Česká zemědělská univerzita v Praze

Fakulta životního prostředí
Katedra vodního hospodářství a environmentálního modelování

# Vyhodnocení provozu ČOV Rakovník

Bakalářská práce

Vedoucí bakalářské práce: Ing. Marcela Synáčková,CSc
Zpracovala: Alice Vondráčková

2018

**Seznam zkratek:**

OV- Odpadní voda

ČOV - Čistírna odpadních vod

BSK - Biologická spotřeba kyslíku

CHSK - Chemická spotřeba kyslíku

EO - Ekvivalentní obyvatel

NL- Nerozpustné látky

Pcelk. – Celkový fosfor

Ncelk. – Celkový dusík

EU - Evropská unie

ŽP - Životní prostředí

ČR – Česká republika

MŽP – Ministerstvo Životního prostředí

MZe – Ministerstvo Zemědělství

tzv. – takzvaně

# ČESKÁ ZEMĚDĚLSKÁ UNIVERZITA V PRAZE

Fakulta životního prostředí

# ZADÁNÍ BAKALÁŘSKÉ PRÁCE

Alice Vondráčková

Územní technická a správní služba

Název práce

**Vyhodnocení provozu ČOV Rakovník**

Název anglicky

**Evaluace the operation of WWTP Rakovník**

---

**Cíle práce**

Cílem práce je popis čištění odpadních vod. Dále vyhodnocení provozu ČOV s případnými návrhy na zlepšení.

**Metodika**

Zásady pro zpracování:

1. Úvod
2. Cíle práce
3. Literární rešerše
4. Metodika
5. Popis obce
6. Popis ČOV
7. Vyhodnocení provozu
8. Diskuze
9. Závěr
10. Použité zdroje
11. Přílohy

**Doporučený rozsah práce**

40 stran textu

**Klíčová slova**

procesy čištění odpadních vod, parametry znečištění, průtoky čistírnou

---

**Doporučené zdroje informací**

Dohányos M., Koller J. et Strnadová N., 2004 : Čištění odpadních vod. Vydavatelství VŠCHT, Praha, 177 s.
HENZE M., HARREMOËS P., ARVIN E. (2002): Wastewater treatment. Springer- Verlag, Berlin Heidelberg-New York, 433 s.
HLAVÍNEK P., MIČÍN J., PRAX P., 2001 : Příručka stokování a čištění. NOEL 2000, s.r.o., Brno, 251 s.
Legislativní podklady a normy
PYTLI V. a kol., 2004 : Příručka provozovatele čistírny odpadních vod.

---

**Předběžný termín obhajoby**

2017/18 LS – FŽP

**Vedoucí práce**

Ing. Marcela Synáčková, CSc.

**Garantující pracoviště**

Katedra vodního hospodářství a environmentálního modelování

Elektronicky schváleno dne 6. 3. 2018

**doc. Ing. Martin Hanel, Ph.D.**

Vedoucí katedry

Elektronicky schváleno dne 7. 3. 2018

**prof. RNDr. Vladimír Bejček, CSc.**

Děkan

V Praze dne 21. 03. 2018

---

**Prohlášení**

Prohlašuji, že jsem tuto bakalářskou práci vypracovala samostatně, pod vedením paní Ing. Marcely Synáčkové, CSc. Čerpala jsem z literárních pramenu uvedených v seznamu zdrojů.

V Praze dne: Podpis:

**Poděkování**

Děkuji všem, kteří mi pomáhali při psaní této Bakalářské práce. Především Ing. Marcele Synáčkové, CSc. za odborné vedení a rady. Dále děkuji společnosti RAVOS s.r.o. za poskytnutí veškerých potřebných materiálu.

V Praze dne: Podpis:

**Abstrakt**

Bakalářská práce se zabývá popisem mechanicko-biologické ČOV Rakovník. Věnuje se popisu objektů a technologií nacházejících se obvykle na mechanicko-biologické ČOV.

Dále podrobně popisuje objekty na ČOV Rakovník a vyhodnocuje provoz v průběhu let 2015 - 2016. Jde o grafické znázornění hodnot (CHSK, BSK, NL, N, P) v jednotlivých měsících.

Zabývá se také popisem okresu Rakovník a jeho okolím, především pak města Rakovník. Práce zmiňuje případné možnosti řešení hydrologického sucha.

**Klíčová slova**

Čistírna odpadních vod Rakovník, procesy čištění odpadních vod, odpadní voda, parametry znečištění, ochrana vod, znečištění odpadních vod.

**Abstrakt**

The bachelor thesis objective is to describe, analyze and further offer applicable suggestions regarding the mechanical mechanical-biological Wastewater Treatment Plant (WWTP) in Rakovník, Czech Republic. A large section of the thesis is dedicated to the description of objects and technologies usually utilized in mechanic-biological waste water treatment plants.

The thesis continues in assessing the traffic during the years 2016 till 2017 at this WWTP in Rakovník, utilizing graphic representationso of the following values (COD, BOD, NL, N, P) during each month.

In the later part, a detailed description of the Rakovník district and its surroundings are exemplified focusing though on the city of Rakovník. In conclusion, the thesis offers justified solutions to the hydrological drought situation within the district of Rakovník.

**Keywords**

Waste Water Treatment Plant Rakovník, sewage treatment processes, waste water, pollution parameters, water protection, wastewater pollution.

Obsah

1 Úvod ... 10
2 Cíl práce ... 11
3 Literární rešerše ... 11
3.1 Problematika odpadních vod ... 11
3.2 Vznik odpadních vod ... 11
3.3 Druhy odpadních vod ... 11
3.4 Legislativa EU ... 13
3.5 Složení odpadních vod ... 14
3.5.1 BSK ... 15
3.5.2 CHSK ... 15
3.5.3 Organický uhlík ... 16
3.5.4 Fosfor ... 16
3.5.5 Dusík ... 16
3.5.6 Nerozpuštěné látky ... 17
3.6 Objekty technologické linky ... 17
3.6.1 Mechanická část ČOV ... 17
3.5.2 Biologická část ČOV ... 18
3.5.3 Terciární část ČOV ... 19
3.6 Kalové hospodářství ... 19
3.6.1 Zpracování kalu ... 20
4 Metodika ... 21
5 Popis obce ... 21
5.1 Popis povodí ... 23
5.2 Hydrologické sucho ... 24
6 Popis ČOV ... 24
6.1 Základní údaje ... 24
6.2 Kapacita ČOV ... 25
6.3 Popis objektů ... 25
6.3.1 Mechanická část ČOV ... 25
6.3.2 Biologická část ČOV ... 28
6.3.3 Terciární část ČOV ... 30
6.4 Jakost vypouštěných OV ... 31
6.4.1 Popis recipientu ... 31
6.5 Kalové hospodářství ... 31
6.6 Plynové hospodářství ... 33
7 Vyhodnocení provozu ... 33
7.1 Přítok a odtok ČOV ... 34
7.2. Projekty zabývající se řešením sucha na Rakovnicku ... 35
8 Diskuze ... 36
9 Závěr ... 36
10 Použité zdroje ... 37
11 Přílohy ... 39

# 1 Úvod

Voda je všude kolem nás, setkáváme se s ní každý den. Pokrývá 71% zemského povrchu a také naše tělo obsahuje vodu z 55%. Bez vody by nebylo života, a proto ji označujeme jako životadárnou. Podle filozofů je voda jedním ze čtyř elementárních prvku (voda, vzduch, země, oheň).

Je limitujícím faktorem pro rozvoj lidských sídel a také pro rozvoj fauny a flóry. Voda je ve světě rozložena velmi nerovnoměrně a jen 3% tvoří sladká voda. Většina této vody je ale vázaná v ledovcích a podzemních pramenech a tak je tady pro člověka nedostupná. Voda je důležitá pro přenos látek v životním prostředí, na její existenci jsou závislé všechny životní formy.

Člověk vodu potřebuje jako součást potravy, ale i k různým dalším činnostem např. výrobní průmysl, potravinářství, hygiena. Voda, která byla použita obyvatelstvem k jakékoli činnosti, se označuje jako voda odpadní. Kvalita a množství OV kolísá podle charakteru oblasti, uživatelů vody a stavem stokové sítě. OV je odváděná jednotnou nebo oddílnou kanalizací na ČOV, kde podstupuje řadu čistících procesů.

Z důvodu neustálého zvyšování počtu obyvatel, se zvyšují i limity pro vypouštění OV. Je tedy nutné, aby se technologie ČOV vyvíjely a nedocházelo ani v budoucnu ke znečištění recipientu a s tím spojené znečištění ŽP.

# 2 Cíl práce

Jedním z hlavních cílů bakalářské práce na téma „Vyhodnocení provozu ČOV Rakovník“ je popis čištění odpadních vod. Dalším cílem je seznámit se s městem Rakovník a také s objekty nacházejícími za na ČOV. V neposlední řadě je cílem vyhodnocení provozu ČOV případnými návrhy na zlepšení. Možnosti řešení hydrologického sucha na Rakovnicku.

# 3 Literární rešerše

## 3.1 Problematika odpadních vod

Koloběh vody v přírodě - 95 % vody na Zemi představuje mořská voda. Odpařováním mořské i povrchové vody se sytí atmosféra vodními parami, které kondenzují a mění se ve srážky. Lidstvo vodu potřebuje nejen k životu, ale i k většině svých činností. Používáním vody v domácnosti, v průmyslu a v zemědělství dochází k jejímu znečištění. Takto znehodnocená voda (odpadní voda) musí být odvedena kanalizací na čistírnu odpadních vod. Na čistírnu přitékají jak vody splaškové (komunální) tak i průmyslové, odpadní, OV ze zemědělství a srážkové OV. (Malý J., Malá J. 1996)

## 3.2 Vznik odpadních vod

Odpadní voda, je voda, která byla znečištěna lidskou činností a má tedy změněnou jakost (teplotu, složení). Jde o vodu „komunální“ z domácností, úřadů, školních institutů a jiné, nebo o vodu „průmyslovou“ vznikající v průmyslových firmách. Odpadní voda obsahuje rozpuštěné i nerozpuštěné nečistoty, proto je nutné, aby před vypuštěním do recipientu byla přečištěna. Odpadní voda je tady odváděna oddílnou či jednotnou kanalizací na ČOV. Poté je vyčištěná voda vypuštěna do recipientu. (Dohányos a kol., 2007)

## 3.3 Druhy odpadních vod

**Splaškové** (komunální) OV jsou vody z domácností, zdravotnictví a různých sociálních služeb (veřejné stravování, ubytování, sociální služby). Splaškové OV jsou silně zakalené, zbarvené do šedohnědé barvy. V našich klimatických podmínkách se teplota splaškové OV pohybuje v rozmezí od 5 do 20 °C. (Ing. Jan Bindzar, Ph.D. 2009)

Splaškové OV se dají dělit na černé (obsahují fekálie a moč) a šedé (neobsahují fekálie a moč). (Chudoba 1991)

Většina znečištění je tvořena zbytky jídel, oleji, tuky poté fekáliemi, močovinou, vlasy, čisticími prostředky, papírem a textiliemi. (Žabička a kol., 2008)

Tab. 1- Průměrné orientační složení splaškových vod (Pytl V. a kol., 2004)

| | |
|---|---|
| Hodnota pH | 6,5 - 8,5 |
| Nerozpuštěné látky [$mg.l^{-1}$] | 200 - 400 |
| Z toho usaditelné [%] | 73 |
| Z toho neusaditelné [%] | 27 |
| Rozpuštěné látky [$mg.l^{-1}$] | 600 - 800 |
| $BSK_5$ (s potlačením nitrifikace) [$mg.l^{-1}$] | 100 - 400 |
| $CHSK_{Cr}$ [$mg.l^{-1}$] | 250 - 800 |
| $N_{celk}$ [$mg.l^{-1}$] | 30 - 70 |
| $N\text{-}NH_4^+$ [$mg.l^{-1}$] | 20 - 45 |
| $P_{celk}$ [$mg.l^{-1}$] | 5 - 15 |

**Průmyslové** odpadní vody jsou vody z průmyslových podniků, které se od sebe výrazně liší ať už podle výrobních odvětví (chemický průmysl, jateční činnost a další), čí podle použitých výrobních technologií. Odpadní vody z výroby hnojiv obsahují jiné znečišťující látky než odpadní vody potravinářského nebo těžebního průmyslu. (Pitter Pavel, 1990)

Odpadní vody, které vznikají v podnicích, se dají rozdělit do 5 skupin.

1. Technologické vody - vody z výrobního procesu, které jsou v přímém kontaktu s výrobky, obsahují hlavní poddíl znečištění.
2. Chladící vody – vody používány jako chladící médium, znečištění je způsobeno změnou teploty.
3. Splaškové vody – vody z toalet, umýváren a bufetů podniků.
4. Srážkové vody – vody, které nutno rozdělovat na kontaminované (odváděny na ČOV) a nekontaminované (odváděny mimo ČOV).
5. Podzemní vody z hydrologeologické ochrany – vody především z chemických podniků. (Ing. Jan Bindzar, Ph.D. 2009)

**Zemědělské** odpadní vody se rozdělují do tří skupin. V rostlinné výrobě používaná hnojiva a pesticidní látky, které se z polí vsakují do spodních vod. V živočišné výrobě vodu znečišťuje močůvka, kejda a silážní šťávy. Třetí skupinu tvoří znečištění při úniku pohonných hmot a olejů. Dále je možné zařadit odpadní vodu z čištění zemědělské techniky a výrobních prostorů. (Kluibr J. 2003)

**Srážková** odpadní voda z části odtéká jako voda povrchová, z části prosakuje do podloží a zásobuje podzemní vody, zbylá část se vypařuje. Jakost srážkové vody ovlivňuje především člověk. Srážkové vody jsou odváděny ze zastavěné části obce jednotnou nebo oddílnou (dešťovou) kanalizací, jejich množství závisí na intenzitě srážek, nepropustnosti podloží, sklonu a velikosti odvodňované plochy. (Russel D.L., 2006)

Nejvíce znečištěná je srážková voda po zimním období. Obsahuje velké množství nerozpustných nečistot. Jedná se o posypové hmoty - štěrk, škvára, sůl a písek. (Richter Miroslav, 2005)

**Balastní** odpadní vody se do kanalizace dostávají netěsnostmi stokového systému, především u starších stokových sítí.
(http://eagri.cz/public/web/file/26962/cisteni_odpadnich_vod.pdf)

## 3.4 Legislativa EU

V roce 2004 se Česká Republika stala součástí Evropské Unie. V roce 2000 EU zavedla Rámcovou směrnici vodní politiky (2000/60/ES). Vytváření směrnice trvalo více než 10 let. Jde o sjednocení stávajících způsobů ochrany vod a o integrovanou péči v oblasti životního prostředí. Směrnice je nyní doplněna o některé další doplňkové směrnice. Hlavním cílem Rámcové smlouvy je zabránění zhoršování stavu vodních toků a nádrží, dále se zabývá také ochranou vodních ekosystémů a mokřadů.
(http://eagri.cz/public/web/mze/zivotniprostredi/ochrana-vody/vodni-ramcova-smernice/)

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

„Účelem zákona je chránit povrchové a podzemní vody, stanovit podmínky pro hospodárné vyžívání vodních zdrojů a pro zachování a zlepšení jakosti

povrchových a podzemních vod, vytvořit podmínky pro snižování nepříznivých účinků povodní a sucha a zajistit bezpečnost vodních děl v souladu s právem Evropských společenství.

Účelem tohoto zákona je též přispívat k zajištění zásobování obyvatelstva pitnou vodou a k ochraně vodních ekosystémů a na nich přímo závisejících suchozemských ekosystémů. Zákon upravuje výši poplatků za vypouštění odpadních vod do vod povrchových, rozbory a kontrolu znečištění odpadních vod, dále pak měření a evidenci odpadních vod.“

**Zákon č. 274/2001 Sb.** je zákon, o vodovodech a kanalizacích pro veřejnou potřebu a o změně některých zákonů (zákon o vodovodech a kanalizacích), ve znění pozdějších předpisů, a další související zákony.

**Vyhláška č. 448/2017 Sb**. „kterou se mění vyhláška č. 428/2001 Sb., kterou se provádí zákon č. 274/2001 Sb., o vodovodech a kanalizacích pro veřejnou potřebu a o změně některých zákonů (zákon o vodovodech a kanalizacích), ve znění pozdějších předpisů. Ministerstvo zemědělství stanoví podle § 40 zákona č. 274/2001 Sb., o vodovodech a kanalizacích pro veřejnou potřebu a o změně některých zákonů (zákon o vodovodech a kanalizacích). (http://www.sagit.cz/info/sb17448)

**Nařízení vlády č. 401/2015 Sb**. „o ukazatelích a hodnotách přípustného znečištění povrchových vod a odpadních vod, náležitostech povolení k vypouštění odpadních vod do vod povrchových a do kanalizací a o citlivých oblastech.“ (http://eagri.cz/public/web/mze/voda/legislativa/chronologicky-prehled-pravnich-predpisu/predpisy-mze/zakon-2006-76-voda.html)

## 3.5 Složení odpadních vod

Odpadní voda obsahuje velké množství nerozpuštěných i rozpuštěných nečistot, pocházejících ať už z domácností, firem, škol či jiných ústavů. Rozlišuje se bodové a plošné znečištění OV. Bodové znečištění je lokalizováno v jednom konkrétním místě. Plošné zdroje nemají konkrétní místo výskytu, jde například o splachy hnojiv z polí. (Ing. Petr Dolejš, CSc., 1996)

V odpadních vodách se vyskytují rozmanité směsi organických látek. Není tedy možno určit každou sloučeninu zvlášť. Používají se tedy skupinové stanovení. Mezi ně patří metoda BSK, CHSK, $C_{org}$. (Chudoba et al., 1991)

Tab. 2 - Charakter znečišťujících látek v odpadních vodách (Chudoba et al., 1991)

| Označení skupiny | Znečišťující látky | Příklady |
|---|---|---|
| 1 | rozpuštěné | (ve filtrátu za filtrem 0,4 μm) |
| 1.1 | - organické | |
| 1.1.1 | - biologicky rozložitelné | (cukry, mastné kyseliny) |
| 1.1.2 | - biologicky rozložitelné | (azobarviva aj.) |
| 1.2 | - anorganické | (těžké kovy, sulfidy) |
| 2 | nerozpuštěné | |
| 2.1 | -organické | |
| 2.1.1 | - biologicky rozložitelné | (škrob, bakterie) |
| 2.1.2 | - biologicky rozložitelné | (papír, plasty) |
| 2.1.3 | - usaditelné | (celulosová vlákna) |
| 2.1.4 | - neusaditelné | (bakterie, papír) |
| 2.1.4.1 | - koloidní | (bakterie) |
| 2.1.4.2 | - plovoucí | (papír) |
| 2.2 | - anorganické | |
| 2.2.1 | - usaditelné | (písek, hlína) |
| 2.2.2 | - neusaditelné | (brusný prach) |

### 3.5.1 BSK

Biochemická spotřeba kyslíku je důležitým ukazatelem kvality odpadních vod. BSK určuje množství kyslíku spotřebovaného mikroorganismy při biochemickém rozkladu organických látek přítomných ve vodě za aerobních podmínek. Uvádí se v mg/l. Index za symbolem BSK udává počet dní trvání testu. ($BSK_5$, $BSK_{10}$**).** (Zákon č. 254/2001 Sb. o vodách a o změně některých zákonů, vodní zákon)

### 3.5.2 CHSK

Chemická spotřeba kyslíku zobrazuje četnost organických látek ve vodě, které mohou spotřebovávat rozpuštěný kyslík, jsou tedy chemicky oxidovatelné. Při stanovení hodnot CHSK jsou organické látky oxidovány dichromanem draselným nebo manganistanem draselným ($CHSK_{Cr}$, $CHSK_{Mn}$). Hodnoty CHSK mohou být stanoveny již v den odběru vzorku. (Ing. Pavel Švehla, 2005)

### 3.5.3 Organický uhlík

Organický uhlík je dalším skupinovým ukazatelem, kterým může být stanoven obsah organických látek. $C_{org}$ oxiduje na $CO_2$ při mokrém nebo termickém spalování. $C_{org}$ není ideální pro stanovení organického znečištění. Vody se stejnou hodnotou $C_{org}$ můžou mít jiné hodnoty spotřeby kyslíku. (Prof. Ing. Michal Dohányos, CSc., 2011)

### 3.5.4 Fosfor

Fosfor je nežádoucí složkou ve vodních tocích a nádržích. Denně člověk vyloučí cca 1,5g fosforu. Celkový fosfor je suma rozpuštěného a nerozpuštěného fosforu, který může být vázán jak organicky tak anorganicky. Způsobuje eutrofizaci. Rozlišujeme biologické a chemické srážení fosforu. (Pitter Pavel, 1990)

Biologické srážení

Některé mikroorganismy akumulují fosfor ve formě polyfosfátů. Známe cca kolem 30-ti druhů, nejznámější je Acinetobacter. Výhodou je, že nejsou potřeba chemikálie ani konečné zpracování. (Prof. Ing. Michal Dohányos, CSc., 2011)

Chemické srážení

Jako srážecí činidla se používají např. železité, hlinité soli nebo vápno. Dávkovat je možno v jakékoli části ČOV. Vytváří se fosforečnany vápenaté, hlinité nebo železité.(Ing. Pavel Švehla, 2005)

### 3.5.5 Dusík

Sloučeniny dusíku jsou tak jako fosfor nežádoucí sloučeninou již z více důvodů:

a) vysoká spotřeba kyslíku na biochemickou oxidaci amoniakálního dusíku,
b) podpora růstů zelených organismů a s tím spojená eutrofizace,
c) nebezpečí pro kojence - vysoké koncentrace dusičnanů.

Možností odstraňování je několik:

a) Zachycování na měničích iontů.
b) Stripování vzduchem.
c) Destilování z alkalického prostředí.
d) Vysrážení ve formě fosforečnanu amonno-hořečnatého.
e) Biologické odstraňování nitrifikací a denitrifikací.

(Prof. Ing. Michal Dohányos, CSc., 2011)

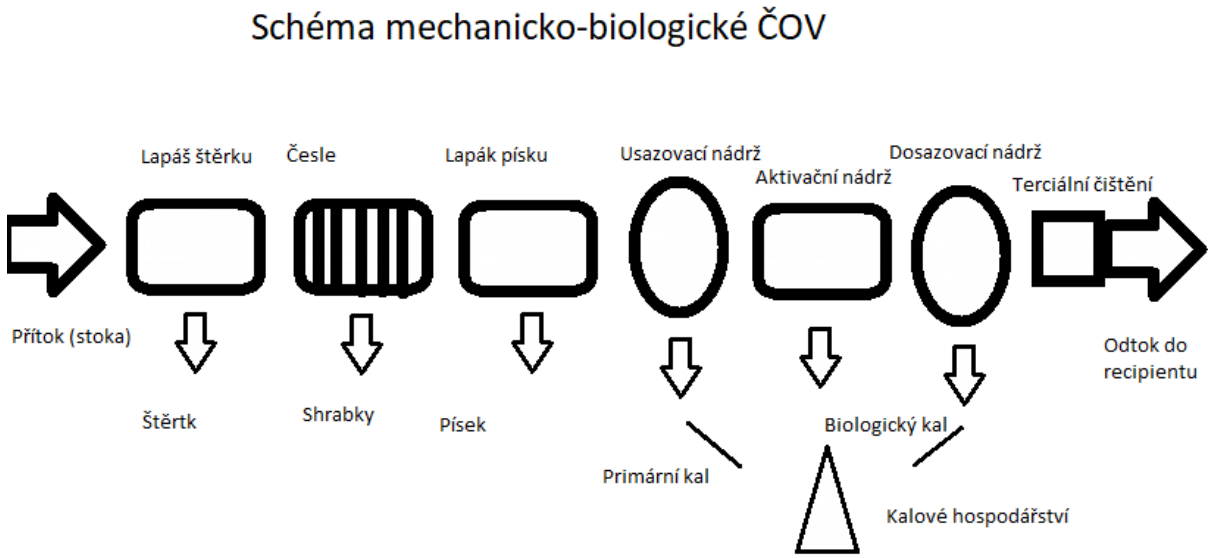
### 3.5.6 Nerozpuštěné látky

Hodnoty NL jsou v rozmezí 0,5 μm – 1,0 μm. NL se do vody dostávají rovnou z atmosféry nebo splachem. Jde o směs organických i anorganických látek, např. plast, písek, těžké kovy. (Hlavínek Petr a kol., 2006)

## 3.6 Objekty technologické linky

Technologická linka se dělí na mechanickou, biologickou a terciární část. Technologie čistírny je založena na samočisticím procesu, který přirozeně probíhá ve vodních tocích a nádržích. Nerozpuštěné látky se v přírodním procesu zachycují a usazují. Z části podléhají biologickému rozkladu, z části sedimentují a vytvářejí usazeniny na dnech vodních toků a nádrží. (Ing. Pavel Švehla, 2005)

Obr. 1 - Schéma mechanicko-biologická ČOV, (vytvořila Alice Vondráčková)




### 3.6.1 Mechanická část ČOV

Jako vstupní objekt mohou být zařazeny lapáky štěrku. Slouží k ochraně čistírny před těžkými a pevnými částicemi. Prvním objektem mechanického čištění jsou strojní česle, které odstraňují hrubé nečistoty. Česle jsou tvořeny řadou česlic upevněných v rámu. Dělíme je podle vzdálenosti mezi česlicemi na česle hrubé, vzdálenost větší než 6 cm a česle jemné, vzdálenost menší než 4 cm. Do přítokového žlabu se osazují pod úhlem 30°-60°. Rychlost průtoku by neměla přesáhnout 0,9 m/s a klesnout pod 0,3 m/s, aby nedocházelo k usazování či strhnutí částic proudem vody. (Prof. Ing. Michal Dohányos, CSc., 2011)

Shrabky jsou odstraňovány ručním nebo mechanickým stíráním do kontejnerů. Obsahují z 50 % hadry a v menším množství už papír, plast a různé další části odpadu. Shrabky dále putují do lisovny, aby došlo k jejich odvodnění. Obsah vody je snížen zhruba o 40%. Odvodněné shrabky jsou poté spalovány, kompostovány či skládkovány na skládky nebezpečného odpadu. V ČR je upřednostňováno skládkování za použití stabilizace vápnem. (Ing. Pavel Švehla, 2005)

Druhým objektem čistírny jsou lapáky písku, jejichž úkolem je odstraňování těžších částic např. písek, sklo, škvára. Pomocí snížení průtočné rychlosti a aerace dochází k zachycování nečistot. Tyto nečistoty je třeba odstraňovat odděleně od ostatních nerozpuštěných organických látek. Ty se separují až v usazovacích nádržích. V lapácích písku se zachycují částice o velikosti zrn 0,2 až 0,25 mm. Rozlišujeme 3 druhy lapáků písku, podle směru průtoku na horizontální, vertikální a lapáky s příčnou cirkulací. Česle i lapáky písku slouží k ochraně následujících objektů čistírny. (Prof. Ing. Michal Dohányos, CSc., 2011)

Třetím objektem může být lapák tuků, olejů a jiných plovoucích nečistot. Posledním objektem mechanického čištění jsou usazovací nádrže. Fungují na principu gravitace a hustotních rozdílech složek. Části sedimentované v usazovacích nádržích nazýváme primární kal. (Henze M., Loosdrecht M., Ekana G., Brdjanovic D., 2003)

### 3.5.2 Biologická část ČOV

Biologické, nebo-li sekundární čištění probíhá v aktivačních a dosazovacích nádržích. Do aktivační nádrže je přiváděn vratný aktivovaný kal. Směs odpadní vody a vratného kalu je provzdušňována. Pomocí mikroorganismů, převážně bakterií dochází k rozložení biologicky rozložitelných částí organických látek, které mohou mikroorganismy využít jako substrát (potravu). Základním faktorem je oxidačně-redukčním potenciál. Rozlišujeme aerobní a anaerobní rozklad. Aerobní rozklad probíhá za přístupu kyslíku, anaerobní rozklad probíhá bez přístupu kyslíku. (Malý J., Malá J. 1996)

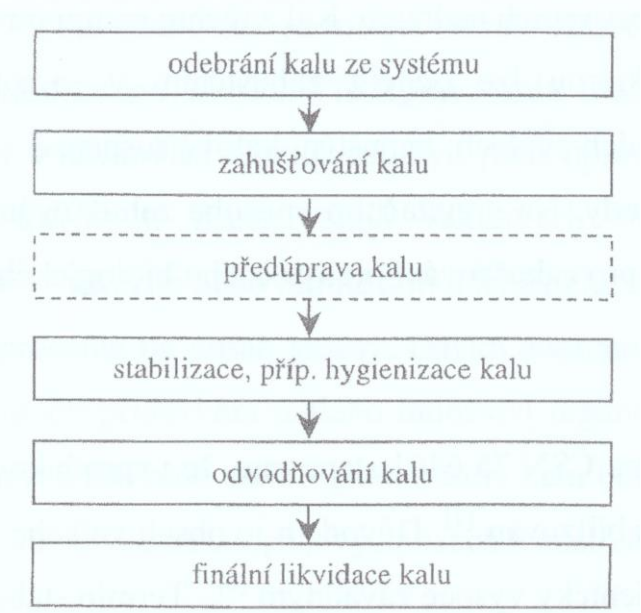
Z aktivační nádrže odtéká směs do dosazovací nádrže, kde se odděluje vyčištěná voda od aktivovaného kalu. Odstraňováním rozpustných i nerozpustných látek se kumuluje velké množství biomasy a ta se musí ze systému odvádět, nazývá

se přebytečný aktivovaný kal. Dosazovací nádrže se dělí podle tvaru na: pravoúhlé nádrže s horizontálním průtokem, kruhové nádrže s horizontálním průtokem a nádrže s vertikálním průtokem. (Crittenden J., 2005)

### 3.5.3 Terciární část ČOV

Jde o dočišťování OV, ve vodohospodářsky exponovaných oblastech může vodoprávní úřad požadovat dočišťování biologicky vyčištěné OV z důvodu zlepšení kvality vody vypouštěné do recipientu. Terciární část může být vyřešena více způsoby. Nejčastěji se vyskytuje filtrace odtoku nebo filtrace pomocí aktivního uhlí. Jako filtrace jsou obvykle použity membránové filtrace, pískové filtrace nebo mikrosíta. Další možností terciárního čištění je použití dezinfekce. Využívá se chlor, UV záření nebo i ozonizace. V neposlední řadě lze využít fyzikálně-chemické metody jako je oxidace, redukce, odpařování, čiření a další. (Komínková Dana, Benešová Libuše, Šťastná Gabriela, 2014)

Obr. 2 - Postup při zpracování kalů, (Hlavínek P., 2011)




## 3.6 Kalové hospodářství

Pojem kal označuje sušinu kalu, nebo-li suspenzi pevných látek. Na ČOV vznikají dva typy kalu. Primární kal, který vzniká při mechanickém čištění a

sekundární, nebo-li přebytečný aktivovaný kal, který se odděluje v biologickém stupni ČOV. Tyto typy kalu se nazývají směsný surový kal. Surový kal prochází řadou procesů. (Henze M.,Harremoes P., Arvin E., 2002)

### 3.6.1 Zpracování kalu

Surový kal obsahuje velké množství vody, proto je třeba použít zahušťování. Zahušťování probíhá v zahušťovacích nádržích nejčastěji sedimentací. Podle normy ČSN 75 6401 musí být surový kal následně aerobně či anaerobně stabilizován. (Ptyl V. a kol., 2004)

V sušině surového kalu je poměr mezi organickými a anorganickými látkami cca 2 : 1. Pomocí methanizace v procesu anaerobní stabilizace tento poměr klesá na hodnoty 1 : 1. (Prof. Ing. Michal Dohányos, CSc., 2011)

Za stabilizovaný kal lze považovat takový kal, který již neohrožuje životní prostředí. Stabilizovaný kal neznamená nutně hygienizovaný kal. Hygienizace a stabilizace nemusí, ale i může probíhat současně. Stabilizace znamená, že kal již nepodléhá biologickému rozkladu. (Ing. Pavel Švehla, 2005)

Hygienizací se rozumí snížení počtu patogenních mikroorganismů na danou hodnotu. (Arceiavala S.J., Asolekar S. R., 2007)

Posední z procesů, kterým surový kal prochází je odvodnění. Rozlišuje se odvodnění přirozené - na kolových polích a mechanické - na odstředivkách, vakuových filtrech, kalolisech, sítopásových lisech. Při mechanickém odvodnění je zapotřebí zlepšení odvodňovací schopnosti kalu. Využívají se flokulanty, druh a dávka se stanovuje podle vlastností a druhu kalu. Dříve se používali soli železa, hliníku většinou s příměsí vápna. (Prof. Ing. Michal Dohányos, CSc., 2011)

Finální zpracování kalu se rozumí: skládkování, splování, použití jako složka stavebního materiálu nebo jako hnojivo. Vše musí probíhat tak aby nebo ohroženo životní prostředí. (Henze M., Harremo S.P., Arvin E., 2002)

# 4 Metodika

V úvodní části mé Bakalářské práce jsem se věnovala popisu mechanicko-biologické ČOV. Dále jsem se zaobírala odpadní vodou, jejím mi druhy a složením. V druhé částí BP jsem představila město Rakovník, jeho okolí a povodí. Následuje podrobný popis ČOV Rakovník a vyhodnocení provozu, které je vyjádřeno graficky.

Nejprve jsem se musela seznámit s platnými legislativními předpisy. Jde o zákony, vyhlášky a nařízení vlády. Nutné bylo vyhledat si odbornou literaturu související s danou problematikou. Dále jsem spolupracovala se společností RAVOS s.r.o., která mi poskytla všechna potřebná data. Nejdůležitějším dokumentem je provozní řád ČOV Rakovník, který jsem prostudovala a s odborným zaměstnancem ČOV jsem prošla všechny objekty na ČOV a pořídila potřebnou fotodokumentaci.

# 5 Popis obce

Rakovník je královské město. Leží 56 km na západ od Prahy. Rakovník byl původně trhová osada a až Král Václav II. v roce 1286 povýšil Rakovník na město. V roce 1588 Císař Rudolf II jmenoval Rakovník na královské město.

Obr. 3 – Poloha města vyznačená na mapě ČR a nejbližší okolí města, (https://www.czso.cz/csu/xs/charakteristika_okresu_rakovnik)

Do okresu Rakovník o rozloze 896 km$^2$ spadá 83 obcí. Z toho 3 mají statut města (Rakovník, Nové Strašecí, Jesenice) a 6 obcí má statut městyse (Senomaty, Pavlíkov, Kněževes, Mšec, Slabce, Křivoklát). Největší zajímavostí Rakovnického okresu je CHKO Křivoklát a hrad Křivoklát, který byl vystaven v letech 1250 – 1270.
(Český statistický úřad https://www.czso.cz/csu/xs/charakteristika_okresu_rakovnik)

Rakovník je ve všech směrech, ať už kulturním, společenském nebo obchodním, centrem regionu. Nachází se zde mnoho kulturních památek. Například kostel sv. Bartoloměje ze 14. století spolu s nedaleko se nacházející zvonicí s největším zvonem v republice (1.6 m průměr). Husovo náměstí je dlouhé 400 m nachází se na něm krásná radnice z 16. století s barokní fasádou a Mariánský sloup jakož to sochařská památka s českými patrony sv. Václavem, Vítem, Prokopem a Vojtěchem.

Dále se v Rakovníku nachází Pražská brána nejstarší část zachovaná ze středověkého opevnění a Vysoká brána, která dnes slouží jako rozhledna, která měří 46 m. Muzeum T. G. M. a Rabasova galerie, ve které se pořádají výstavy různých uměleckých maleb, soch, kreseb a grafik. V Rakovníku se nachází také kulturní centrum, minigolf, botanická zahrada, bazén v rekonstrukci, mnoho restaurací a kaváren. (www. mesto-rakovnik.cz)

Obr. 4 - Rakovnická radnice, (www. mesto-rakovnik.cz)

## 5.1 Popis povodí

Rakovník se nachází v dešťovém stínu Krušných hor. Z toho důvodu je na Rakovnicku malé množství srážek a s tím spojené problémy s nedostatkem vody.

Řeka Berounka je jedinou na Rakovnicku. Vzniká soutokem Mže a Radbuzy v Plzni. Její délka přesahuje 32m, má velké množství pravobřežních a levobřežních přítoků. Pravobřežními přítoky jsou potoky Zbirožský, Skryjský, Úpořský, Klucnou, Žloukavu a levobřežními přítoky jsou potoky Rakovnický, Modřejovický, Zbirožský, Tyterský, Javornici, Vůznici, Klíčavu atd. Většinu rakovnických vod odvádí řeka Berounka, některé vody odtékají do Ohře a jen Bakovský potok se vlévá do Vltavy. Nejdůležitější toky z pohledu vodohospodářského jsou toky Berounka, Javořice, Rakovnický potok a Klíčava. Řeka Berounka se Mořan vlévá do Vltavy a je jejím největším levostranným přítokem. (www. mesto-rakovnik.cz)

Povodí Berounky je situováno v západní části Čech a je rozloženo pouze na území ČR. Celková plocha povodí činní 9 270,621 km2. Na povodí řeky Berounky navazuje povodí Dolní Vltavy. Řeka Berounka leží převážnou částí v Plzeňském kraji, částí ve Středočeském kraji a také zasahuje do hlavního města Prahy. Ústeckého kraje se dotýká pouze okrajově.

(http://www.pvl.cz/portal/hydroprojekt/BE/A/1_TEXTOVA_CAST/BE_kapitola_A.pdf)

Recipientem města Rakovník je Rakovnický potok, o délce 48,4. Je nejdelším tokem na okrese a ústí do řeky Berounky v obci Roztoky. Na okrese Rakovník jsou stanovena záplavová území a to po celé délce Rakovnického potoka, Javornického potoka a řeky Berounky. Jde o území, které může být při výskytu přirozené povodně zaplaveno. (www. mesto-rakovnik.cz)

Obr. 5 – Povodí Rakovnicka

(http://www.pvl.cz/portal/hydroprojekt/BE/A/1_TEXTOVA_CAST/BE_kapitola_A.pdf)

## 5.2 Hydrologické sucho

V ČR dochází již dlouhé období ke změně klimatu. Velice postiženou oblastí je i povodí Rakovnického potoka. V r. 2009 byl proveden výzkum vývoje klimatických a hydrologických podmínek Výzkumným vodohospodářským ústavem T. G. M. Výzkum ukázal, že i když roční úhrn srážek značně nepoklesl, bylo vlivem oteplování (po roce 1980) způsobeno významné snížení průtoku v povodí o 40 až 60 %. Nedostatek vody se nepříznivě projevuje jednak v hydrologii, ale také v zemědělství. V důsledku sucha není dosaženo dostačujících výnosů zemědělských plodin. (www. mesto-rakovnik.cz)

# 6 Popis ČOV

## 6.1 Základní údaje

ČOV Rakovník leží na okraji města. Rakovník je okresní město a nachází se ve Středočeském kraji. ČOV Rakovník se budovala 10 let, od roku 1959 až do roku 1969. Následovalo mnoho rekonstrukcí, které postupně rozšiřovaly biologický a mechanický stupeň čistění. Jedná se tedy o mechanicko-biologickou čistírnu odpadních vod. Do ČOV Rakovník jsou odpadní vody přiváděny jednotnou kanalizací. Z města Rakovník, obce Lubná a dále oddílnou kanalizací z obce Senomety, včetně části Nouzov. Kapacita ČOV je stanovena na 23 000 EO (ekvivalentní obyvatel). Denní přítok odpadní vody je 5 425 $m^{3/}$den. Maximální

hodinový průtok se pohybuje v průměrné hodnotě 504,6 $m^3$/hod (146,3 l/s). (Provozní řád, 2011)

V letech 1979 – 2013 byly na ČOV Rakovník prováděny různé opravy a vylepšení. Šlo například o výměnu strojních česlí, instalaci plynojemu, rozšíření biologického stupně a další úpravy, které vedly ke zlepšení a zvětšení ČOV Rakovník a jejich možností.

## 6.2 Kapacita ČOV

Tab. 3 – Množství OV a parametry znečištění ČOV, (Vondráčková A.)

| | Množství OV | |
|---|---|---|
| Počet EO | $m^3$/den | m3/rok |
| 23 000 | 5 425 | 1 980 125 |

| | $CHSK_{Cr}$ | $BSK_5$ | NL | $N_{celk.}$ | $P_{celk.}$ |
|---|---|---|---|---|---|
| Znečištění (kg/d) | 2 650 | 1 100 | 1100 | 210 | 42 |

## 6.3 Popis objektů

ČOV Rakovník obsahuje mechanickou a biologickou část čistění OV.

### 6.3.1 Mechanická část ČOV

Prvním stupněm čištění OV je mechanický stupeň čištění (tzv. hrubé předčištění) jehož objekty jsou přítoková a vypínací komora, jímka pro příjem dovážených OV, paralelně postavené žlaby, ve kterých jsou instalovány jemné strojní česle FONTANA a strojní česle DOOR, paralelně postavené lapáky písku – podélný provzdušňovaný a štěrbinový lapák písku, separátor FONTANA a podélně protékané usazovací nádrže.

Odpadní voda přitéká na ČOV jednotnou kanalizační stokou o průměru 1000 mm, přitékají vody splaškové, průmyslové i dešťové. Dále OV pokračuje do přítokové komory. Z přítokové komory je OV odvedena podle zadaného směru. První možností odtoku je cesta ***do odlehčovací komory***, jejímž příslušenstvím je ruční deskové stavidlo. Na odlehčovací komoru navazuje betonový žlab, v němž jsou usazeny jemné strojní česle Fontana. Česle značky FONTANA M 72 s šířkou průlin 6 mm a délkou česlí 1000 mm slouží k zachycení hrubých nečistot. Česle jsou automaticky stírány pomocí pohyblivé čestlicové mříže, která se posouvá směrem

nahoru. Nedílnou součástí je i lis na shrabky je také značky FONTANA, který shrabky odvodní, slisuje a hromadí je v připraveném kontejneru. Druhou možností je odvedení OV ***do žlabu***, který vede ke starým česlím DORR, šířka průlin je 20 mm a délka česlí 1000 mm. Tento objekt je v provozu, pouze pokud jsou odstaveny jemné česle Fontana. Obsluhu česlí musí zajišťovat pracovník ČOV, jde o ruční stírání shrabků a odvoz do kontejneru. Pro OV přivážené na ČOV feka-vozem je pod úrovní terénu akumulační jímka s objemem 21m$^3$. (Provozní řád, 2011)

Obr. 6 – Vlevo česle značky Fontana, vpravo náhradní česle značky DORR, (Alice V.)

OV odtéká odtokovým žlabem, který se dělí na dva žlaby. Těmito žlaby přitéká voda do dvoukomorového podélného provzdušňovaného lapáku písku typ LPP 2400, jehož příslušenstvím jsou 2 čerpadla hydrosměsi písku z lapáku, pojezdový most a jeho ovládací skříň. Dvě desková stavidla s elektropohony. Dodávku vzduchu zajišťují malá dmychána. Obsahuje 2 dmychadla LOTOS M 70 a M 71. Příslušenstvím malé dmychány je kompresor ORLIK M 1, který je ovládán pouze ručně obsluhou ČOV. Hydrosměs voda/písek se dále čerpá čerpadly do separátoru pístu (Fontana). Separátor funguje pomocí dopravního šneku. Separovaná voda je odvedena zpět do systému před provzdušňovaný lapák písku. Odvodnění písek je hromaděn v přistaveném kontejneru. (Provozní řád, 2011)

Obr. 7 – Kontejner na odvodnění písek (Alice V.)

Za česlemi DORR se nachází typový štěrbinový lapák písku. U dna lapáku jsou štěrbiny, kterými gravitačně usazený písek propadá do akumulačních prostor, kde vzniká tzv. hydrosměs. Tato hydrosměs se odčerpává pomocí Mamutky DN 100 do přítokového profilu provzdušňovaného lapáku písku. OV poté odtéká přes přelivnou hranu odtokovým žlabem, který je společný pro oba dva lapáky písku.

Posledním objektem mechanického čištění OV jsou usazovací nádrže. Na ČOV Rakovník jsou dvě podélně protékané. Délka jedné nádrže je 3 m, šířka 23,75 m a provozní hloubka 2,1 m. K usazovací nádrži se pojí 4 kalové jímky a řada příslušenství počínajíc přítokovými žlaby M1 levý přítok M2 pravý přítok žlabu, stavidlo Fronta typ STE 1000 x 1150 / 1000 x 1050 mm. Dále plastové řetězové shrabovací zařízení dna a hladiny, dvě stavidla s elektropohony, půlkruhové žlaby, ultrazvukový hladinoměr typ LIA 124 a ponorné čerpadlo s plovákovým spínačem. (Provozní řád, 2011)

Obr. 8 – Usazovací nádrže, (Alice V.)

### 6.3.2 Biologická část ČOV

Objekty biologického čistění jsou čerpací stanice mechanicky předčištěné odpadní vody, rozdělovací objekt, technologická linka dělící se na - regenerační nádrž: anoxická a oxická zóna, - dvě paralelní linky – denitrifikační + nitrifikační nádrže, dosazovací nádrže, terciární stupeň čištění – mikrosítové filtry (záložní zařízení), čerpací stanice provozní vody,

měrný objekt, Biologický filtr – mimo provoz.

Odpadní voda odtéká z usazovací nádrže gravitačně do čerpací stanice. Za obvyklého provozu je OV čerpána jedním čerpadlem (do výkonu 75 l/s) a také úroveň hladiny nesmí přesáhnout 165 cm. V případě vyššího přítoku než 75 l/s a zvýšení hladiny na 180 cm je do chodu zapojeno i druhé čerpadlo. Výkon obou čerpadel dohromady se pohybuje okolo 150 l/s. Tento výkon se řídí frekvenčními měniči podle aktuálního přítoku OV na ČOV. Z čerpací stanice jsou, pomocí čerpadel, jednotlivé výtlaky odvedeny do strojovny kalového hospodářství. Dále je OV vedena potrubí do rozdělovacího objektu.

Technologická linka aktivace pracuje na systému D – R – D – N, tj. regenerace s předřazenou anoxickou zónou – dvoulinková sestava denitrifikace – nitrifikace. D – N jsou dvě paralelní linky postaveny jako monoblok. Příslušenstvím monobloku obtokové žlaby, přítokové žlaby a odtokový žlab. Dále navazuje rozdělovací objekt, který rozděluje aktivační směs do dvou dosazovacích nádrží. Regenerovaný aktivovaný kal je do systému přiváděn pomocí potrubí vyvedeného do přítokového žlabu. Do denitrifikační nádrže přitéká aktivační směs vtokovými okny (šířka 3 m) a směs se zde promíchává míchadly. Dle projektu se má koncentrace kalu pohybovat od 4 do 6 kg/m$^3$. Kal vnitřní recirkulace je do systému přiveden z příslušné nitrifikační sekce.

Do nitrifikačních nádrží natéká aktivační směs z denitrifikačních nádrží dvěma okny (šírka 1,5 m). Obě nitrifikační nádrže jsou osazeny automatickým zařízením na stírání hladiny (pěny). Stažená pěna je schraňována v akumulační jímce. (Provozní řád, 2011)

Obr. 9 – Aktivační nádrž, (Alice V.)

Regenerační stupeň aktivace obsahuje dvě nádrže, sériově zapojené. Jde o anoxickou a oxickou sekci. Anoxická sekce se nachází na přítoku do regenerační nádrže a jsou do ní vyvedeny potrubí s vratným kalem, část mechanicky předčištěné vody a filtrát z odvodnění kalu. Směs je promíchávána pomocí míchadel. Oxická sekce je na odtoku z regenerační nádrže. Příslušenstvím odtokové části regenerační nádrže je jemnobublinnový aerační systém s diskovými elementy.

Z technologické linky D – R – D – N je OV odvedena do rozdělovacího objektu, na tzv. fontánku. Před fontánku je dávkován síran železitý, který slouží k odstranění fosforu. Jde o roztok, který je skladován v nádrži o velikosti 15 $m^3$.

Poté OV odtéká do dvou dosazovacích nádrží o průměru 18 a 21 m. Na dnech dosazovacích nádrží jsou situovány pojezdové mosty s hrablem umístěným na dně. Aktivační směs stéká gravitačně válcem a komunikačními otvory ve stěně a odtéká do zahušťovací části dosazovací nádrže, kde dochází k oddělení aktivovaného kalu od vyčištěné vody. Vyčištěná voda odtéká odtokovým žlabem, který je osazen pilovitou přelivnou hranou, do čerpací stanice provozní vody. Dalším objektem je rozdělovací šachta, ze které je voda odvedena buď do obtokové komory, nebo do terciární části čistění. (Provozní řád, 2011)

Obr. 10 – Dosazovací nádrž, (Alice V.)

### 6.3.3 Terciární část ČOV

Pro terciární čištění je na ČOV Rakovník využito dvou bubnových mikrosítových filtrů. Bubny jsou osazeny filtrační tkaninou a vybaveny obtokový žlabem. Filtry se zapojují do provozu jen na pokyn technologa, tedy pokud hrozí zhoršení výsledku měřených parametrů.

Posledním objektem je měrný objekt, který je osazen Parshallovým žlabem (typ P5). Příslušenstvím žlabu je ultrazvuková sonda pro měření průtoku, pH- metr pro měření hodnot pH a automatický vzorkovač pro odběr vzorku. Odpadní voda dále odtéká do recipientu a tím je Rakovnický potok. (Provozní řád, 2011)

Obr. 11 – Parshallový žlab, (Alice V.)

## 6.4 Jakost vypouštěných OV

Povolení k vypouštění OV a hodnoty jakosti vypouštěných OV, jsou stanoveny Rozhodnutím krajského úřadu Středočeského kraje, odbor životního prostředí a zemědělství. Rozhodnutí bylo vydáno v Praze dne 17. Prosince 2015. Pro kontrolu jakosti se provádí odběry vzorku minimálně 26 za rok.

Tab. 4- Emisní limity (RAVOS s. r. o., - rozhodnutí krajského úřadu, 2015)

| Ukazatel | „p“- mg/l | „m“- mg/l | t/rok |
|---|---|---|---|
| $CHSK_{Cr}$ | 60 | 100 | 100 |
| $BSK_5$ | 14 | 20 | 30 |
| NL | 18 | 25 | 35 |
| $N_{celk}$ | 14* | 25 | 30 |
| $P_{celk}$ | 1,5* | 3 | 3,5 |

### 6.4.1 Popis recipientu

Recipientem pro ČOV Rakovník je Rakovnický potok, dříve zvaní říčka Rokytka. Pramení v centru přírodního praku Jesenicko. Rakovnický potok je se svou délkou 48,4 km nejdelším vodním tokem na okrese. Vyústění vyčištěné OV je situováno do 17,5 říčního km recipientu.

## 6.5 Kalové hospodářství

Primární kal je ze systému odveden pomocí gravitace do čerpací stanice směsného kalu. Sekundární kal se čerpá nejdříve do strojovny, kde je zahuštěn a dále odveden také do směsné stanice kalu tzv. jímky. Odtud je kal čerpán do zahušťovací nádrže, kde je gravitačně zahušťován a homogenizován. Zahušťovací nádrž je kovová nádrž s průměrem 9 m. Ze zahušťovací nádrže je kal odveden do vyhnívací nádrže o objemu 800 $m^3$, kde probíhá mezofilní anaerobní vyhnívání kalu. Vyhnívání probíhá za stálého míchání při teplotě 38 – 40 °C a jeho produktem je bioplyn a stabilizovaný vyhnilý kal.

Obr. 12 – Vyhnívací nádrž, (Alice V.)

Stabilizovaný vyhnilý kal je dále odveden do uskladňovací nádrže, jejím příslušenstvím je horizontální míchadlo. Dále je kal čerpán řetězovým čerpadlem do strojovny, kvůli kontrole tlaku a odtoku na pásový lis značky Vanex. Produktem po slisování je kalová voda a odvodněný kal, který přepadává do přistavených kontejnerů. Dále jsou na ČOV Rakovník vystaveny dvě kalová pole, využívaná na ukládání a odvodnění kalů. Pole mají celkovou plochu 460 $m^3$. (Provozní řád, 2011)

Obr. 13 – Kalová pole, (Alice V.)

### 6.6 Plynové hospodářství

Bioplyn, který vzniká při anaerobním procesu vyhnívání, je bezbarvý plyn nasycený vodní párou. Bioplyn je odveden do strojovny plynojemu a dále pak do dvouplášťového membránového plynojemu značky Sattler o objemu 1040 m3. Bioplyn je z většiny využíván na vyhřívání vyhnívací nádrže, z části na vytápění budovy kalového hospodářství a ostatních objektů. Přebytečný plyn je likvidován pomocí hořáku zbytkového plynu. (Provozní řád, 2011)

Obr. 14 - Plynojem Sattler, (Alice V.)

## 7 Vyhodnocení provozu

Jakost vody vypouštěné do recipientu a četnost odběru vzorku určuje nařízení vlády. Pro ČOV Rakovník je stanovena četnost na 26 vzorků za rok. Tudíž dle zákona 401/2015 je možný počet nevyhovujících vzorku stanoven na 4 vzorky. Provozovatel je povinny pravidelně kontrolovat provoz. ČOV Rakovník funguje velmi dobře.

V tabulce 5. jsou uvedeny minimální, maximální, průměrné hodnoty $CHSK_{Cr}$, $BSK_5$, NL, $N_{celk.}$, $P_{celk.}$, a také stanovené limity pro ČOV Rakovník. („p“- průměr, „m“ maximum)

Tab. 5 – Minimální, průměrné a maximální hodnoty za rok 2015 a 2016

| | rok 2015 | | | rok 2016 | | | povolené hodnoty | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | min. | prům. | max. | min. | prům. | max. | "p" | "m" |
| $CHSK_{Cr}$ | 30,7 | 38,1 | 44,3 | 31 | 37,2 | 43,3 | 60 | 100 |
| $BSK_5$ | 8,1 | 9,2 | 11,7 | 7,4 | 8,8 | 10,2 | 14 | 20 |
| NL | 1,2 | 5,4 | 9,7 | 1,1 | 5 | 10,5 | 18 | 25 |
| $N_{celk.}$ | 7,3 | 9,4 | 11,5 | 7 | 9,1 | 11,6 | 14 | 25 |
| $P_{celk.}$ | 0,79 | 1,4 | 2,04 | 0,3 | 1 | 1,9 | 1,5 | 3 |

Grafické vyhodnocení je provedeno v přílohách. Hodnoty $CHSK_{Cr}$, $BSK_5$, NL, $N_{cek.}$, $P_{celk.}$, jsou ve většině hodnocených období vyhovující. Pouze hodnoty $P_{celk.}$ byly překročeny v roce 2015 třikrát a to v červnu, červenci a říjnu (příloha 12). A v roce 2016 dvakrát v lednu a dubnu (příloha 22). Dle Nařízení vlády č. 401/2015 Sb. o ukazatelích a hodnotách přípustného znečištění povrchových vod a odpadních vod, náležitostech povolení k vypouštění odpadních vod do vod povrchových a do kanalizací a o citlivých oblastech, přílohy č. 5 mohou být v jednom roce 3 nevyhovující vzorky. I přesto by bylo vhodné zlepšení technologie srážení fosforu, například upravením dávkování síranu železitého podle průtoku a potřeb ČOV.

Dle tabulky č. 6 je účinnost ČOV Rakovník velmi dobrá. Nejlepší je v odstraňování nerozpuštěných látek. Účinnost v letech 2015 a 2016 je téměř totožná, větší rozdíly jsou znatelné jen u celkového fosforu. Přece jen v roce 2016 byla účinnost o něco lepší.

Tab. 6 – Vyhodnocení účinnosti za rok 2015 a 2016

| 2015 | přítok | odtok | účinnost% |
|---|---|---|---|
| $CHSK_{Cr}$ | 760,6 | 38,1 | 95 |
| $BSK_5$ | 346,5 | 9,2 | 97 |
| NL | 371,0 | 5,4 | 99 |
| $N_{celk.}$ | 48,9 | 9,4 | 81 |
| $P_{celk.}$ | 6,2 | 1,4 | 78 |

| 2016 | přítok | odtok | účinnost% |
|---|---|---|---|
| $CHSK_{Cr}$ | 766,6 | 37,2 | 95 |
| $BSK_5$ | 366,8 | 8,8 | 98 |
| NL | 434,6 | 5,0 | 99 |
| $N_{celk.}$ | 54 | 9,1 | 83 |
| $P_{celk.}$ | 6,8 | 1 | 85 |

## 7.1 Přítok a odtok ČOV

Rakovník je nejsušší oblastí středočeského kraje. Hlavním problémem rakovnické ČOV je nízký průtok vody v Rakovnickém potoce do kterého se vypouští přečištěná odpadní voda. Z důvodu velmi nízkých průtoků dochází k nesprávnému

ředění vody v recipientu a vody vytékající z ČOV. Doporučený poměr ředění je cca 1:8 (voda z ČOV : voda z recipientu). V Rakovníku je hodnota poměru cca 1:1. V historii byl tento problém řešen pomocí hospodářů a jejich vodních mlýnů a retenčními nádržemi (rybníky). Na Rakovnickém potoce jich bylo více než 20.

Druhým probléme čištění odpadní vody v Rakovníku je jednotná kanalizace. V době kdy je na rakovnickém území větší množství srážek, dešťová voda putuje spolu s odpadní vodu jednotnou kanalizací do rakovnické ČOV. Takové množství odpadní vody není ČOV schopna pojmout, a proto dochází k vypouštění přepadovou hrází, která se nachází za mechanickou částí ČOV. Voda v Rakovnickém potoce je v takovém období znečištěná. Řešením tohoto problému by byla oddílná kanalizace.

## 7.2. Projekty zabývající se řešením sucha na Rakovnicku

Ministerstvo Zemědělství a ministerstvo Životního prostředí mají za úkol vyřešit problém hydrologického sucha na Rakovnicku. V jednání jsou 3 projekty.

1. projekt - Retenční nádrže

Na prvopočátku projektu bylo navrženo 8 retenčních nádrží v okolních vesnicích Rakovnicka. Po projednání byly vybrány obce Šanov a Senomety. V suchých obdobích, kdy vody nedostatek by se z retenčních nádrží vypouštěla voda do Rakovnického a Kolešovického potoka, tím by se vyrovnal poměr ředění přečištěné OV a vody v recipientu.

V historii byl problém nízkého průtoku řešen pomocí mlynářů a jejich rybníků. Každý mlynář měl u svého hospodářství rybník (nádrž), kterou byl v suchých obdobích ekonomicky nucen vypustit.

2. projekt - Revitalizace Rakovnického a Kolešovického potoka.

Navazuje na první projekt a je jeho neoddělitelnou součástí. Jde o revitalizaci Rakovnického a Kolešovického potoka po celé jejich průtočné délce. Jde o revitalizaci celých toků jejich břehů a okolí.

3. projekt – Přívod vody z Ohře

Řeší problém nedostatku vody pomocí vodovodního potrubí z řeky Ohře, které by přivádělo vodu do Rakovnického a Kolešovického potoka. (Plán dílčího povodí Berounky, 2016)

# 8 Diskuze

Podle mého názoru není nutné rozšíření ČOV Rakovník jako takové. Ale je nutné zajistit ve městě oddílnou kanalizaci a tím vyřešit problémy ČOV s velkými nepojímatelnými přítoky při přívalových deštích.

Další problém, který se týká poměru ředění přečištěné OV a vody v recipientu lze vyřešit nejlepší způsobem pomocí napodobení historických nádrží. Jde o vodní mlýn, které se nacházeli u hospodářských stavení. Umístění v obcích Senomaty a Šanov vybralo MŽP a MZe. S tím souvisí i revitalizace Rakovnického a Kolešovického potoka, která je neoddělitelnou součástí projektu Retenčních nádrží v Senomatech a Šanově.

# 9 Závěr

V bakalářské práci byla popsána technologie mechanicko - biologické čistírny OV. Dále bylo popsáno město Rakovník a jeho okolí. Na základě poskytnutých informací a materiálů byly podrobně charakterizovány objekty nacházející se na ČOV Rakovník a její technologie. Posední částí BP je vyhodnocení provozu ČOV Rakovník a popis projektů zabývajících se řešením hydrologického sucha na Rakovnicku.

Podle vyhodnocení lze konstatovat, že ČOV Rakovník překročil normy pouze u parametru $P_c$ a to v roce 2015 červnu, červenci a říjnu. V roce 2016 v lednu a dubnu.

Problémem na Rakovnicku je nízký průtok v Rakovnickém potoce a s tím spojený špatný poměr ředění OV a vody v recipientu. Řešením by byly retenční nádrže, které by sloužily k vyrovnání kolísavých průtoku Rakovnického potoka. A také k zlepšení poměru ředění.

Trvalým řešením sucha na Rakovnicku jsou 3 navrhované projekty. Jde o retenční nádrže, revitalizaci Rakovnického a Kolešovického rybníka a poslední navrhovanou možností je přívod vody pomocí potrubí z řeky Ohře.

Přínosem této práce je shromáždění informací o ČOV Rakovník, jejích objektech a technologiích. Přiblížení Rakovnického kraje a hlavně královského města Rakovník. Dále vyhodnocení možností řešení sucha a popis projednávaných projektů. Tento dokument lze využít k získání informací o Rakovnické ČOV, městu

Rakovník, jeho okolí a projektech zabývajících se řešením sucha na okrese Rakovník.

## 10 Použité zdroje

MALÝ J., MALÁ J., 1996: Chemie a technologie vody. NOEL 2000 s. r. o., Brno

DOHÁNYOS M., KOLLER J., STRNADOVÁ N., 2007: Čištění odpadních vod. Vysoká škola chemicko-technologická, Praha. ISBN 978-80-7080-619-7

PYTL V. a kolektiv, 2004: Příručka provozovatele čistírny odpadních vod. ISBN 978-80-87140-26-0

HLAVÍNEK P., MIČÍN J., PRAX P., 2001: Příručka stokování a čištění. NOEL 2000, s.r.o., Brno. ISBN 80-86020-30-4

Ing. PAVEL ŠVEHLA, Prof. Ing. PAVEL TLUSTOŠ, CSC., Prof. Ing. JIŘÍ BALÍK, CSc., 2005: Odpadní vody. Česká zemědělská univerzita v Praze. ISBN 80-213-1169-X

Prof. Ing. MICHAL DOHÁNYOS, CSc., Doc. Ing. JAN KOLLER, CSc., Doc. Ing. NINA STRNADOVÁ, CSc., 2011: Čištění odpadních vod. VŠCHT Praha. ISBN 80-7080-316-9

Ing. JAN BINDZAR, Ph.D. a kolektiv, 2009: Základy úpravy a čistění vod. VŠCHT Praha. ISBN 978-/0-7080-7293

CHUDOBA J., DOHÁNYOS M., WANNER J., 1991: Biologické čištění odpadních vod. SNTL, Praha. ISBN 80-03-00611-2

PAVEL PITTNER, 2015: Hydrochemie. VŠCHT Praha. 978-80-7080-928-0

KLUIBR J., 2003: Odpadní vody. Střední rybářská škola a Vyšší odborná škola vodního hospodářství a ekologie, Vodňany,

MIROSLAV RICHTER, 2005: Technologie ochrany životního prostředí. Ochrana čistoty vod, část I. Univerzita Jana Evangelisty Purkyně, Fakulta životního prostředí, ISNB: 80-7044-684-6

Ing. PETR DOLEJŠ, CSc., 1996: Příručka pro čištění a úpravu vody. 1. vydání Kemifloc

KOMÍNKOVÁ DANA, BENEŠOVÁ LIBUŠE, ŠŤASTNÁ GABRIELA, 2014: Úprava pitných a čistění odpadních vod. Česká zemědělská univerzita v Praze

ŽABIČKA a kol. 2008: Odvodnění staveb, ISBN 80-7366-012-1

Provozní řád ČOV Rakovník, 2011: textová část

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

Český statistický úřad https://www.czso.cz/csu/xs/charakteristika_okresu_rakovnik

Rozhodnutí o ČOV Rakovník, 2015: Krajský úřad Středočeského kraje

Plán dílčího povodí Berounky, 2016: Státní podnik povodí Vltavy

http://eagri.cz/public/web/file/26962/cisteni_odpadnich_vod.pdf

Nařízení vlády 401/2015 o ukazatelích a hodnotách přípustného znečištění povrchových vod a odpadních vod, náležitostech povolení k vypouštění odpadních vod do vod povrchových a do kanalizací a o citlivých oblastech

http://eagri.cz/public/web/mze/voda/legislativa/chronologicky-prehled-pravnich-predpisu/predpisy-mze/zakon-2006-76-voda.html

http://www.sagit.cz/info/sb17448

http://www. mesto-rakovnik.cz

http://www.pvl.cz/portal/hydroprojekt/BE/A/1_TEXTOVA_CAST/BE_kapitola_A

HENZE M., HARREMO S P., ARVIN E., 2002: Wastewater treatment. Springer-Verlag, Berlin Heidelberg- New York, ISBN 3-540-58816-7

CRITTENDEN, J., 2005: et al. Water treatment- Principles and design. Wiley

ARCEIAVALA S.J., ASOLEKAR S.R., 2007: Wastewater treatment for pollution, control and reuse. (3rd edition), Tata Mc grew-Hill Publishing Company Limited, New Delhi

HENZE M., HARREMO S P., ARVIN E. 2002: Wastewater Treatment. Springer-Verlag, Berlín-Heidelberg-New York

HENZE M., LOOSDRECHT M., EKANA G., BRDJANOVIC D. 2003: Biological wastewater treatment Principls, modelling and design. IWA Publishing, Cambridge University Press. ISBN 1843391880

RUSSEL D.L., 2006: Practical wastewater treatment. John Wiley & Sons, Inc., USA

# 11 Přílohy

Seznam příloh:

11.1 Tabulka znečištění odpadních vod na přítoku a odtoku pro rok 2015,

11.2 Tabulka znečištění odpadních vod na přítoku a odtoku pro rok 2016,

11.3 Graf znázorňující hodnoty $CHSK_{Cr}$ na přítoku, za rok 2015

11.4 Graf znázorňující hodnoty $BSK_5$ na přítoku, za rok 2015

11.5 Graf znázorňující hodnoty NL na přítoku, za rok 2015

11.6 Graf znázorňující hodnoty $N_{celk}$ na přítoku, za rok 2015

11.7 Graf znázorňující hodnoty $P_{celk.}$ na přítoku, za rok 2015

11.8 Graf znázorňující hodnoty $CHSK_{Cr}$ na odtoku, za rok 2015 a limit průměrných povolených hodnot

11.9 Graf znázorňující hodnoty $BSK_5$ na odtoku, za rok 2015 a limit průměrných povolených hodnot

11.10 Graf znázorňující hodnoty NL na odtoku, za rok 2015 a limit průměrných povolených hodnot

11.11 Graf znázorňující hodnoty $N_{celk}$ na odtoku, za rok 2015 a limit průměrných povolených hodnot

11.12 Graf znázorňující hodnoty $P_{celk.}$ na odtoku, za rok 2015 a limit průměrných povolených hodnot

11.13 Graf znázorňující hodnoty $CHSK_{Cr}$ na přítoku, za rok 2016

11.14 Graf znázorňující hodnoty $BSK_5$ na přítoku, za rok 2015

11.15 Graf znázorňující hodnoty NL na přítoku, za rok 2015

11.16 Graf znázorňující hodnoty $N_{celk}$ na přítoku, za rok 2015

11.17 Graf znázorňující hodnoty $P_{celk}$ na přítoku, za rok 2015

11.18 Graf znázorňující hodnoty $CHSK_{Cr}$ na odtoku, za rok 2016 a limit průměrných povolených hodnot

11.19 Graf znázorňující hodnoty $BSK_5$ na odtoku, za rok 2016 a limit průměrných povolených hodnot

11.20 Graf znázorňující hodnoty NL na odtoku, za rok 2016 a limit průměrných povolených hodnot

11.21 Graf znázorňující hodnoty $N_{celk}$ na odtoku, za rok 2016 a limit průměrných povolených hodnot

11.22 Graf znázorňující hodnoty C $P_{celk}$ na odtoku, za rok 2016 a limit průměrných povolených hodnot

11.23 Schéma ČOV Rakovník

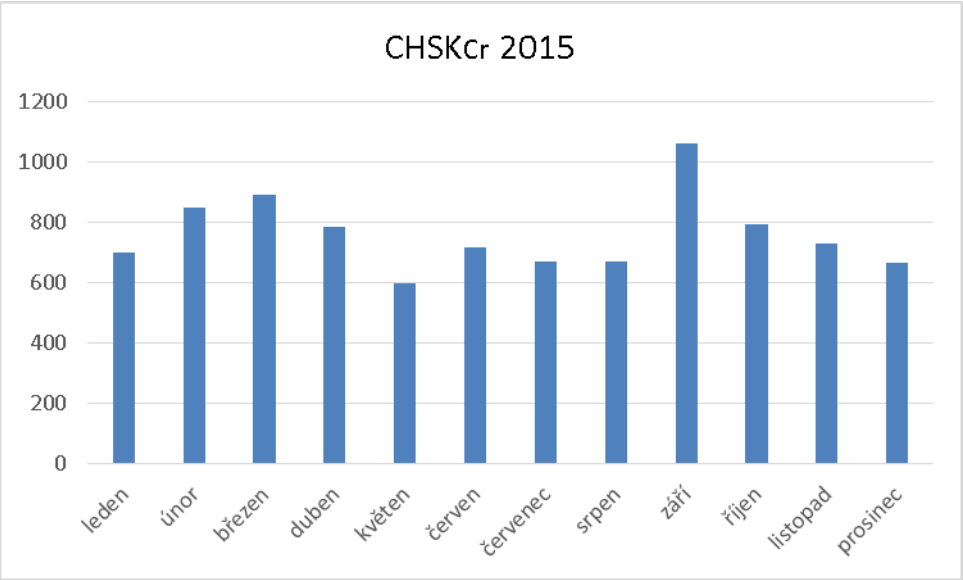
Příloha 1 - Tabulka znečištění odpadních vod na přítoku a odtoku pro rok 2015, (Alice V.)

| | $CHSK_{Cr}$ | (mg/l) | $BSK_5$ | (mg/l) | NL | (mg/l) | $N_{celk.}$ | (mg/l) | $P_{celk.}$ | (mg/l) |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| 2015 | odtok | přítok | odtok | přítok | odtok | přítok | odtok | přítok | odtok | přítok |
| leden | 36,2 | 699,7 | 9,1 | 327,7 | 1,2 | 257,3 | 11,3 | 67,5 | 1,18 | 6,4 |
| únor | 40,6 | 848 | 9,3 | 406 | 8,7 | 380,7 | 11,5 | 56,5 | 1,27 | 6,53 |
| březen | 44,3 | 892 | 9,1 | 449,3 | 9,7 | 539,3 | 10,6 | 53,3 | 1,41 | 7,67 |
| duben | 36,4 | 785,3 | 9,1 | 341 | 5,5 | 279,3 | 9,8 | 54,6 | 1,1 | 6,2 |
| květen | 40,3 | 597 | 11,7 | 295 | 9,5 | 282 | 9,3 | 34,2 | 0,79 | 3,84 |
| červen | 37,9 | 717,3 | 10,2 | 331 | 7,3 | 244 | 8,3 | 40,2 | 2,04 | 6,28 |
| červenec | 37,3 | 668,3 | 8,1 | 287 | 2,3 | 287,7 | 7,3 | 34,1 | 1,83 | 5,3 |
| srpen | 39,1 | 669,3 | 8,6 | 278,3 | 5 | 235 | 7,8 | 32,1 | 1,4 | 5,27 |
| září | 30,7 | 1060 | 8,2 | 363 | 2,8 | 510 | 9 | 63 | 1,1 | 7,2 |
| říjen | 37,5 | 792,3 | 10,6 | 377,7 | 4,8 | 331,3 | 9,8 | 42,2 | 1,6 | 6,3 |
| listopad | 42,3 | 731 | 8,3 | 371 | 5,7 | 292,5 | 9,9 | 56,6 | 1,3 | 6,59 |
| prosinec | 34,6 | 667,5 | 8,4 | 330,5 | 2,5 | 813 | 7,9 | 52 | 1,3 | 7,37 |

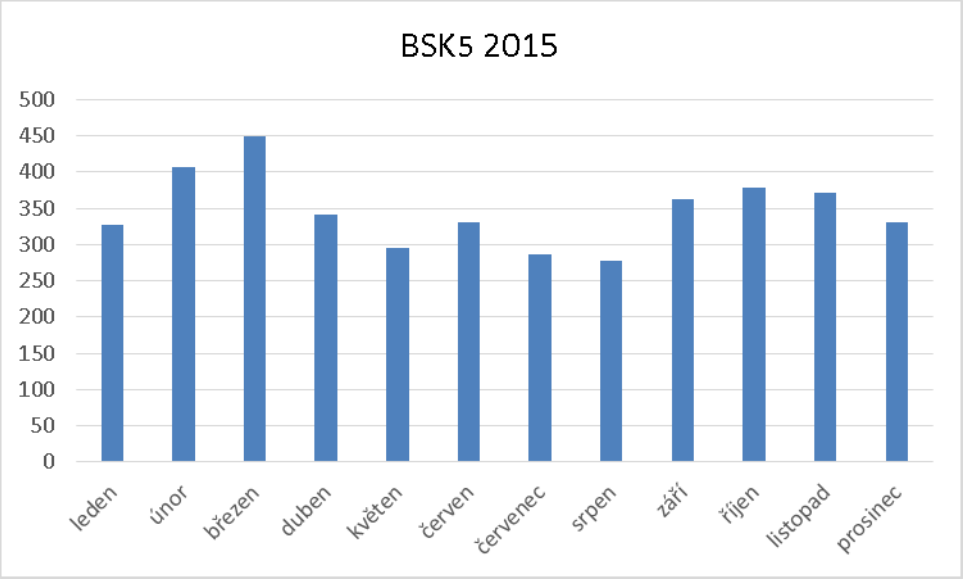
Příloha 2 - Tabulka znečištění odpadních vod na přítoku a odtoku pro rok 2016, (Alice V.)

| | $CHSK_{Cr}$ | (mg/l) | $BSK_5$ | (mg/l) | NL | (mg/l) | $N_{celk.}$ | (mg/l) | $P_{celk.}$ | (mg/l) |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| 2016 | odtok | přítok | odtok | přítok | odtok | přítok | odtok | přítok | odtok | přítok |
| leden | 43,3 | 642,5 | 9 | 363,5 | 4 | 369 | 9,6 | 60 | 1,61 | 6,7 |
| únor | 41,2 | 759 | 10,2 | 371 | 1,1 | 257 | 7,6 | 49 | 1,04 | 5,6 |
| březen | 35,4 | 706,5 | 9,1 | 338,5 | 5,3 | 331 | 10,5 | 50,5 | 1,2 | 5,21 |
| duben | 37,6 | 827,3 | 9,7 | 397,7 | 2,1 | 380,7 | 9,8 | 60,8 | 1,9 | 6,9 |
| květen | 35,3 | 846,7 | 8,1 | 367,7 | 4 | 355 | 9 | 62,6 | 0,84 | 7 |
| červen | 40,5 | 792,3 | 9,3 | 364,3 | 3,7 | 300 | 7,9 | 45,1 | 0,91 | 6,44 |
| červenec | 37 | 645 | 9,4 | 301 | 3 | 226,7 | 7,1 | 37,6 | 0,73 | 6,05 |
| srpen | 31,7 | 764,7 | 7,6 | 369 | 4,2 | 317 | 7 | 46,5 | 0,3 | 7,08 |
| září | 40,8 | 860,5 | 9,8 | 396 | 10,5 | 373 | 11,6 | 62,3 | 1,3 | 8,1 |
| říjen | 31 | 1006,5 | 7,4 | 488 | 8 | 1727 | 9,2 | 49,2 | 0,6 | 10,6 |
| listopad | 35,1 | 672 | 7,8 | 324,3 | 7,3 | 286,7 | 11,1 | 68,5 | 0,8 | 6,7 |
| prosinec | 37,9 | 676 | 8,1 | 321 | 6,7 | 292 | 9,3 | 55,8 | 1 | 5,47 |

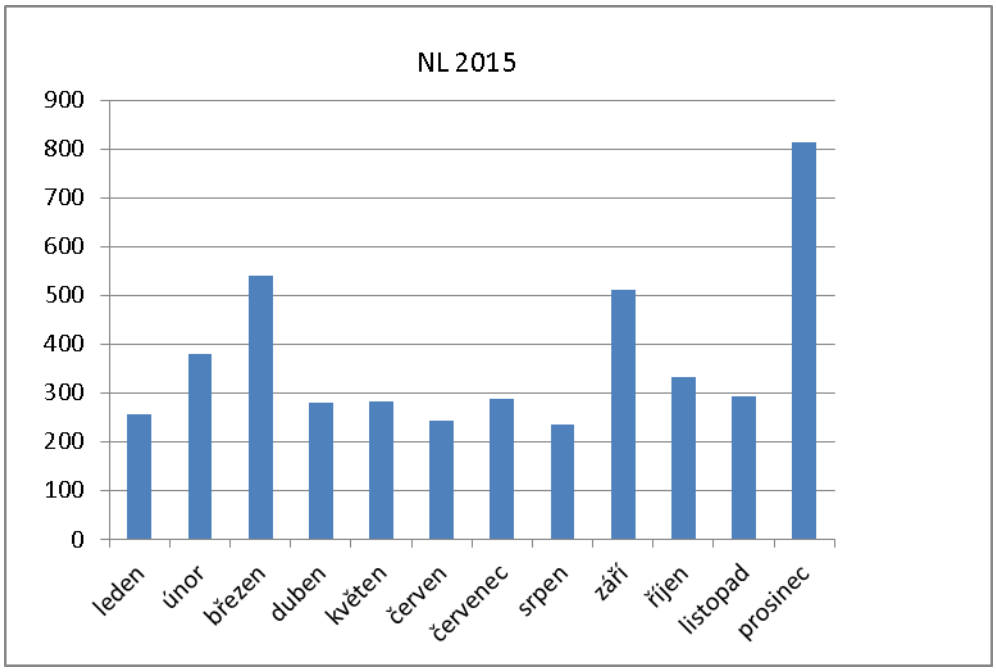
Příloha 3 – Graf znázorňující hodnoty $CHSK_{Cr}$ na přítoku, za rok 2015



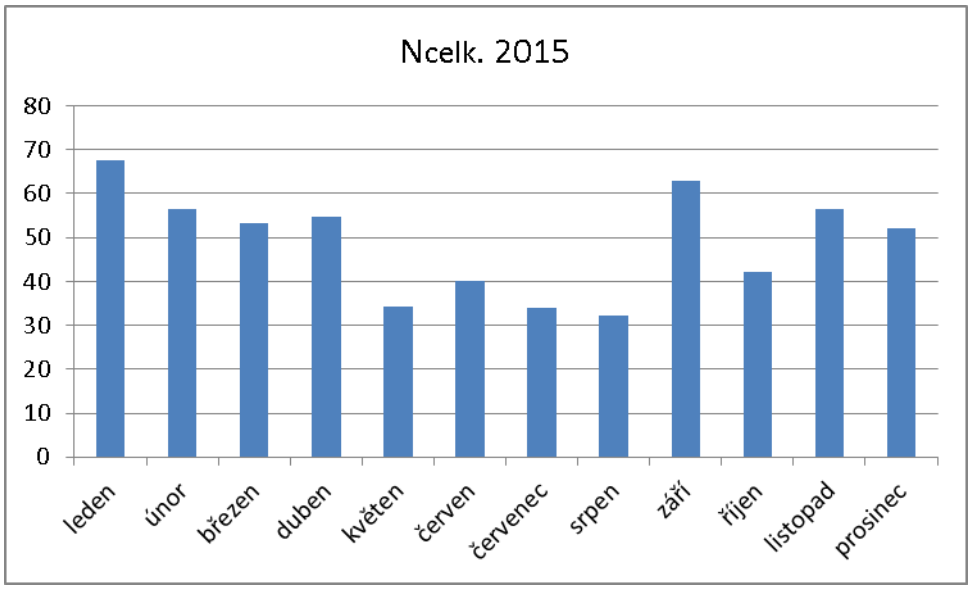

Příloha 4 – Graf znázorňující hodnoty $BSK_5$ na přítoku, za rok 2015



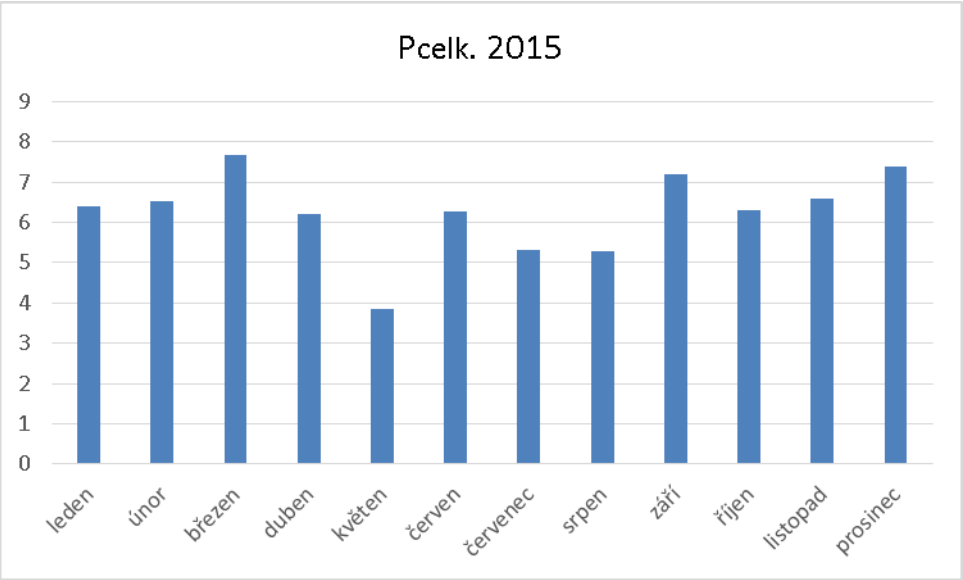
Příloha 5 – Graf znázorňující hodnoty NL na přítoku, za rok 2015



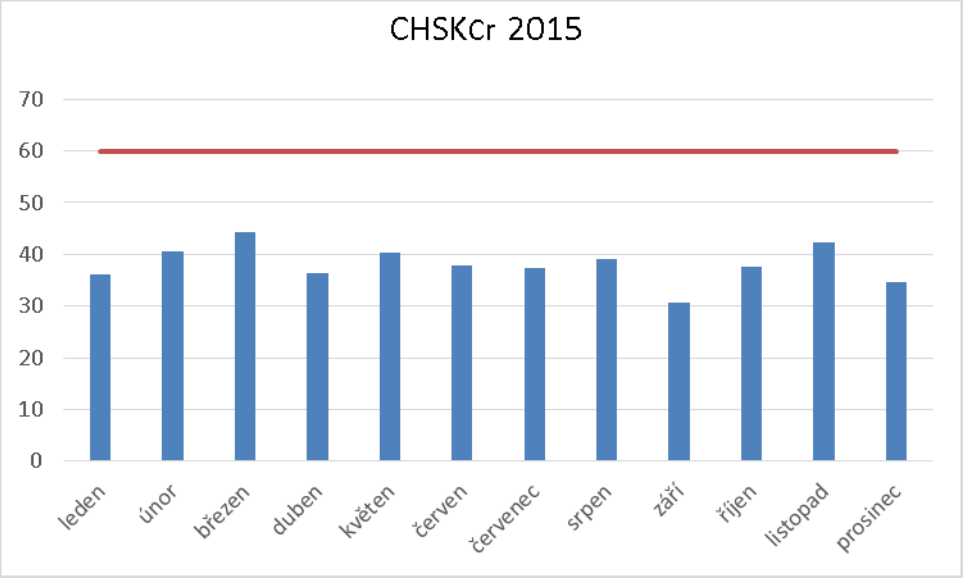

Příloha 6 – Graf znázorňující hodnoty $N_{celk}$ na přítoku, za rok 2015



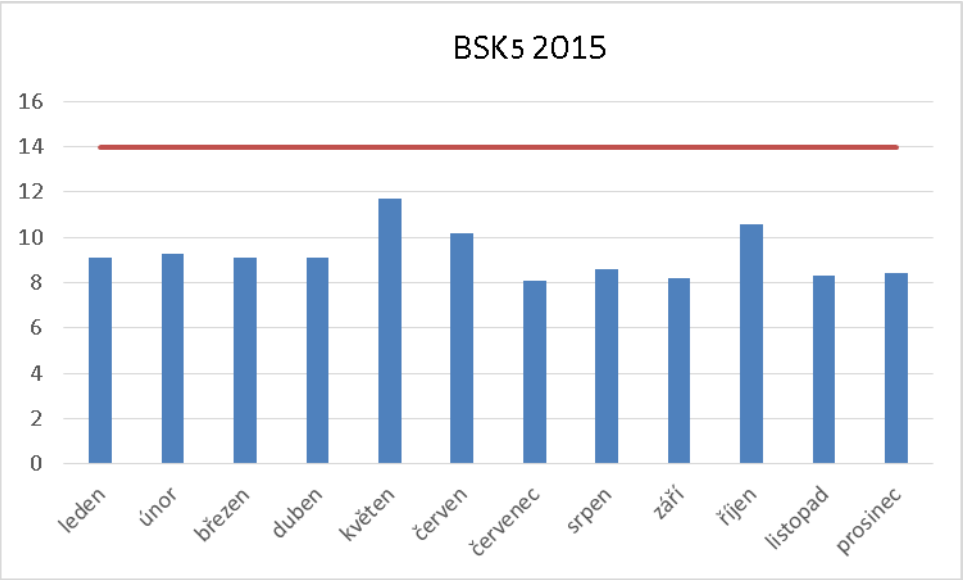
Příloha 7 – Graf znázorňující hodnoty $P_{celk.}$ na přítoku, za rok 2015



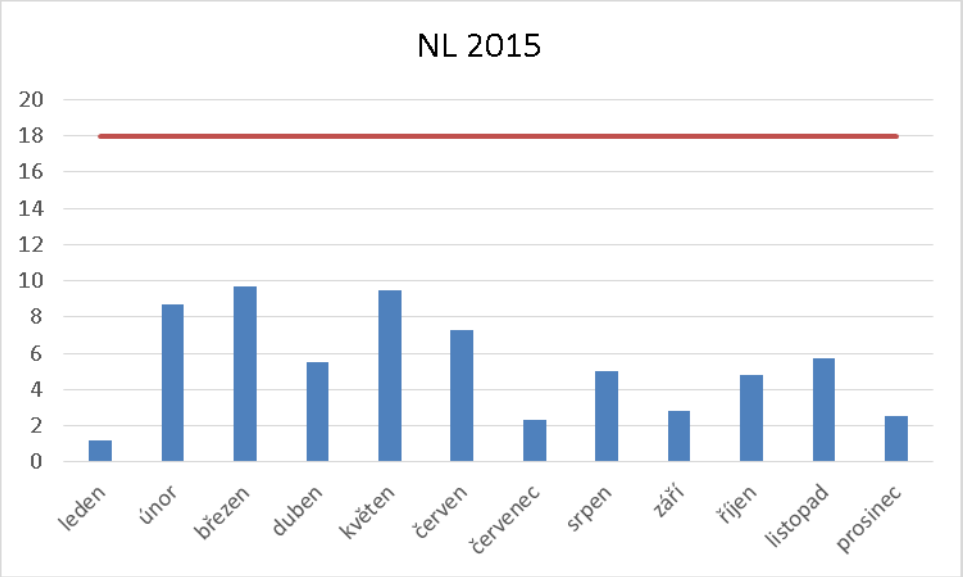

Příloha 8 – Graf znázorňující hodnoty $CHSK_{Cr}$ na odtoku, za rok 2015 a limit průměrných povolených hodnot



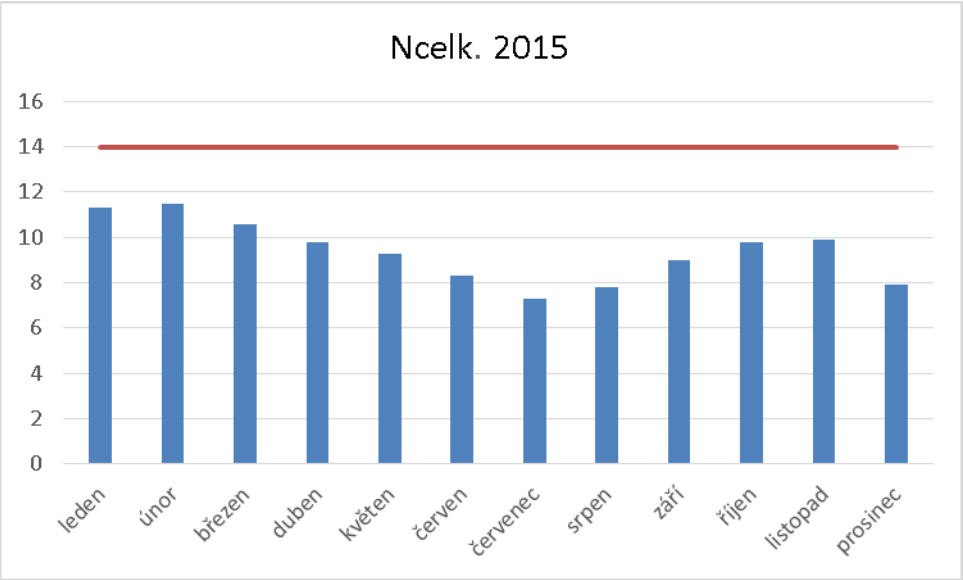
Příloha 9 – Graf znázorňující hodnoty $BSK_5$ na odtoku, za rok 2015 a limit průměrných povolených hodnot



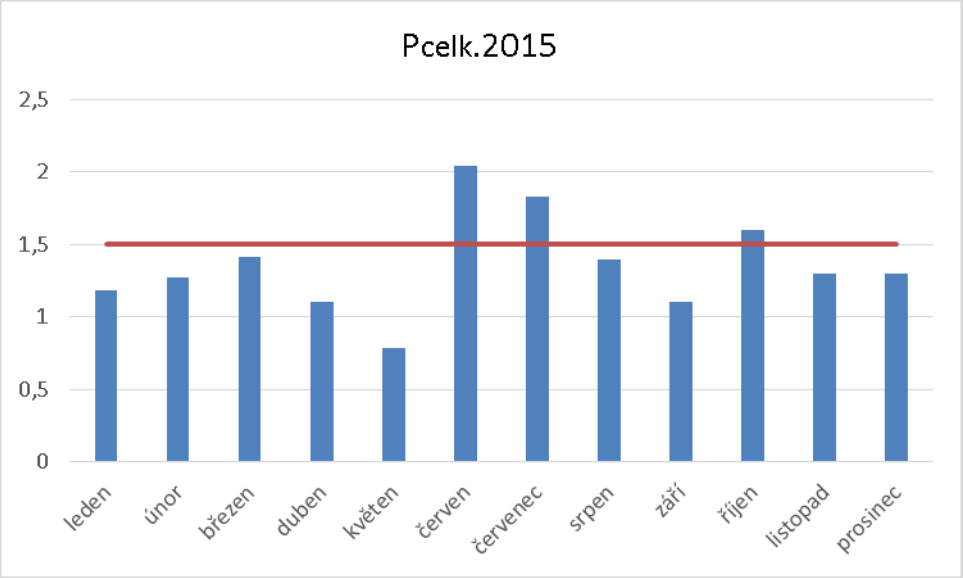

Příloha 10 – Graf znázorňující hodnoty NL na odtoku, za rok 2015 a limit průměrných povolených hodnot



Příloha 11 – Graf znázorňující hodnoty $N_{celk}$ na odtoku, za rok 2015 a limit průměrných povolených hodnot



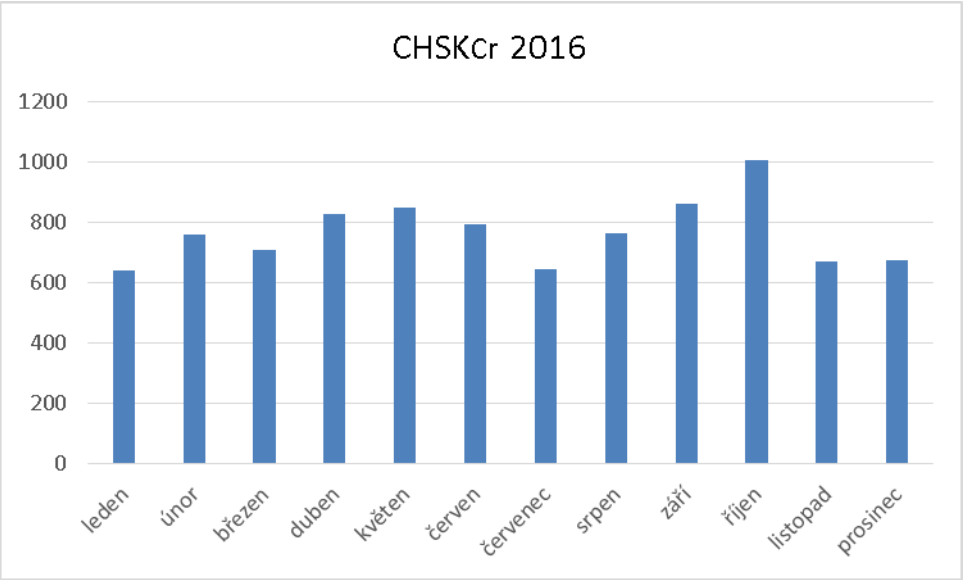

Příloha 12 – Graf znázorňující hodnoty $P_{celk.}$ na odtoku, za rok 2015 a limit průměrných povolených hodnot



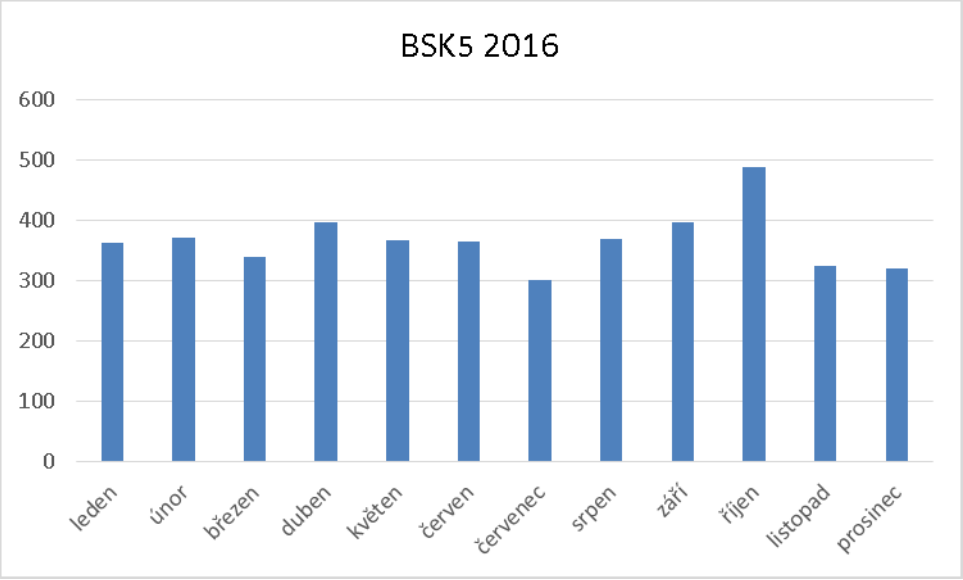

Legenda

- rozhodnutí Krajského úřadu Středočeského kraje, 2015

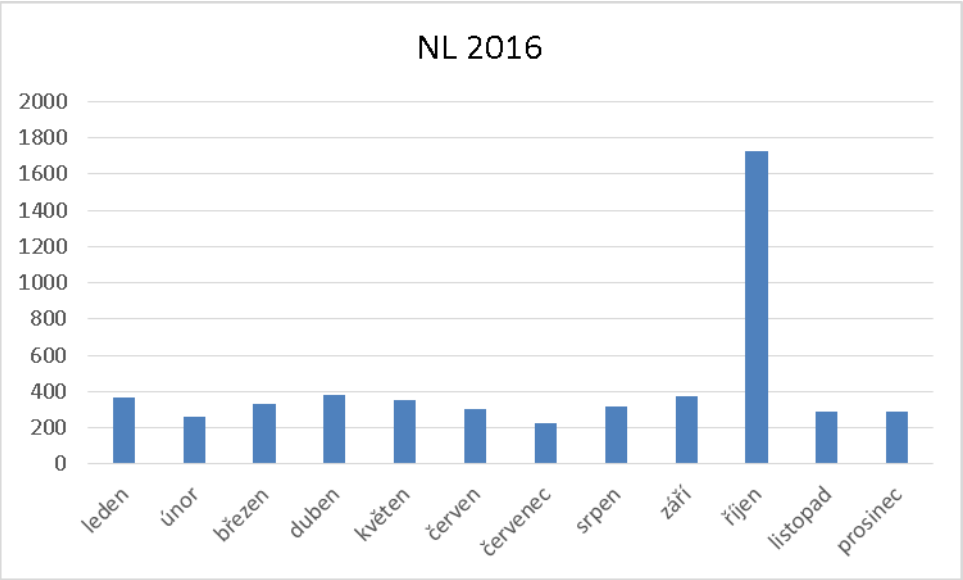
Příloha 13 – Graf znázorňující hodnoty $CHSK_{Cr}$ na přítoku, za rok 2016



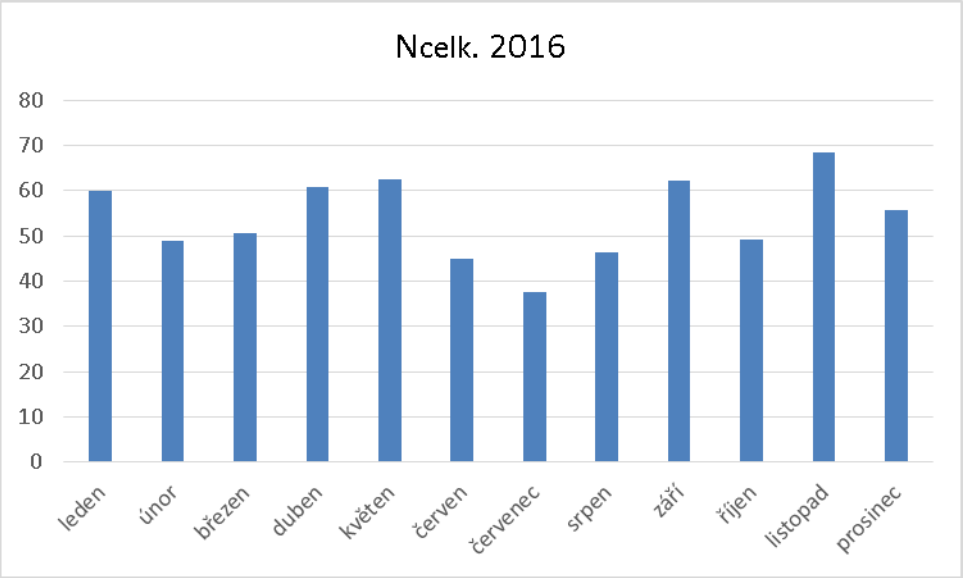

Příloha 14 – Graf znázorňující hodnoty $BSK_5$ na přítoku, za rok 2015



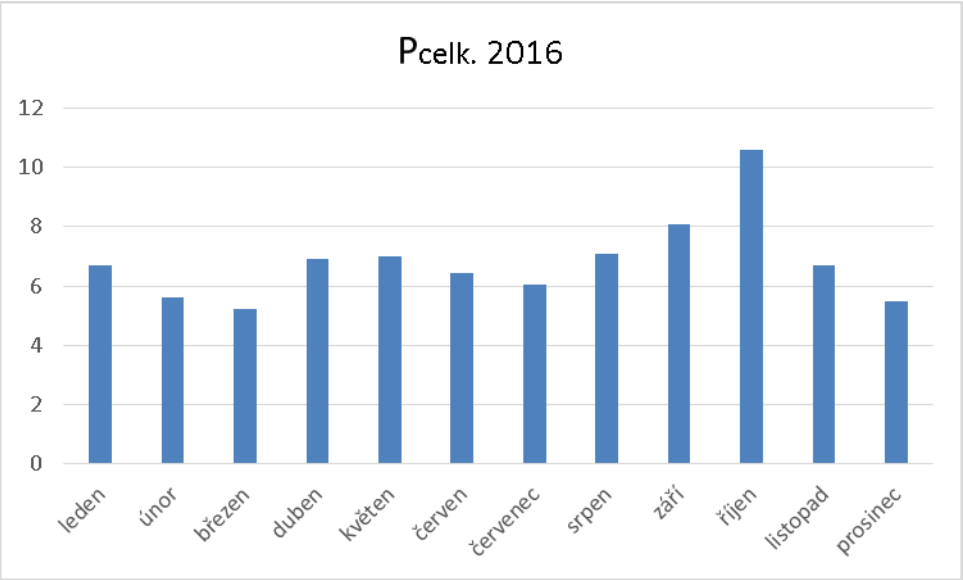
Příloha 15 – Graf znázorňující hodnoty NL na přítoku, za rok 2015



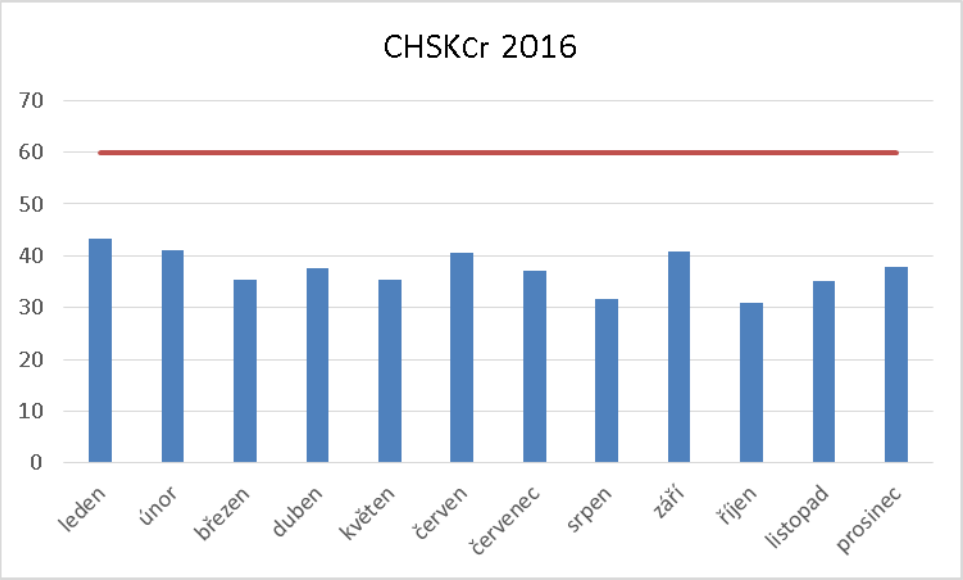

Příloha 16 – Graf znázorňující hodnoty $N_{celk}$ na přítoku, za rok 2015



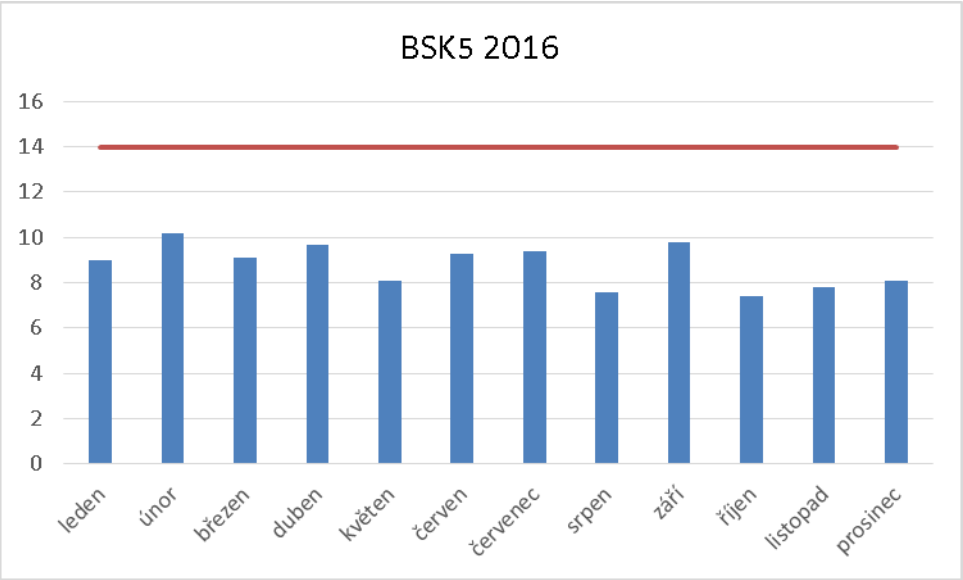
Příloha 17 – Graf znázorňující hodnoty $P_{celk}$ na přítoku, za rok 2015



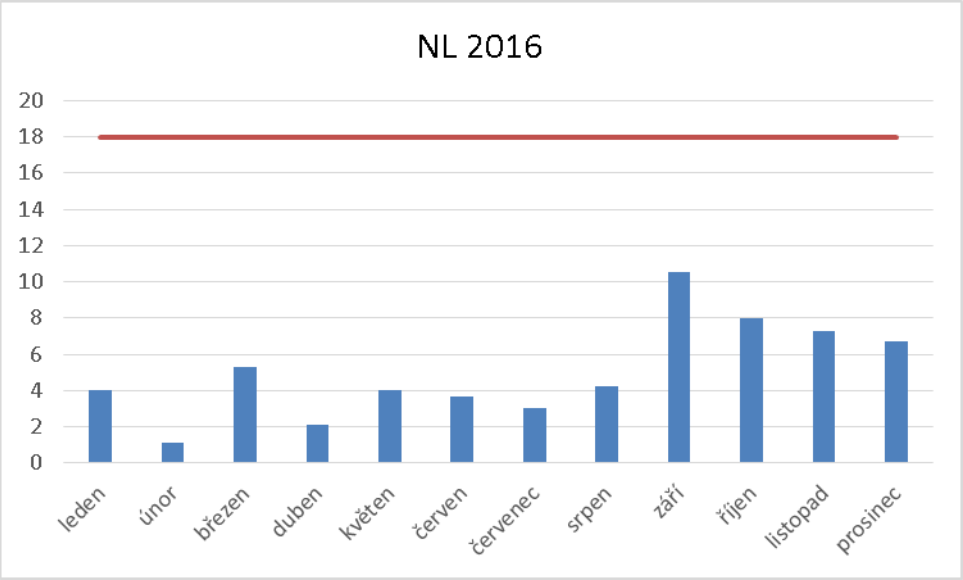

Příloha 18 – Graf znázorňující hodnoty $CHSK_{Cr}$ na odtoku, za rok 2016 a limit průměrných povolených hodnot



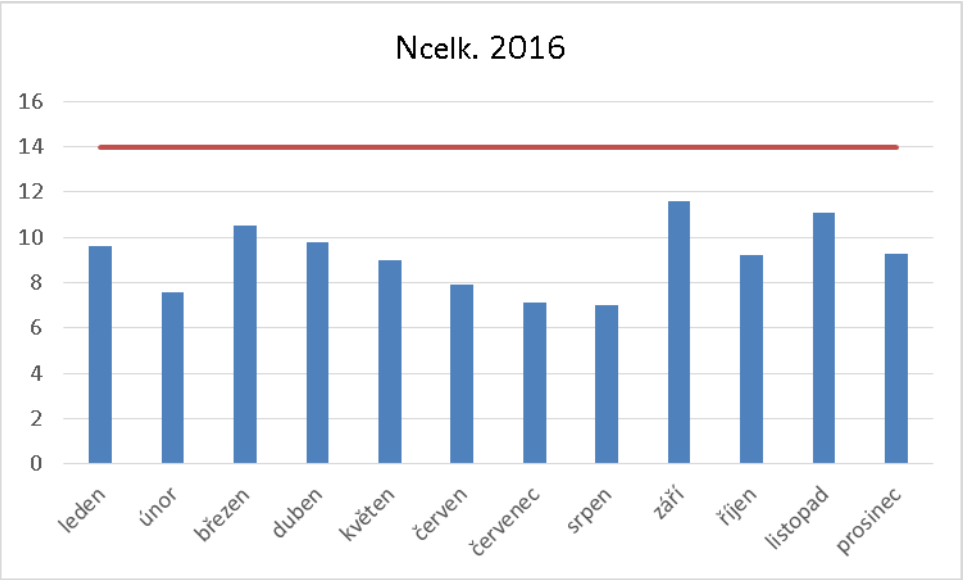
Příloha 19 – Graf znázorňující hodnoty $BSK_5$ na odtoku, za rok 2016 a limit průměrných povolených hodnot



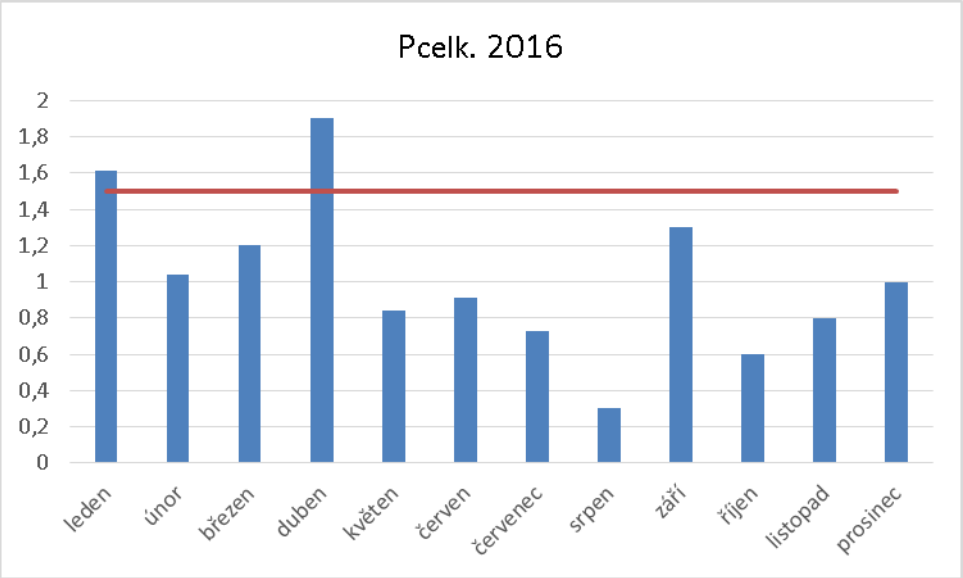

Příloha 20 – Graf znázorňující hodnoty NL na odtoku, za rok 2016 a limit průměrných povolených hodnot



Příloha 21 – Graf znázorňující hodnoty $N_{celk}$ na odtoku, za rok 2016 a limit průměrných povolených hodnot




Příloha 22 – Graf znázorňující hodnoty C $P_{celk}$ na odtoku, za rok 2016 a limit průměrných povolených hodnot




Legenda

- rozhodnutí Krajského úřadu Středočeského kraje, 2015

Příloha 23- list A3