  $7 \text{ }^{\circ}\text{C}$ , dá se tedy předpokládat, že v nádržích ČOV byla voda ještě teplejší.

U koncentrací fosforečnanového fosforu je ovlivnění ČOV rovněž patrnější než u amoniaku. I zde byly hodnoty u vyústění téměř vždy vyšší než nad ČOV, což dokazuje poměrně velký rozdíl průměrů, který činí  $0,33 \text{ mg l}^{-1}$  u vyústění a pod ČOV pak  $0,12 \text{ mg l}^{-1}$ . Podle tabulky v ČSN by ale průměry na obou stanovištích (nad ČOV i pod ČOV) jakostně spadaly do třídy III (znečištěná voda). Ani zde tedy na zhoršenou jakost nejspíše nemá rozhodující vliv přímo sledovaná ČOV, ale je možné, že se zde projevuje spíše komunální

znečištění z vyšších částí toku. Z hlediska fosforečnanů bývá obecně komunální znečištění zpravidla větší než znečištění zemědělské, avšak vzhledem k již zmiňovaným podmínkám v místní krajině jeho vliv pravděpodobně nebude zcela zanedbatelný.

Důvod proč jsou vyšší hodnoty koncentrací v teplejší části roku může být zapříčiněn podobně jako u předchozích ukazatelů zejména nízkými průtoky vody, kdy je voda méně naředěna (což rovněž platí i pro stanoviště přímo u vyústění). Při vyšších průtocích v chladnější části roku se koncentrace fosforečnanového fosforu výrazněji snižovala, což by mohlo naznačovat, že k výluhům z půdy přeci jen moc nedocházelo, protože fosfor bývá v půdě zpravidla dobře vázán a proto se z ní na rozdíl od dusíkatých látek uvolňuje hůře. Dále by zde mohl hrát roli i fakt, že při nižší teplotě bývají fosforečnany více vázány na sediment, čímž mohla být jejich koncentrace ve vzorcích nižší. Velký výkyv v koncentracích fosforu jsem pozoroval v únoru, tady bych přeci jen viděl možnou příčinu v infiltraci z polí, protože během února došlo k postupnému oteplování a tání docela velkého množství sněhu v nižších polohách. Vyšší infiltrace fosforu by mohla být možná zejména pokud okolní pole byla prohnována organickými hnojivy (kejda, chlévská mrva aj.). Organicky vázaný fosfor totiž představuje významnou část z celkového fosforu transportovaného ve výluzích a tvoří tak podstatnou složku ztráty P z půdy (Voplakal, 2002), což se na výsledných hodnotách mohlo projevit díky jeho možné částečné mineralizaci během transportní fáze (stanovoval jsem pouze anorganicky vázané orthofosforečnany). Proč ale poté nedošlo ke zvýšení koncentrace i v březnu bych vysvětlil tak, že sníh už tál jen ve vyšších polohách, kde jsou převážně louky a lesy, a tak tato voda přirozeně nemohla obsahovat příliš mnoho fosforu a v nížině došlo naopak k naředění koncentrací. Podobně tomu mohlo být i na konci roku, kdy byl rovněž vyšší průtok nejspíše zapříčiněn především srážkami ve vyšších polohách (i ve formě sněhu) a následné oblevě. V létě pak naopak mohlo docházet ke krátkodobým intenzivním dešťům a mírným lokálním infiltracím i v níže položených místech a kvůli celkově nízkému průtoku vody se koncentrace fosforu tolik nezředila.



## Závěr

Na základě hodnot získaných během roku 2017 lze konstatovat, že ČOV Uničov do určité míry ovlivnila všechny sledované parametry. Vlivy na zhoršení kvality vody se ale nezdají být velké, podle orientačního stanovení jakosti vody by zde došlo ke zhoršení třídy jakosti vody jen u dusičnanového dusíku z neznečištěné na mírně znečištěnou vodu. U amonného N a fosforu vyšla shodná kategorie a to znečištěná voda v ovlivněné i neovlivněné části toku. Nejlépe se z hlediska jakosti vody jeví konduktivita i koncentrace rozpuštěného kyslíku, kde byla v obou částech toku stanovena kategorie neznečištěná voda. Výrazné zhoršení nelze předpokládat ani u zbylých parametrů, vliv na hodnotu pH byl minimální a procento okysličení se snížilo jen nepatrně. Zdá se tedy, že minimálně v rámci sledovaných hodnot ČOV svoji funkci splňuje velmi dobře a lze bezpochyby říci, že kdyby byly splaškové vody z města vypouštěny rovnou do řeky, byla by situace nesrovnatelně horší. Z těchto výsledků také vyplývá, že důvody znečištění vody toku řeky Oskavy, zejména amonným dusíkem a fosforem, je třeba hledat nejspíše jinde.

## 7. Literatura

Adámek J. a kol. 2010. Aplikovaná hydrobiologie. 2. vydání. České Budějovice: Jihočeská univerzita. 350 str.

Ambrožová J. 2009. Aplikovaná technická hydrobiologie. 2. vydání. Praha: VŠCHT. 226 str.

Burešová J. a kol. 2013. Uničov, historie moravského města. 1. vydání. Uničov: město Uničov. 692 str.

Fousová E., Reidinger J. 2017. Zpráva o stavu vodního hospodářství České republiky v roce 2016. Praha: Ministerstvo zemědělství. 127 str.

Groda B., a kol. 2007. Čištění odpadních vod jako nástroj k ochraně životního prostředí v zemědělské praxi a na venkově. Brno: Ministerstvo zemědělství ČR, 56 str.

Hekera P. 2013. Monitoring životního prostředí. 1. vydání. Olomouc: Univerzita Palackého. 80 str.

Horáková M. a kol. 2012. Analytika vody. 2. vydání. Praha: VŠCHT. 335 str.

Koop R. a kol. 2014. Stanovení základních fyzikálně-chemických parametrů v akvakulturních chovech ryb. 1 vydání. Brno: Mendelova univerzita v Brně, vydalo Ministerstvo zemědělství. 38 str. certifikovaná metodika.

Kodeš V., Leontovyčová D. 2008. Jakost vody v ČR, komplexní monitoring. Vesmír. 87/11: str. 771 – 773

Kubíček F, Lellák J. 1991. Hydrobiologie. 1. vydání. Praha: Univerzita Karlova, vydavatelství Karolinum. 260 str.

Nováček P. 2010. Udržitelný rozvoj. 1. vydání. Olomouc: Univerzita Palackého. 430 str.

- Pitter P. 2009. Hydrochemie. 4. aktualizované vydání. Praha: VŠCHT. 592 str.
- Šafarčíková S. a kol. 2006. Živiny v krajině. České budějovice: Daphne ČR – Institut aplikované ekologie, 16 str.
- Štěrba O. a kol. 2008. Říční krajina a její ekosystémy. 1. vydání. Olomouc: Univerzita Palackého. 391 str.
- Tolasz R. a kol. 2007. Atlas podnebí Česka. 1. vydání. Praha, Olomouc: Český hydrometeorologický ústav, Univerzita Palackého. 255 str.
- Volaufová L. 2008. Kvalita povrchových vod v České Republice. Vesmír. 87/11: str. 268 – 270
- Voplakal, K., 2002: Obsah fosforu v našich půdách, jeho frakční složení a transformace, Soil and Water, scientific studies RISWC, no1, str. 153 – 166.
- Vymazal J. 2004. Kořenové čistírny odpadních vod. Třeboň: ENKI, 14 str.
- Wanner J. 2016. Čištění odpadních vod v ČR, vývoj a současná situace. Vodní hospodářství. [Internet]. [2018 2 15]. Dostupný z: <http://vodnihospodarstvi.cz/cistení-odpadnich-vod-cr/>
- Yang Q. 2006. Nitrogen Removal via Nitrite from Municipal Wastewater at Low Temperatures using Real-Time Noc trol to Optimize Nitrifying Communities. Environmental Science. 2007., 41(23):8159-8164.

#### Legislativní zdroje

Česká technická norma ČSN 75 7221 Jakost vod- Klasifikace jakosti povrchových vod

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

## 8. Přílohy

### Příloha 1

#### Hodnoty veškerých parametrů na všech stanovištích

Tabulka 3 Hodnoty veškerých parametrů získané na stanovišti nad ČOV

Datum odběru	Kyslík [%]/[mg l <sup>-1</sup> ]	Teplota vody [°C]	Hodnota pH	Konduktivita [μS.cm <sup>-1</sup> ]	N-NH <sub>4</sub> <sup>+</sup> [mg l <sup>-1</sup> ]	N-NO <sub>3</sub> <sup>-</sup> [mg l <sup>-1</sup> ]	P [mg l <sup>-1</sup> ]
24. 1. 2017	91/13,3	0,2	7,20	240	0,72	1,6	0,17
20. 2. 2017	95/13,4	0,6	7,25	244	0,81	1,6	1,37
19. 3. 2017	99/12,8	5,6	7,05	156	1,00	2,2	0,07
24. 4. 2017	100/12,7	9,7	6,90	196	0,55	2,6	0,07
29. 5. 2017	98/9,4	18,0	7,45	228	1,83	2,0	0,19
22. 6. 2017	97/8,6	21,0	7,60	263	1,61	1,8	0,22
20. 7. 2017	89/7,8	21,8	7,50	246	0,45	2,4	0,26
27. 8. 2017	95/10,4	21,2	7,55	374	0,52	2,9	0,31
24. 9. 2017	94/10,1	11,9	7,50	252	0,45	2,1	0,18
19. 10. 2017	96/10,3	11,6	7,41	255	1,03	2,3	0,10
19. 11. 2017	97/12,3	5,2	7,25	182	0,45	2,2	0,11
14. 12. 2017	98/13,2	2,8	7,20	155	0,34	1,0	0,02
Průměr	95,8/11,2	10,8	7,32	233	0,81	2,1	0,26

Tabulka 4 Veškeré hodnoty všech parametrů získané na stanovišti u vyústění ČOV

Datum odběru	Kyslík [%]/[mg l <sup>-1</sup> ]	Teplota vody [°C]	Hodnota pH	Konduktivita [μS.cm <sup>-1</sup> ]	N-NH <sub>4</sub> <sup>+</sup> [mg l <sup>-1</sup> ]	N-NO <sub>3</sub> <sup>-</sup> [mg l <sup>-1</sup> ]	P [mg l <sup>-1</sup> ]
24. 1. 2017	82/nez	6,3	7,03	893	0,60	3,5	0,21
20. 2. 2017	75/9,5	7,7	7,20	738	0,79	3,4	1,79
19. 3. 2017	95/11,3	8,6	7,10	448	0,84	2,3	0,13
24. 4. 2017	83/8,7	11,8	6,95	770	1,99	3,7	0,07
29. 5. 2017	87/8,2	17,7	7,50	858	4,72	3,6	0,21
22. 6. 2017	84/7,2	21,3	7,54	871	1,23	3,9	0,58
20. 7. 2017	87/7,6	22,0	7,60	635	0,93	5,4	1,14
27. 8. 2017	78/6,7	22,1	7,40	1130	0,89	18,5	0,78
24. 9. 2017	80/7,7	16,3	7,30	663	0,49	5,2	0,40
19. 10. 2017	84/8,0	16,0	7,32	1004	0,90	8,3	0,95
19. 11. 2017	81/8,7	11,6	7,30	867	0,61	5,7	0,66
14. 12. 2017	90/10,8	6,6	7,30	711	1,41	3,7	0,14
Průměr	83,8/8,6	14,0	7,30	799	1,29	5,6	0,59

Tabulka 5 Veškeré hodnoty všech parametrů získané na stanovišti pod ČOV

Datum odběru	Kyslík [%]/[mg l <sup>-1</sup> ]	Teplota vody [°C]	Hodnota pH	Konduktivita [μS.cm <sup>-1</sup> ]	N-NH <sub>4</sub> <sup>+</sup> [mg l <sup>-1</sup> ]	N-NO <sub>3</sub> <sup>-</sup> [mg l <sup>-1</sup> ]	P [mg l <sup>-1</sup> ]
24. 1. 2017	92/nez.	0,5	7,14	285	0,68	1,5	0,19
20. 2. 2017	95/12,7	1,3	7,30	263	1,11	2,1	2,61
19. 3. 2017	98/12,3	5,7	7,07	175	0,54	2,4	0,08
24. 4. 2017	99/11,2	10,0	6,90	238	0,78	2,2	0,04
29. 5. 2017	90/8,5	17,8	7,40	270	1,76	2,6	0,23
22. 6. 2017	88/7,9	21,5	7,70	391	1,08	3,0	0,29
20. 7. 2017	83/7,2	22,5	7,55	370	1,17	3,2	0,26
27. 8. 2017	83/7,0	23,1	7,50	495	0,80	7,5	0,23
24. 9. 2017	86/8,9	13,2	7,40	394	0,30	4,1	0,31
19. 10. 2017	94/9,9	12,1	7,43	294	0,88	2,7	0,14
19. 11. 2017	93/11,5	5,9	7,28	267	0,52	3,8	0,15
14. 12. 2017	96/12,8	3,1	7,36	186	0,56	1,6	0,06
Průměr	91,0/10,0	11,4	7,34	302	0,85	3,1	0,38

Tabulka 6 Hodnoty průtoků vody v řece v době měření

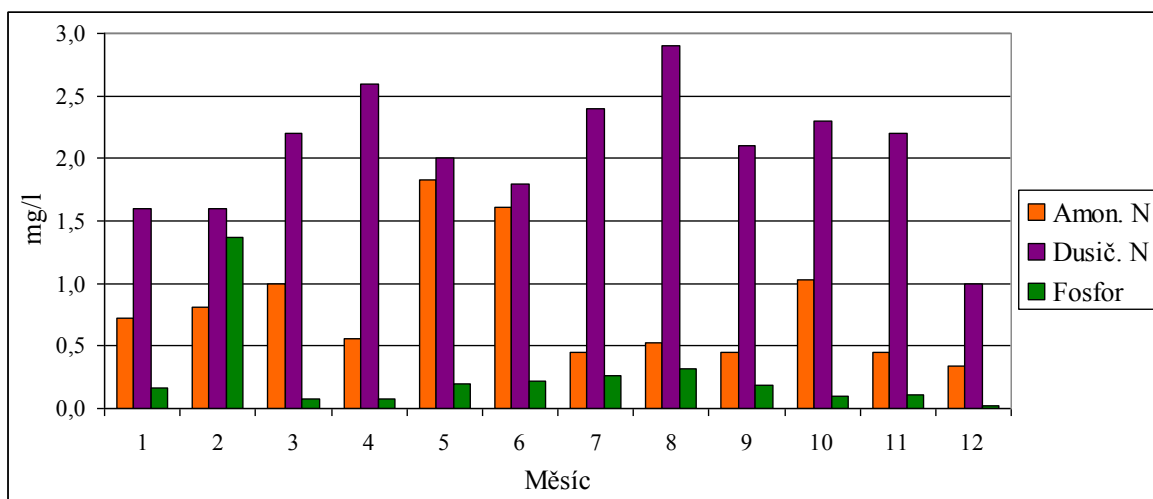
Datum	Čas	Průtok [m <sup>3</sup> s <sup>-1</sup> ]
24. 1. 2017	14:00	1,200
20. 2. 2017	11:00	1,800
19. 3. 2017	10:00	4,100
24. 4. 2017	16:00	0,850
29. 5. 2017	10:00	0,500
22. 6. 2017	17:00	0,300
20. 7. 2017	16:00	0,234
27. 8. 2017	13:00	0,231
24. 9. 2017	14:00	0,572
19. 10. 2017	11:00	0,548
19. 11. 2017	14:00	1,765
14. 12. 2017	10:00	3,352

Pozn. k tab. 5: V období od ledna do června se jedná pouze o hodnoty odhadované na základě měření výšky hladiny, od července jsou zde již uvedeny přesné hodnoty získané z webových stránek ČHMÚ dostupných na: [http://hydro.chmi.cz/hpps/popup\\_hpps\\_prfdyn.php?seq=307343](http://hydro.chmi.cz/hpps/popup_hpps_prfdyn.php?seq=307343)

## Příloha 2

Srovnání jednotlivých chemických vlastností pro každé stanoviště ve společných grafech (obr. 14 až 16).

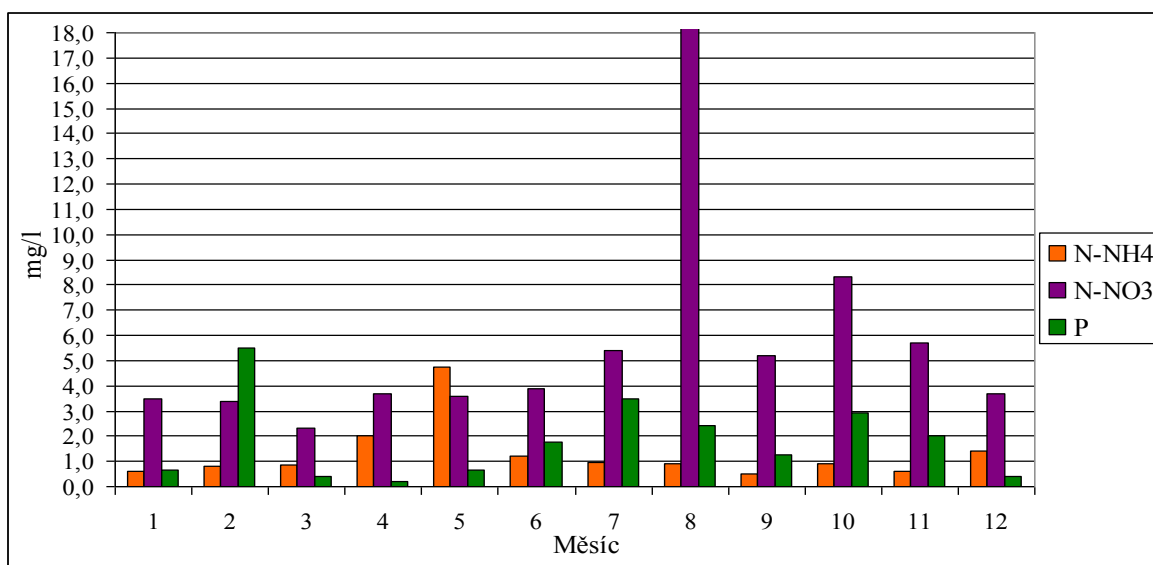
### Stanoviště nad ČOV



Obrázek 28: Srovnání hodnot chemických ukazatelů vody nad vyústěním ČOV

Na obr. 14 lze vidět, že na prvním stanovišti jsem vždy získával nejvyšší koncentrace u dusičnanového N. U Amonného N zde bylo dosahováno často výrazněji nižších hodnot a u fosforu ještě nižších. Koncentrace amonného N, byla fosforem převýšena jen v únoru.

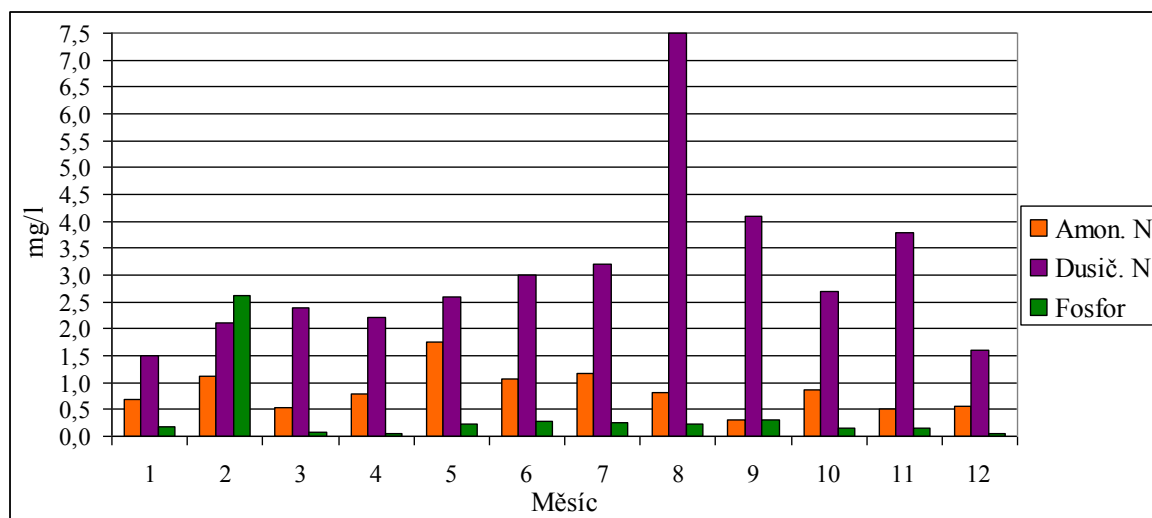
### Stanoviště u vyústění ČOV



Obrázek 29: Srovnání chemických ukazatelů vody u vyústění ČOV

Obr. 15 ukazuje, že i na stanovišti č. 2 dosahoval nejvyšší koncentrace dusičnanový N, jen v květnu jej převýšil amonný N, u kterého zde byl v tomto měsíci pozorován největší výkyv. Dále je patrné, že se změnila situace s fosforem, který se zde na rozdíl od prvního stanoviště koncentračně více přiblížil amonnému N a v některých měsících (únor, červenec, říjen a listopad) jeho koncentraci dokonce převýšil, avšak kromě února jen nepatrně.

#### Stanoviště pod ČOV



Obrázek 30: Srovnání chemických ukazatelů říční vody smíchané s výtokem z ČOV

Podle obr. 16 lze usoudit, že na 3. stanovišti se situace na první pohled příliš nelišila od situace na stanovišti č. 1. Nejvyšších koncentrací stále dosahoval dusičnanový N, který zde již opět nebyl převýšen koncentracemi amonného N. I koncentrace fosforu se s koncentracemi amonného N opět poněkud oddálily, téměř stejné hodnoty dosahovali jen v září. Jen únorová koncentrace fosforu, která byla ve srovnání s ostatními měsíci zejména na tomto stanovišti velmi vysoká, zde převýšila jak amonný tak dusičnanový N.

## NEŘÍZENÁ KOPIE



MORAVSKÁ  
VODÁRENSKÁ

Oddělení kontroly kvality vody  
Dolní novosadská, 779 00 Olomouc  
email: laboratore@smv.cz  
tel.: 585 412 031-32



L 1446

Zkušební laboratoř akreditovaná ČIA č. 1446

## PROTOKOL O ZKOUŠKÁCH č.24925/2017

<b>Zadavatel:</b> MORAVSKÁ VODÁRENSKÁ, a.s. Tovární 41 77900 Olomouc		<b>Informace o vzorku:</b> Matrice: odpadní voda Upřesnění matrice: neuvedeno Zdroj: neuvedeno Datum a čas převzetí: 4.5.2017 Převzal: Kosinová Miroslava	
<b>Informace o odběru:</b>		Protokol o odběru vzorku č. 24925/2017	
<b>Místo odběru:</b>	ČOV Uničov, odtok		
<b>Datum odběru:</b>	3.5.2017	4.5.2017	<b>Typ vzorku:</b> směsný
<b>Doba odběru:</b>	7:00	- 5:00	<b>Způsob odběru:</b> AV - 24 h "C"
<b>Účel odběru:</b>	PP - technolog OV	<b>Rozsah rozboru:</b>	viz objednávka
<b>Odebral:</b>	Růžička Pavel Odběr vzorku je akreditován dle SOP S-304 (ČSN EN ISO 5667-10).		

Fyzikální a chemické ukazatele:						
Ukazatel	Jednotka	Hodnota	Nejistota	SOP	A	P
Dusičnany	mg/l	25,8	20%	S-115 (ČSN EN ISO 10304-1)		1
Dusičnanový dusík	mg/l	5,83	20%	S-115 (ČSN EN ISO 10304-1)		1
Sírany	mg/l	87,9	20%	S-115 (ČSN EN ISO 10304-1)		1
Chloridy	mg/l	88,8	20%	S-115 (ČSN EN ISO 10304-1)		1
Rozpuštěné anorganické soli	mg/l	496	10%	S-19 (ČSN 75 7346)		
Nerозpuštěné látky	mg/l	<3,00		S-52 (ČSN EN 872)		
Tuky a oleje	mg/l	<10		S-54 (ČSN 75 7509)		
Rozpuštěné látky	mg/l	612	10%	S-19 (ČSN 75 7346)		
Celkový fosfor	mg/l	<0,12		S-47 (ČSN EN ISO 6878)		
Aniontové tenzidy	mg/l	<0,05		S-48 (ČSN EN 903)		
Dusitany	mg/l	0,17	20%	S-115 (ČSN EN ISO 10304-1)		1
Anorganický dusík	mg/l	6,33	15%	S-43 (ČSN ISO 5664)		
Celkový dusík	mg/l	7,62	10%	S-45 (návod MERCK)		
Dusitanový dusík	mg/l	0,0517	20%	S-115 (ČSN EN ISO 10304-1)		1
Měď	mg/l	<0,040		S-65 (ČSN ISO 8288)		1
Nikl	mg/l	<0,050		S-65 (ČSN ISO 8288)		1
Olovo	mg/l	<0,040		S-65 (ČSN ISO 8288)		1
Zinek	mg/l	<0,040		S-65 (ČSN ISO 8288)		1
Kadmium	mg/l	<0,006		S-65 (ČSN ISO 8288)		1
Chrom	mg/l	<0,020		S-65 (ČSN ISO 8288)		1
Arsen	mg/l	<0,005		S-66 (ČSN EN ISO 15586)		1
Rtuť	mg/l	<0,0010		S-67 (ČSN 75 7440)		1
Amoniakální dusík	mg/l	0,446	10%	S-09 (ČSN ISO 7150-1)		
CHSK dichromanem	mg/l	15,1	10%	S-73 (ČSN ISO 15705)		
Teplota	°C	11,1	0,1	S-34* (ČSN 75 7342)		
pH	[ ]	7,49	0,03	S-01 (ČSN ISO 10523)		
Biochemická spotřeba kyslíku	mg/l	2,84	15%	S-50 (ČSN EN 1899)		

Ukazatele - organika, farmaka:						
Ukazatel	Jednotka	Hodnota	Nejistota	SOP	A	P
Adsorbovatelné organicky vázané halogeny	mg/l	<0,02		S-76 (ČSN EN ISO 9562)		1



Ukazatele - organika, farmaka:						
Ukazatel	Jednotka	Hodnota	Nejistota	SOP	A	P
Uhlovodíky C10 - C40	mg/l	0,137	20%	S-112 (ČSN EN ISO 9377-2)		1

Datum ukončení zkoušky:	15.05.2017	Datum převzetí subdodávek:	
-------------------------	------------	----------------------------	--

<b>Poznámky:</b> Teplota je měřena při ukončení odběru vzorku, nebo při vyzvednutí vzorku z AV. Nerozpuštěné látky - použitý filtr VWR, Glass microfibres filter, 693, 1,2 µm.
--

Vzorek byl zpracován na pracovišti 2 v laboratoři Prostějov: ČOV Prostějov - Kralický Háj, 798 12 Kralice na Hané.  
 Ukazatele označené pracovištěm 1 byly zpracovány v laboratoři Olomouc: Dolní novosadská, 779 00 Olomouc.

Hvězdička u SOP označuje zkoušky prováděné na místě odběru.

Všechny zkoušky jsou akreditovány.

Uvedené rozšířené nejistoty měření jsou součinem standardní nejistoty měření a koeficientu rozšíření  $k=2$ , což odpovídá hladině spolehlivosti přibližně 95 %. Nejistoty nezohledňují vlivy odběru vzorku.

Protokol o odběru vzorku bude vystaven na vyžádání zákazníka / producenta.

Zkratky: SOP - standardní operační postup

A - akreditační údaj

P - pracoviště

AV - automatické vzorkovací zařízení

PP - podle plánu

ČOV - čistírna odpadních vod

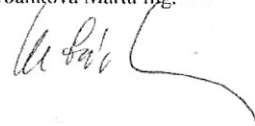
Výsledky se vztahují pouze ke zkoušenému vzorku.

Protokol o zkoušce nesmí být bez písemného souhlasu laboratoře reprodukován jinak než celý.

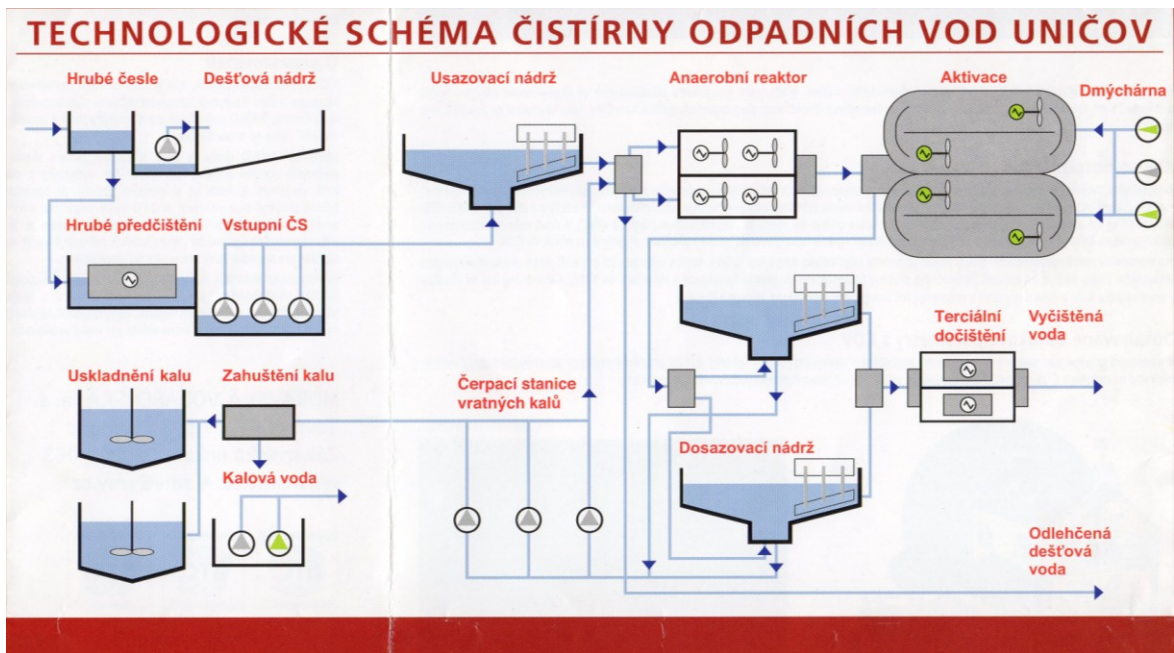
Vedoucí zkušební laboratoře: Bergerová Helena Ing.

Zpracoval: Trávníčková Renata

Urbánková Marta Ing.



26.9.2017



Zdroj: Informační brožura: Čistírna odpadních vod Uničov (Veolia voda, Moravská vodárenská 2010)