

ČESKÁ ZEMĚDĚLSKÁ UNIVERZITA V PRAZE  
FAKULTA ŽIVOTNÍHO PROSTŘEDÍ  
Katedra aplikované ekologie



Vyhodnocení účinnosti čistírny odpadních vod v cukrovaru  
České Meziříčí

**DIPLOMOVÁ PRÁCE**

Vedoucí práce: prof. Ing. Jan Vymazal, CSc.  
Diplomant: Bc. Lada Lepešková



Česká zemědělská univerzita v Praze

Fakulta životního prostředí

## ZADÁNÍ DIPLOMOVÉ PRÁCE

Autorka práce:	Bc. Lada Lepešková
Studijní program:	Krajinné inženýrství
Obor:	Regionální environmentální správa
Vedoucí práce:	prof. Ing. Jan Vymazal, CSc.
Garantující pracoviště:	Katedra aplikované ekologie
Jazyk práce:	Čeština
Název práce:	<b>Vyhodnocení účinnosti čistírny odpadních vod v cukrovaru České Meziříčí</b>
Název anglicky:	<b>Evaluation of treatment performance of sugar mill treatment system in České Meziříčí</b>
Cíle práce:	<ol style="list-style-type: none"><li>1. Popsat technologii výroby cukru včetně vznikajících odpadních vod</li><li>2. Charakterizujte způsoby čištění cukrovarnických odpadních vod</li><li>3. Popis technologie čištění odpadních vod v cukrovaru České Meziříčí</li><li>4. Vyhodnocení účinnosti čistírny odpadních vod v České Meziříčí</li></ol>
Metodika:	První část bude věnována popisu odpadních vod odcházejících z cukrovarů a možnosti jejich čištění. Ve druhé části bude proveden podrobný popis technologie cukrovaru v České Meziříčí včetně charakteristiky odpadních vod. V závěrečné části bude vyhodnocena účinnost čistírny odpadních vod.
Doporučený rozsah práce:	60 včetně příloh
Klíčová slova:	cukrovar, odpadní voda, aerobní čištění, anaerobní čištění
Doporučené zdroje informací:	<ol style="list-style-type: none"><li>1. Chudoba, J., Dohányos, M., Wanner, J., 1991. Biologické čištění odpadních vod. SNTL Praha.</li><li>2. Malý, J., Hlavínek, P., 1996. Čištění průmyslových odpadních vod. NOEL.</li><li>3. Wanner, J., 1996. Technologie čištění odpadních vod vhodné pro ČR. Vodní hospodářství 46: 164-168.</li></ol>
Předběžný termín obhajoby:	2018/19 LS - FŽP

Elektronicky schváleno: 3. 2. 2019  
**prof. Ing. Jan Vymazal, CSc.**  
Vedoucí katedry

Elektronicky schváleno: 7. 2. 2019  
**prof. RNDr. Vladimír Bejček, CSc.**  
Děkan

**Prohlášení:**

Čestně prohlašuji, že svou diplomovou práci "**Vyhodnocení účinnosti čistírny odpadních vod v cukrovaru České Meziříčí**" jsem vypracovala samostatně pod vedením vedoucího diplomové práce prof. Ing. Jana Vymazala, CSc., s použitím odborné literatury a dalších informačních zdrojů, které jsou citovány v práci a uvedeny v seznamu použitých zdrojů na konci práce.

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

V Praze dne 18.4.2019

---

**Poděkování:**

Ráda bych touto cestou poděkovala vedoucímu své diplomové práce panu prof. Ing. Jan Vymazal, CSc. za jeho cenné rady, náměty, korekce a podmětné připomínky, které mi poskytnul během zpracování této práce, za velmi příjemnou spolupráci a za čas, který mi věnoval a své rodině za trpělivost a podporu při studiu.

V Pardubicích dne 18.4.2019

---

## Abstrakt

Diplomová práce se zabývá problematikou čištění odpadních vod se zaměřením na úpravu, čištění a opětovné využití odpadních vod v technologii výroby cukru. V teoretické části práce jsou charakterizována místa vzniku odpadních vod, popsána hodnocení ukazatelů znečištění a stanoveny způsoby čištění těchto vod. Jsou zde zmíněny také používané technologie zařízení ČOV v cukrovaru, především pro mechanické a biologické čištění odpadních vod.

Experimentální část práce je věnována analýze způsobů nakládání s odpadními vodami v cukrovaru České Meziříčí, Tereos TTD, a.s., a popisu aerobního a anaerobního čištění. Dále je popsána hodnota ukazatelů znečištění odpadní vody v cukrovaru za sledované období řepné kampaně a diskutovány výsledky znečištění odpadní vody.

Klíčová slova: cukrovar, odpadní voda, aerobní čištění, anaerobní čištění

## Abstract

The diploma thesis deals with wastewater treatment with focus on treatment, cleaning and reuse of waste water in sugar production technology. The theoretical part of the thesis characterizes places of wastewater generation, describes evaluation of pollution indicators and determines wastewater treatment methods. There is also mentioned the used technology of ČOV in sugar refinery, especially mechanical and biological wastewater treatment.

The experimental part of the thesis deals with the analysis of wastewater treatment processing method in the sugar factory České Meziříčí, Tereos TTD, a.s., and the description of aerobic and anaerobic treatment. Furthermore, the value of wastewater pollution indicators in the sugar refinery during the monitored period of the sugar beet campaign is described, and the results of wastewater pollution are discussed.

Keywords: sugar factory, waste water, aerobic cleaning, anaerobic cleaning

# Obsah

1. Úvod.....	1
2. Cíle práce .....	4
3. Metodika .....	5
3.1 IC reaktor - anaerobní.....	5
3.1.1 Odebírání vzorků z IC reaktoru .....	6
3.1.2 Anaerobní čištění.....	9
3.2 Aerobie ČOV .....	12
3.2.1 Aerobní čištění .....	12
3.2.2 Na vstupu odpaní vody aerobního stupně čištění technologických vod .....	16
3.3 Laboratorní pokusy.....	18
3.3.1 Laboratorní zkoušky čištění odpadních vod z praní řepy odebrané z cukrovarnického rybníku (voda laguny).....	18
4. Literární rešerše.....	23
4.1 Současný stav řešené problematiky.....	23
4.2 Legislativa zabývající se vodním hospodářstvím.....	23
4.3 Základní definice a druhy odpadních vod .....	24
4.4 Čistírny odpadních vod .....	28
4.5 Technologie výroby cukru.....	29
4.5.1 Příprava ke zpracování řepy .....	30
4.5.2 Těžení šťáv .....	33
4.5.3 Epurace a filtrace (čištění surové šťávy).....	35
4.6 Popis odpadních vod vznikajících při výrobě cukru .....	37
4.7. Způsoby čištění odpadních vod z výroby cukru.....	39
4.7.1 Charakter znečišťujících látek.....	39
4.7.2 Hlavní znečišťující látky .....	41
4.7.3 Způsoby čištění využívané v cukrovaru v Českém Meziříčí .....	41
4.7.4 Dávkování chemikálií.....	43
5. Charakteristika studijního území.....	45
5.1 Popis zájmové lokality České Meziříčí .....	45
5.1.1 Historie cukrovaru .....	46
5.2 Současný stav cukrovaru .....	48
5.3 Popis technologie čištění odpadních vod v cukrovaru České Meziříčí.....	50
5.4 Popis technologie vody anaerobní a aerobní ČOV.....	54
6. Výsledky .....	57
6.1 Parametry přítoku a odtoku .....	58
6.2 Vyhodnocení laboratorní zkoušky.....	61
7. Diskuze.....	62
8. Závěr .....	66
9. Seznam literatury a použitých zdrojů.....	67
9.1 Knihy, časopisy, odborné publikace.....	67
9.2 Internetové zdroje.....	69

9.3 Zákony, směrnice, vyhlášky .....	71
10. Přehled použitých symbolů a zkratk .....	72
11. Seznam obrázků a tabulek.....	74
12. Přílohy .....	76

# 1. Úvod

Koncem 18. století nebyl v Evropě jiný cukr nežli cukr ze třtiny. Ten se dovážel nejvíc z Ameriky. V roce 1747 objevil Andreas Margraff v řepě cukr a jeho žák F. C. Achard zahájil jeho praktickou výrobu (Rolph 2016) Tím otevřel základ novému průmyslu, který nabil obrovského rozvoje. Ve Francii a Rusku došlo k rozvoji pěstování cukrovky a zakládání cukrovarů (Andrlík 1924). Teprve od r. 1831 došlo, k dalšímu pozvolnému vývoji, protože bylo zjištěno, že zdokonalením výroby lze snížit náklady na výrobu a snížit cenu cukru z řepy na hodnotu, při níž již mohl konkurovat třtinovému cukru. Skutečným průmyslem se stalo cukrovarnictví až po roce 1850 a jeho úroveň významně ovlivnila řada technologických postupů a strojních zařízení, vyvinutých českými cukrovarníky (Andrlík 1924; Dolínek 1958; Kadlec 2002).

České země na počátku druhé poloviny 19. století byly světovou kolébkou řepného rozvoje v cukrovarnictví. Zcela zásadně to ovlivňovalo inovace v zemědělství. Také v rozšiřování těžby uhlí, kde byli velkými odběrateli cukrovary. Strojírnoství se orientovalo na produkci příslušného strojního zařízení do výroby. Navázali tak s finančními institucemi na oboustrannou výhodnou spolupráci. (Brož 1958; Gebler 2011).

Lidé pracující v českých cukrovarech a strojárnách učinili v té době řadu technicky úspěšných vynálezů v technologii výroby. Umožnily tak lepší ekonomické těžení cukru z řepy (Kadlec 2002). Příklady některých z nich: Julius Robert postavil první difuzní baterie v cukrovaru v Židlochovicích, (dodnes všeobecně užívaný vynález řezače nožů k výrobě řízků z cukrové řepy). Uvedení využití několikanásobné páry při procesu zahřívání, svařování a odpařování (Lexa, Jelínek). Lepší řešení k čištění řepných šťáv (Hanuš, Jelínek a Čížek), nebo pračku na řepu (Waisner). Těmito objevy začala v cukrovarnictví obrovská změna přetvoření malovýroby do velkopřůmyslu, stejná změna nastala v celé společnosti (Brož 1928; Gebler 2011; Halanová 2011; Kadlec 2002).

Cukrovarský průmysl se v této době hodně zabýval i otázkou odpadních vod, které především vznikaly při transportu do továren plavením řepy, praním znečištěné řepy v pračkách a prací na difuzních bateriích (Halanová 2011). Zajímavým cílem cukrovarů, především těch s omezenými vodními zdroji, bylo důležité minimalizovat aktuální odběr čerstvé vody. Důležité bylo také účelné využití očištěných odpadních



vod, které se v samostatných kruzích navrátí zpět do technologie a doplní se tím vznikající ztráty při procesu technologie cukru (Brož a kol., 1958; Gebler, Novák 2011).

Většina cukrovarů umístěných u velkých vodních toků, přímo vypouštělo zpět znečištěné vody, které obsahovali velké množství rozpuštěných i rozptýlených látek. U těchto cukrovarů nebyla nutnost čištění a úpravy odpadní vody k jejímu následnému vrácení zpět do provozu akutní. V tomto případě se do technologie vracelo zpět určité množství odpadních vod vyčištěných a upravených (zejména z pracích a plavících procesů), kde byl nahrazován chybějící zbytek čerstvou vodou z vodního zdroje. Cukrovary předpokládaly a spoléhaly, že do vodoteče budou vypouštěné odpadní vody, po několika stovkách metru zředěny a znečištění zmizí. Anaerobní rozklad látek organického původu, obsažených v nevyčištěných vodách byl provázen pěněním a vysokým úhynem ryb. Hnilobným rozkladem vznikají plyny  $\text{NH}_3$  a  $\text{H}_2\text{S}$ . Tyto látky svým zápachem obtěžovaly okolí vodních toků a škodlivě působily na vodní faunu (Bubníka 1998).

Cukrovarnická technologie je v současnosti důležitou součástí pro vodní hospodářství. S pokračujícím rozvojem technologií, kde dochází k automatizaci procesů a zefektivnění výroby cukru se v současnosti klade důraz na hospodárné využívání vody v provozu. Důležitým cílem je využití maximální recirkulace vyčištěné a upravené odpadní vody za účelem minimalizování odběru čisté vody z vodního zdroje. Je důležité si uvědomit, že na celkovém množství vody odebrané z vodního zdroje závisí i celkové množství odpadních vod. Mezi hlavními cíli je soběstačnost cukrovarů ve spotřebě užitkových a provozních vod. Hlavním důvodem je cena, kterou platí závody za odebranou čerstvou vodu, a i za vypuštěnou odpadní vodu (podle její míry znečištění). V cukrovarech došlo v oblasti odpadních vod k zavedení nových postupů a k vývoji zařízení ke zlepšení čištění jakosti vod. Zásadním krokem ke zlepšení vyčištěných vod bylo vrácení vody bez jejího mísení v samostatných okruzích a zavedením čističky odpadních vod ve vybraných cukrovarech. Některé závody nyní dosahují efektivity téměř 100 % a to znamená, že recirkulované odpadní vody jsou téměř kompletně vyčištěné i upravené. Takto připravená odpadní voda je zpět vrácena k opětovnému použití do provozu. Jen malé množství je vráceno zpět do veřejných toků (Gebler 1998).

Dle technologie způsobu čištění a vzniku odpadních vod v cukrovaru Českého Meziříčí bude vyhodnoceno, zda je nezbytné zasahovat do provozního

systemu či provést rozsáhlejší investice. Při dnešním rychlém rozvoji techniky a vědy o nakládání s odpadními vodami, nelze popsat veškeré způsoby, které jsou v tomto průmyslu i ve světě zaváděny. Je nutné tuto práci brát jako stručný základ, ze kterého lze při dalším technologickém studiu o vzniku odpadních vod vycházet.

Náplň této diplomové práce byla vybrána za účelem analýzy problematiky čištění odpadních vod a bude věnována popisu odpadních vod odcházejících z cukrovarů a možnosti způsobu jejich čištění. V další části bude proveden popis technologie cukrovaru v Českém Meziříčí, včetně charakteristiky odpadních vod. Součástí práce bude vyhodnocení účinnosti čistírny odpadních vod v Českém Meziříčí.

## **2. Cíle práce**

Diplomová práce má následující cíle:

1. Popsat technologii výroby cukru včetně vznikajících odpadních vod
2. Charakterizujte způsoby čištění cukrovarnických odpadních vod
3. Popis technologie čištění odpadních vod v cukrovaru České Meziříčí
4. Vyhodnocení účinnosti čistírny odpadních vod v Českém Meziříčí

### 3. Metodika

Součástí diplomové práce je sepsaná teorie literární rešerše, která zhodnotí současný stav problematiky v cukrovaru. Metodická část popisuje aerobní a anaerobní čištění odpadních vod v cukrovaru České Meziříčí. Společně s laboratorní zkouškou čištění odpadních vod z praní řepy odebrané z cukrovarnického rybníku. V další kapitole bude podrobný popis technologie cukrovaru při výrobě cukru. Popis odpadní vody odcházejících z cukrovaru a možnosti jejich čištění. V neposlední řadě zde uvádím analýzu dat přítoku a odtoku anaerobního i aerobního čištění.



Obr. 1: ČOV České Meziříčí (zdroj: vlastní, 2019)

#### 3.1 IC reaktor - anaerobní

Hlavním účelem anaerobního čištění je odstraňování organického znečištění, které se do plavícího okruhu dostává v průběhu kampaně. Anaerobní čištění je realizováno v uzavřeném okruhu. To znamená, že do anaerobního stupně je po dobu kampaně odebírána část plavícího okruhu a anaerobní odtok je do plavícího kruhu zase vrácen. Výsledkem realizace anaerobního čištění je udržení kvality plavícího okruhu na přijatelné úrovni. Pokud je potřeba řešit přebytek plavících vod, je realizována možnost odpouštění malé části anaerobního odtoku do aerobního stupně

čištění. Různé modifikace anaerobních reaktorů jsou schopné čistit odpadní vody rozdílného zatížení. (Dahlan a kol. 2013).

Produkty anaerobního procesu jsou:

- anaerobně předčištěná plavící voda (hlavní podíl je recirkulován zpět do sedimentačních nádrží a přebytečná plavící voda je vedena do aerobní části technologických vod)
- bioplyn, který je odváděn na další využití v lince plynového hospodářství
- malé množství přebytečného anaerobního kalu, který nemusí vznikat (Dahlan a kol. 2013).

### **3.1.1 Odebírání vzorků z IC reaktoru**

Pro určení celkového množství kalu přítomného v reaktoru se odebírají vzorky kalu pomocí 7 vzorkovacích kohoutů zamontovaných do stěny reaktoru.

Protože fluidizace kalového lože závisí na produkci kalu a velikosti průtoku odpadní vody na přítoku do reaktoru, doporučuje se odběr vzorků za ustáleného stavu. Při otvírání vzorkovacích kohoutů je potřebné prvních pár litrů z každého kohoutu odpustit do odtoku, dokud se konzistence vzorku nezmění, dokud se nevyplaví veškerá voda z trubky.

#### Výpočet

Celkové množství kalu přítomného v reaktoru je vypočítáno sčítáním parciálních objemů (teplota a objem) množství kalu, které jsou získávány vynásobením koncentrace nerozpuštěných látek (NL) kalu z konkrétního odběrového místa konstantním parciálním objemem IC reaktoru, který náleží ke konkrétnímu odběrovému místu. Stanovená koncentrace kalu z nejnižšího odběrového bodu se násobí parciálním objemem, který zabere prostor mezi spodkem reaktoru a poloviční vzdáleností mezi prvním a druhým odběrovým místem. Koncentrace NL v místě 2 se násobí parciálním objemem od poloviny vzdálenosti mezi 1. a 2. místem do poloviny vzdálenosti mezi 2. a 3. místem atd. Koncentrace NL kalu z nejvyššího vzorkovacího bodu č.5 se vynásobí parciálním objemem od poloviny výšky mezi 4. a 5. vzorkovacím bodem až po výšku volné hladiny IC reaktoru. (ČOV České Meziříčí 2011).



Obr. 2: Odběrná místa kalu (zdroj: vlastní, 2019)

### Pomůcka pro stanovení kalové zásoby v IC reaktoru:

Průměr reaktoru:	8	m
Průtočná plocha reaktoru:	50,24	m <sup>2</sup>
Účinný objem reaktoru:	1005	m <sup>3</sup>

	Výška vzorkování	Parciální objem
H <sub>1</sub>	= 1,6 m	176 m <sup>3</sup>
H <sub>2</sub>	= 5,4 m	191 m <sup>3</sup>
H <sub>3</sub>	= 9,2 m	216 m <sup>3</sup>
H <sub>4</sub>	= 14,0 m	196 m <sup>3</sup>
<u>H<sub>5</sub></u>	<u>= 17,0 m</u>	<u>226 m<sup>3</sup></u>
Suma		1005 m <sup>3</sup>

Celkové množství nerozpuštěných látek je:

$$NL_{\text{celk.}} \text{ (kg)} = NL_{\text{celk.1}} \times V_1 + NL_{\text{celk.2}} \times V_2 + NL_{\text{celk.3}} \times V_3 + \dots$$

Celkové množství nerozpuštěných organických látek je:

$$NL_{\text{org.}} \text{ (kg)} = NL_{\text{org.1}} \times V_1 + NL_{\text{org.2}} \times V_2 + NL_{\text{org.3}} \times V_3 + \dots$$

(Experimental 2019)

### Test sedimentace:

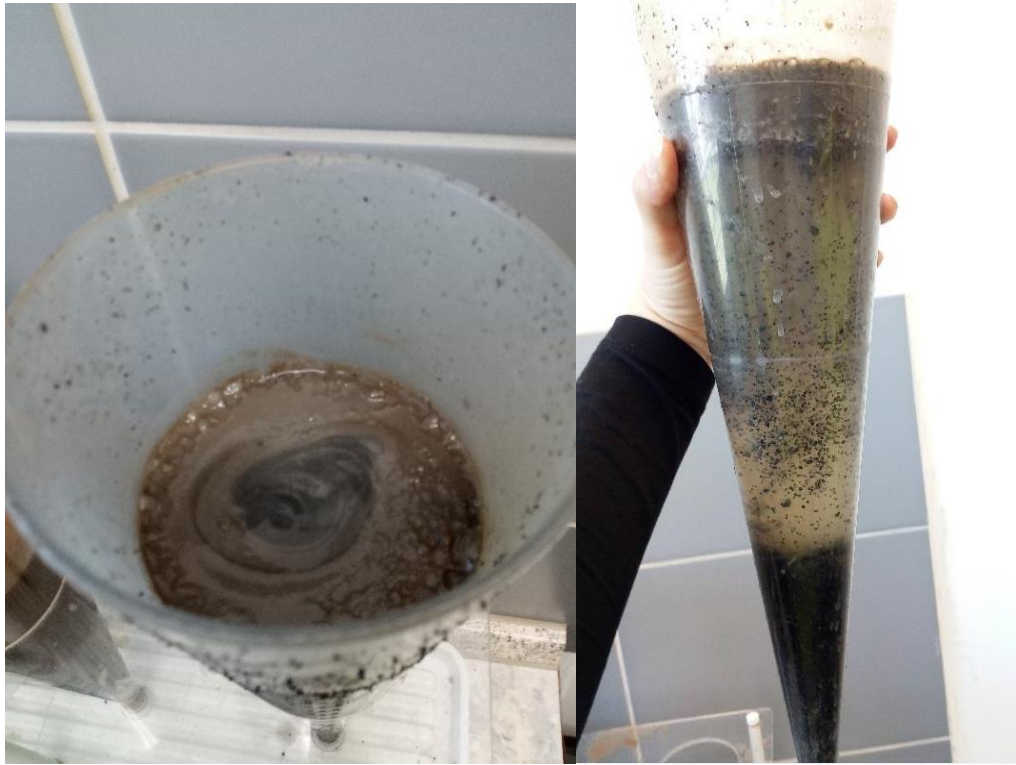
Test sedimentace anaerobního kalu se provádí zhruba 1 x týdně. Postup sedimentačního testu:

- 1) Odeberte 1000 ml kalu z IC reaktoru přes jednotlivé vzorkovací kohouty a nalijte do odměrného válce nebo Imhoffova kužele (přesně po rysku 1000 ml). Vždy odebíráme vzorek z jednoho kohoutu.
- 2) Po naplnění postavte válec na vodorovnou plochu (umístěte Imhoffův kužel do svého stojánku), ihned si zaznamenejte aktuální čas a nechte směs v klidu sedimentovat. Vzhledem k rychlé sedimentaci granulovaného kalu, nám postačí cca 3 minuty
- 3) Po 3 minutách sedimentace odečteme objem kalového sedimentu a zapisujeme si tento údaj do "Provozního záznamu".
- 4) Takto zjistíme množství kalu v jednotlivých úrovních IC reaktoru a přes výše uvedený vzorec můžeme spočítat jeho celkovou kalovou zásobu. (ČOV České Meziříčí 2013, Experimental 2019).



Obr. 3: Test sedimentace (zdroj: vlastní, 2019)





Obr. 4: Granulovaný kal (zdroj: vlastní, 2019)



Obr. 5: Granulovaný kal (zdroj: vlastní, 2019)

### 3.1.2 Anaerobní čištění

#### *Čištění plavících vod:*

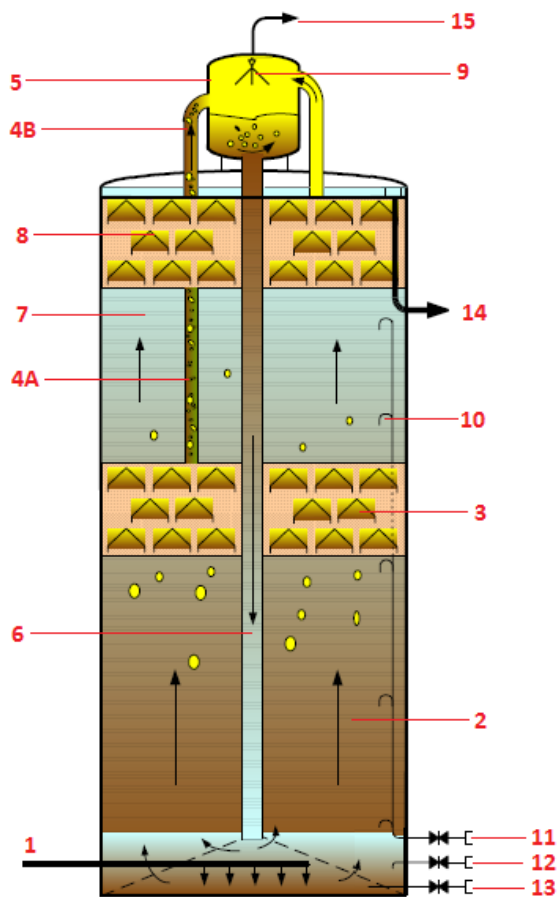
Ohřáté plavící vody po průchodu tepelným výměníkem jsou vedeny do anaerobního IC reaktoru. Anaerobní reaktor (obr. 6) se skládá z: nádrže IC reaktoru, která je z nerezové oceli AISI 304 (Seyfriend a kol. 1984), nátokového distribučního systému, který slouží pro distribuci nátoků v celé ploše reaktoru, g-l-s separátoru a vestaveb IC reaktoru, které slouží pro separaci vyčištěné vody, kalu a bioplynu (g-l-s separátor), pro pohon vnitřní recirkulace (recirkulace vody z g-l-s separátoru na dno reaktoru) a pro odvádění bioplynu na další zpracování. (V samotném reaktoru



probíhá anaerobní čištění plavící vody, tj. odstraňování organického znečištění (CHSKcr) pomocí anaerobního granulovaného kalu. Největší výhodou IC reaktoru je jeho vnitřní cirkulační systém, který zaručuje dokonalou homogenizaci celého objemu reaktoru. IC reaktor je osazen vzorkovacími kohouty (Obr. 2) pro kontrolu provozních podmínek v různých výškách reaktoru. Vedlejšími produkty anaerobního procesu jsou bioplyn, který je odváděn do bioplynového hospodářství, a malé množství přebytečného anaerobního kalu, který lze v případě potřeby odvádět do kalové nádrže technologických vod (Dahlan a kol. 2013, ). Anaerobně vyčištěná plavící voda gravitačně odtéká zpět do sedimentační nádrže plavících vod.

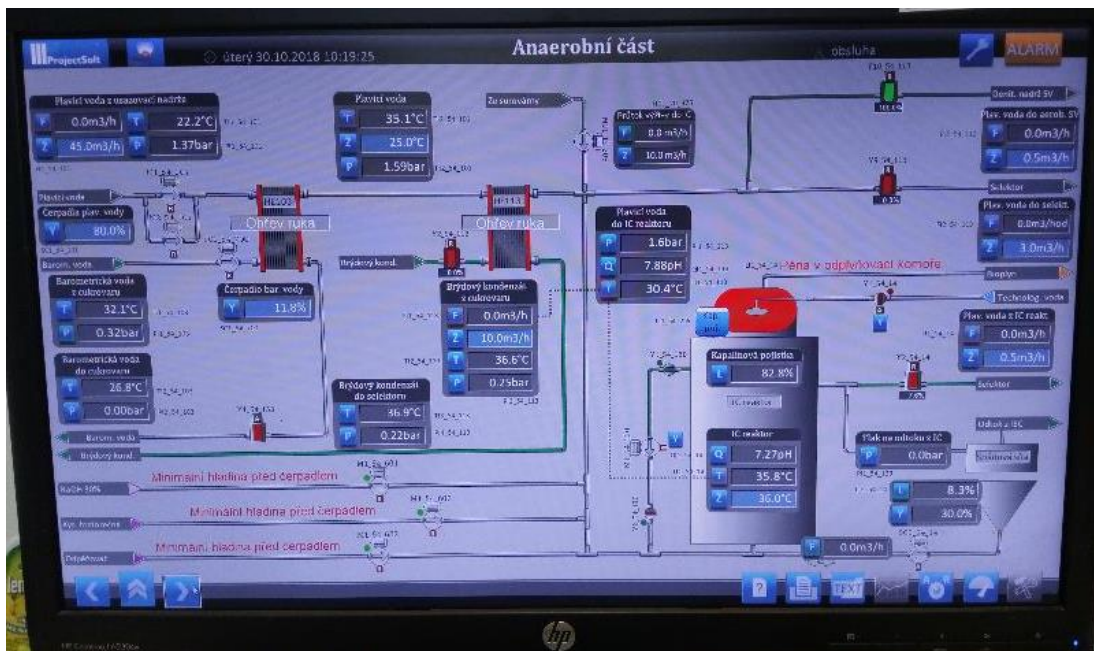
Na potrubí anaerobně vyčištěné vody je realizována odbočka, přes kterou je možné přebytečnou plavící vodu odvádět do aerobního stupně čištění technologických vod. Množství anaerobního odtoku, které je odváděno do aerobního stupně, je ovládáno pomocí nožového šoupěte s elektropohonem. Množství anaerobního odtoku směrem do aerobního stupně je měřeno průtokoměrem a regulováno na zadanou hodnotu průtoku. (ČOV České Meziříčí 2013)

V IC reaktoru je měřeno pH a teplota. Dle žádané hodnoty pH je dávkován NaOH do potrubí před vstupem do IC reaktoru. (Drtil 2001, Experimental 2019)



- 1) nátoková a mmisící zóna
- 2) spodní reakční zóna
- 3) spodní g-l-s separátory
- 4A) spodní riser
- 4B) horní riser
- 5) degassing tank
- 6) downer
- 7) horní reakční zóna
- 8) horní separátory
- 9) ostříková voda
- 10) vzorkovací kohouty
- 11,12) ventil na plnění kalem
- 13) ventil pro vypuštění reaktoru
- 14) odtok
- 15) bioplyn

Obr. 6: Popis IC reaktoru (zdroj: (ČOV České Meziříčí 2011).)



Obr. 7: Anaerobní schéma ČOV (zdroj: vlastní, 2019)

## 3.2 Aerobie ČOV

Účelem aerobního čištění je vyčištění vstupujících odpadních vod na kvalitu umožňující vypouštění vyčištěných odpadních vod do toku Zlatý potok. (Obr.:8)



Obr. 8: Zlatý potok (zdroj: vlastní, 2019)

### 3.2.1 Aerobní čištění

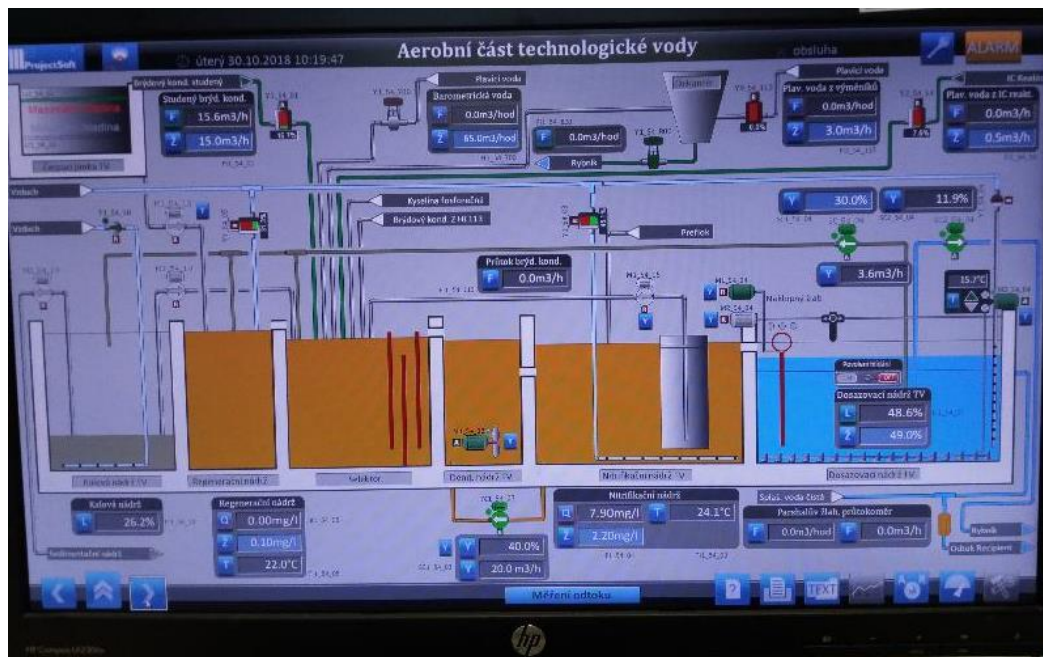
Pro *aerobní čištění* je realizován aktivační systém (viz. obr.9) se zvýšeným odstraňováním dusíku pomocí procesů biologické nitrifikace a denitrifikace s regenerací kalu a selektorem pro potlačení bytění kalu.

Do aerobního stupně technologických jsou přiváděny proudy odpadních vod:

- brýdový kondenzát
- kondenzáty z cukrovaru
- menší část surové plavící vody (zdroj CHSK pro proces denitrifikace)

Vyčištěné vody jsou vedeny gravitačně samostatným potrubím přes indukční průtokoměr technologické vody. Potrubí je zaústěno do společné zemní šachty a odtud jsou vyčištěné vody (TV a splaškové vody) vedeny již společně na výpustní objekt do toku Zlatý potok. Tomu tak dochází i při čištění splaškových vod.

Při *čištění splaškových vod* dochází k odstraňování dusíku pomocí procesů biologické nitrifikace a do aerobního stupně splaškových vod jsou přiváděny následující proudy odpadních vod. Splašková voda z areálu cukrovaru.



Obr. 9: Schéma aktivační ČOV (zdroj: vlastní, 2019)

### *Čištění technologických odpadních vod:*

Jak již bylo zmíněno, tak ČOV má dva zcela oddělené aerobní stupně, jeden je pro technologické odpadní vody a druhý pro splaškové odpadní vody. Obě části aerobního stupně jsou založeny na principu nízko zatížené aktivace s odstraňováním nutrietů (anorganické sloučeniny dusíku a fosforu). Aerobní část technologických vod má navíc selektor a regeneraci kalu.

Aerobní stupeň čištění technologických vod je sestaven z několika po sobě následujících nádrží. První je anoxický selektor, následuje denitrifikační nádrž, nitrifikační nádrž, dosazovací nádrž a regenerační nádrž. V aerobní části dochází k biologickému procesu čištění aktivovaným kalem. V selektoru dochází k prvnímu kontaktu odpadní vody a kalu. Účelem nádrže je selektivní kultivace dobře sedimentujícího flokulačního kalu. Selektor má čtyři komory vytvořené lehkými přepážkami v nádrži. Selektor je míchán hrubo-bublinnou aerací (provzdušňování a míchání nádrží). V denitrifikační nádrži dochází k denitrifikaci (odstraňování dusičnanů) za současného odstraňování části organického znečištění. Denitrifikační nádrž TV je míchána míchadlem denitrifikace. Aktivační směs (odpadní voda + aktivovaný kal) z denitrifikační nádrže TV natéká do nitrifikační nádrže TV. V nitrifikační nádrži TV probíhá odstraňování hlavní části organického znečištění a proces nitrifikace (biologická oxidace amoniakálního dusíku na dusičnany). Nitrifikační nádrž je provzdušňována jemno-bublinným aeračním systémem.



Zdrojem vzduchu jsou dmyhadla aerobních částí a jsou instalovány 4 agregáty (2 pracovní + 2 rezervy), pro kampaňový a mimo kampaňový provoz. Dmyhadla se v chodu automaticky pravidelně střídají. Dmyhadla jsou umístěna v provozní budově, ve strojovně. Výkon dmyhadel je regulován dle potřeby frekvenčním měničem. Množství vzduchu do nitrifikační nádrže TV je regulováno klapkou s elektropohonem na zadanou hodnotu obsahu kyslíku v nádrži. Obsah rozpuštěného kyslíku v nitrifikační nádrži je měřen kyslíkovou sondou. Tato dmyhadla jsou zároveň zdrojem vzduchu pro selektor, regenerační nádrž, nitrifikační nádrž splaškové části ČOV a obě dosazovací nádrže. V nitrifikační nádrži je instalováno čerpadlo interního recyklu ovládané frekvenčním měničem. Čerpadlo slouží pro recirkulaci kalu, který je obohacen dusičnany (produkt nitrifikace) do denitrifikační nádrže, kde dochází k jejich odstraňování.

Aktivační směs z nitrifikační nádrže natéká do dosazovací nádrže. Dosazovací nádrž TV slouží pro separaci aktivovaného kalu od vyčištěné vody. Aktivovaný kal sedimentuje na dně nádrže a vyčištěná voda odtéká přes ponořené odtokové potrubí do toku. Dále je možnost čerpání vyčištěné vody na cukrovarnické rybníky a tím tak nařadí jednotlivých proudů.



Obr. 10: Vzorek usazeného kalu a dosazovací nádrž (zdroj: vlastní, 2019)

Množství aktivovaného kalu je pravidelně sledováno a na těchto výsledcích závisí rozhodování při zatěžování aerobie.

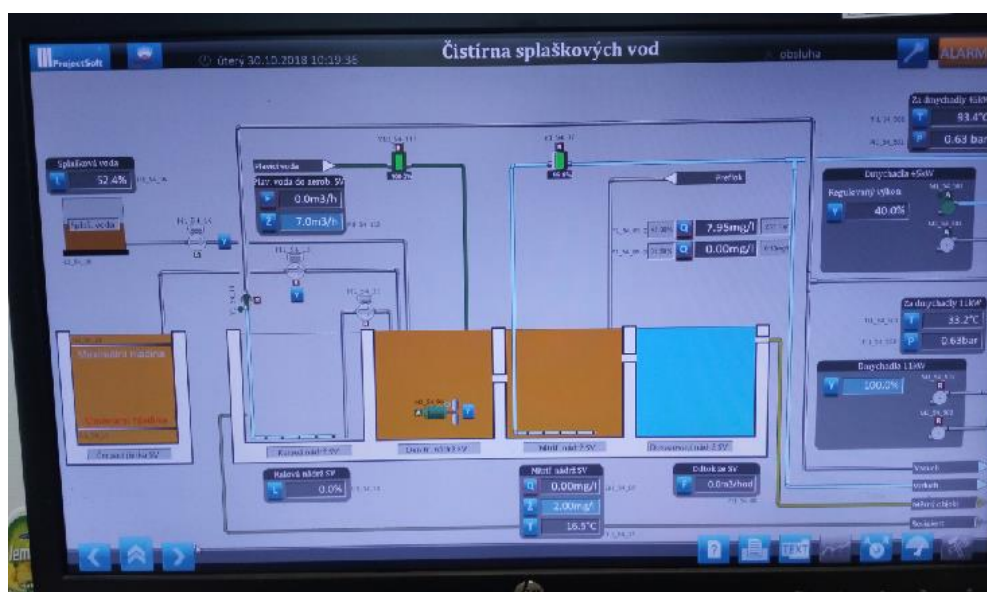
#### Test sedimentace:

Test sedimentace aerobního kalu je nutné provést nejméně jednou denně. Postup sedimentačního testu:

- 1) Odeberte 1000 ml provzdušňované směsi z aktivační nádrže (a paralelně z regenerační nádrže) a nalijte do odměrného válce nebo Imhoffova kužele (přesně po rysku 1000 ml). Z nitrifikace TV odebírejte vzorek z „hříbku“ interního recyklu.
- 2) Po naplnění postavte válec na vodorovnou plochu (umístěte Imhoffův kužel do svého stojánku), ihned si zaznamenejte aktuální čas a nechte směs v klidu sedimentovat přesně 30 minut.
- 3) Po 30 minutách sedimentace ihned odečteme objem kalového sedimentu a zapisujeme si tento údaj do "Provozního záznamu".
- 4) V případě, že objem sedimentu je menší než 40 % (menší než 400 ml na 1 litr odebrané směsi), aktivovaný kal ze systému neodtahujte. V případě, že objem kalu je větší než 80 % (800 ml/l), je třeba odpustit přebytečný kal do kalové nádrže a v případě jejího naplnění kal zpracovat. Doporučuje se odkalovat několikrát týdně a držet konstantní zásobu kalu v systému.

Je-li k dispozici možnost provádět stanovení nerozpuštěných látek, je toto stanovení přesnější a dává lepší obrázek o množství kalu v aktivačním systému a následném odkalování. V kombinaci se sedimentem  $V_{30}$  je možné usuzovat na charakter a vlastnosti aerobního kalu. Stanovení nerozpuštěných látek je řídicím prvkem pro řízení sušiny v procesu a následné odkalení.

Například.: sušina v aktivačním procesu je 4-5 g/l resp. 8-12 g/l v regeneraci. Při mimořádných stavech-nájezd ČOV, vyšší zatížení aerobní části organickými látkami, vyšší účinnost odstranění aj. je možné udržovat vyšší sušinu cca 6-8 g/l za předpokladu dostatečné koncentrace kyslíku v nitrifikaci (cca 1,5 mg/l)



Obr. 11: Popis jednotlivých nádrží (zdroj: vlastní, 2019)

### 3.2.2 Na vstupu odpaní vody aerobního stupně čištění technologických vod

Do aerobního stupně technologických vod jsou přiváděny tyto proudy odpadních vod:

- kondenzáty z odpadky, tzv. brýdové vody (hlavní zdroj znečištění)
- barometrické vody
- kondenzáty z cukrovaru (zdroj organického substrátu pro denitrifikaci)

Z aerobního stupně technologických a splaškových vod jsou oba proudy vyčištěné odpadní vody vedeny samostatným potrubím před dva průtokoměry (jeden pro každou větev SV a TV). Potrubí jsou zaústěna do společné šachty a odtud společně vedeny na výpustní objekt do toku Zlatý potok. Navrhovaná technologie čištění zabezpečuje kvalitu biologicky vyčištěné vody na odtoku z ČOV dle platného integrovaného povolení. *Integrované povolení je upraveno vodohospodářským povolením, jež upravuje hodnoty dle níže uvedené tabulky.*

Látka nebo ukazatel	Emisní limit			Technická norma
	<sup>1)</sup> „p“	<sup>1)</sup> „m“	<sup>2)</sup> t.rok <sup>-1</sup>	
BSK <sub>5</sub> (mg.l <sup>-1</sup> )	25	30	7,5	ČSN EN 1899-1,2
NL (mg.l <sup>-1</sup> )	30	50	9,4	ČSN EN 872
CHSK <sub>Cr</sub> (mg.l <sup>-1</sup> )	120	200	37,5	TVN 757520
<sup>3)</sup> N <sub>NH4<sup>+</sup></sub>	5	10	1,1	ČSN EN ISO 149 11
N <sub>NH4<sup>+</sup></sub>	5	8		
<sup>3)</sup> N <sub>celk.</sub> (mg.l <sup>-1</sup> )	20	40	6	ČSN EN ISO 149 11, ČSN EN ISO 10304-2
N <sub>celk</sub> (mg.l <sup>-1</sup> )	20	35		
P <sub>celk</sub>	1,5	2,5	0,3	ČSN EN ISO 6878
pH	6 – 8,5			ČSN ISO 10523
<b>Povolené množství vypouštěných odpadních vod</b>	Maximálně		35 l.s <sup>-1</sup>	
	Maximálně		3 000 m <sup>3</sup> .den <sup>-1</sup>	
	Maximálně		375 000 m <sup>3</sup> .rok <sup>-1</sup>	

Tabulka 1: Bilance množství a kvality vody na výstupu z aerobního stupně (zdroj: ČOV České Meziříčí)

- 1) *V průběhu řepné kampaně* (jsou sledovány všechny látky a ukazatele dle tabulky) se překročení povolených hodnot „p“ maximálně do výše hodnot „m“ připouští nejvýše ve 3 výsledcích rozboru v období kalendářního roku. Maximálně přípustná hodnota koncentrace „m“ nesmí být překročena žádným výsledkem rozboru. *Mimo řepnou kampaň* (jsou sledovány pouze ukazatele BSK<sub>5</sub>, NL, CHSKCr a pH) se překročení povolených hodnot „p“ maximálně do výše hodnot „m“ připouští nejvýše v 1 výsledku rozboru v období kalendářního roku. Maximálně přípustná hodnota koncentrace „m“ nesmí být překročena žádným výsledkem rozboru.
- 2) Pro posouzení dodržení hodnot ročního bilančního množství znečištění je směrodatný součin ročního objemu vypouštěných odpadních vod v posledním celém kalendářním roce a aritmetického průměru výsledků rozborů vzorků odpadních vod odebraných v tomtéž roce.
- 3) hodnota platí pro období, ve kterém je teplota odpadní vody na odtoku z biologického stupně nižší než 12 °C; teplota odpadní vody se pro tento účel považuje za nižší než 12 °C, pokud z 5 měření provedených v průběhu dne byly alespoň ve 2 měřeních zjištěny teploty nižší než 12 °C



### **3.3 Laboratorní pokusy**

#### **3.3.1 Laboratorní zkoušky čištění odpadních vod z praní řepy odebrané z cukrovarnického rybníku (voda laguny)**

Vzorek byl odebrán v Cukrovaru České Meziříčí dne 1.4. v objemu cca 20 litrů a byl uchováván v chladnu. Laboratorní zkoušky s ním byly provedeny hned dne 1.4. a dále pak ještě 3.4 a 5.4.

Vzorek vody byl žlutohnědý až naředlý, kalný, s výraznou opalescencí a s malým podílem usaditelných nerozpuštěných látek. Opalescence byla stálá a způsobená organickými látkami uvolněnými z cukrové řepy a jemnými částicemi minerálních látek z praní. I po zhruba 2 hodinách stání se prakticky nedal rozeznat žádný usazený pevný podíl. Voda měla mírný zápach kvůli pomalu probíhajícímu kvašení a rozkladu organických látek.

Hodnota pH vzorku byla 6,2.

#### **Zadání a účel zkoušek**

Účelem zkoušek bylo najít účinný, a i ekonomicky příznivý postup pro předčištění odpadní vody. Tedy vyčiření vody, tj. zbavení vody nerozpuštěných a koloidních látek, které jsou balastní a způsobují nadměrné látkové zatížení buď anaerobního reaktoru nebo biologické ČOV. Zároveň se tím sníží i koncentrace organického znečištění.

#### **Laboratorně testované postupy**

Laboratorní testy byly prováděny metodou „JAR“ testů, tj. v kádinkách s objemem vzorku 500 ml a porovnáváním efektů dávkování jednotlivých testovaných činidel vedle sebe. V první fázi byly nadávkovány příslušná činidla při zapnutém míchání 200 ot./min. po dobu jedné minuty a poté bylo míchání upraveno na pomalejší a to 40 ot./min. po dobu 5 minut. Pak následovala sedimentace po dobu 5 minut a byla pořízena fotodokumentace.

V první fázi zkoušek bylo pracováno se vzorkem odpadní vody s úpravou pH, a to nadávkováním hydroxidu sodného (z 10 % pracovního roztoku). Takto bylo pH upraveno vždy na hodnotu 7,0 – 7,3.

V testovací sadě vzorků byl postupně testován účinek anorganického kolagulantu na bázi hliníku s přidavkem organického koagulantu a také organického flokulantu v různých dávkách a kombinacích.

*Jako první hlinitý koagulant* byl zkoušen produkt Brenntafloc Al 1000 na bázi chloridu hlinitého a přidavky organického koagulantu Magnafloc LT 7991. Již při nadávkování samotného anorganického koagulantu byl zřetelný efekt tvorby mikrovloček, které však neposkytovaly dostatečný efekt sedimentace či vyčiření vody a byl tedy aplikován organický koagulant. Tyto první testy byly prováděny zejména pro ověření funkčnosti postupu a z této první analýzy nebyl odebrán vzorek filtrátu pro analýzu CHSK. Další filtráty již byly odebírány, jak je dále popsáno.



Obr. 12: Původní vzorek vody bez úpravy (zdroj: vlastní, 2019)



Obr. 13: Dávkování Brenntaflocu Al 1000 a organických koagulantů (zdroj: vlastní, 2019)

Vidíme efekt (viz. obr.8) dávkování Brenntaflocu Al 1000 a organických koagulantů.

**Popis:**

pH 6,9 - s úpravou pH pomocí 10 % NaOH (zhruba 1,5 ml do 500 ml vzorku).1 minuta rychlého míchání, 5 minut pomalého míchání – bez sedimentace

- Zleva kádinka č. 1: 200 mg/l Brenntaflocu Al 1000 + 20 mg/l Magnafloc LT 7991.
- Kádinka č. 3: 400 mg/l Brenntaflocu Al 1000 + 20 mg/l Magnafloc LT 7991.

Dále byl porovnáván efekt čištění vody při použití koagulantu na bázi hliníku a organického polymerního flokulantu. Ty byly zkoušeny jednak typy anionické a dále i kationické typy flokulantu. Po předběžné selekci vhodných typů flokulantů byl vybrán jako zástupce anionických typ Zetag 4120 a jako zástupce kationických pak typ Zetag 8160



Obr. 14:Dávkování hlinitého koagulantu a polymerního anionického flokulantu (zdroj: vlastní, 2019)

Dále se popisuje efekt dávkování různých dávek (viz. obr. 9) hlinitého koagulantu a polymerního anionického flokulantu.

**Popis:**

pH 7,0 s úpravou pH pomocí 10 % NaOH (zhruba 1,5 ml do 500 ml vzorku).1 minuta rychlého míchání, 5 minut pomalého míchání, 5 minut sedimentace.

- Zleva kádinka č. 0: 100 mg/l Brenntaflocu Al 1000 + 5 mg/l Zetag 4120.
- Kádinka č. 1: 200 mg/l Brenntaflocu Al 1000 + 5 mg/l Zetag 4120.
- Kádinka č. 2: 400 mg/l Brenntaflocu Al 1000 + 5 mg/l Zetag 4120.
- Kádinka č. 3: 800 mg/l Brenntaflocu Al 1000 + 5 mg/l Zetag 4120.

Po vizuálním zhodnocení byl odebrán z *kádinky č.2* filtrát na analýzu CHSK. V této kádince byly vločky asi nejlépe sedimentované, a i sama sedimentace byla nejrychlejší a filtrát opticky nejčirější. Proto se pokračovalo k dalšímu dávkování.

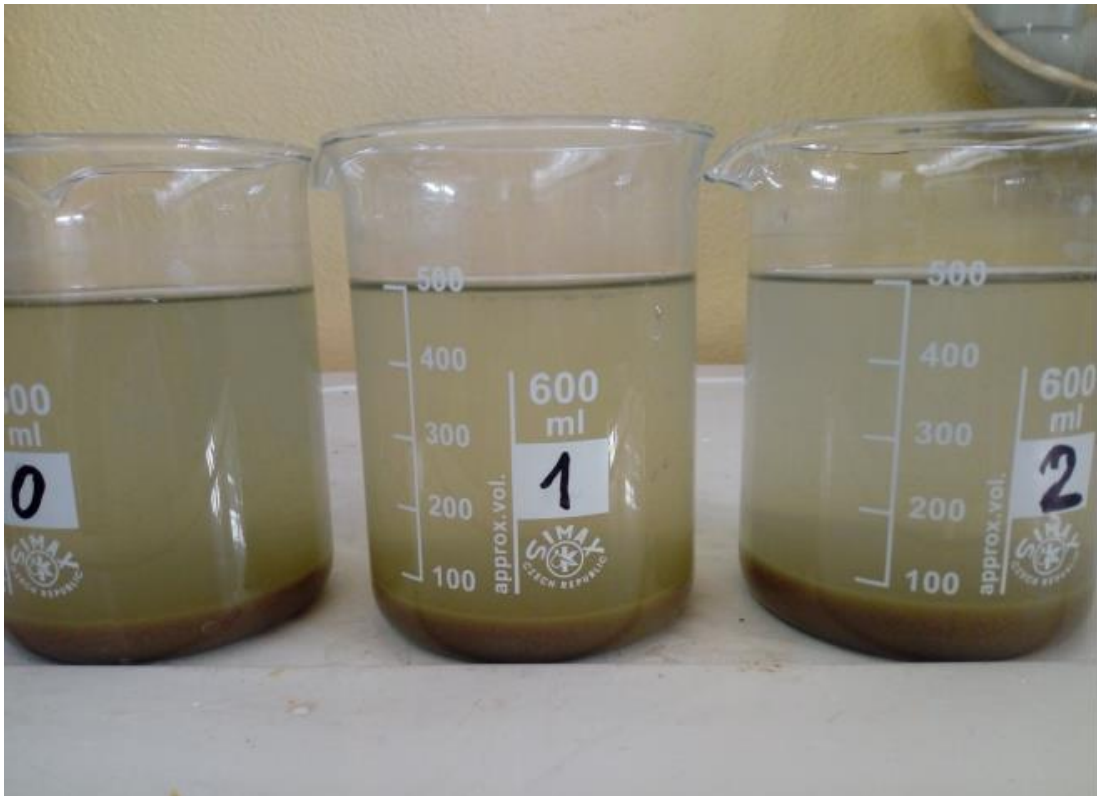


Obr. 15: Dávkování hlinitého koagulantu a polymerního kationického flokulantu (zdroj: vlastní, 2019)

Na obrázku (viz. Obr. 15) je vidět efekt dávkování různých dávek hlinitého koagulantu a polymerního kationického flokulantu.:

**Postup:** pH 7,2 s úpravou pH pomocí 10 % NaOH (zhruba 1,8 ml do 500 ml vzorku). 1 minuta rychlého míchání, 5 minut pomalého míchání, 5 minut sedimentace.

- Zleva kádinka č. 0: 100 mg/l Brenntaflocu Al 1000 + 8 mg/l Zetag 8160.
- Kádinka č. 1: 200 mg/l Brenntaflocu Al 1000 + 8 mg/l Zetag 8160.
- Kádinka č. 2: 400 mg/l Brenntaflocu Al 1000 + 8 mg/l Zetag 8160.



Obr. 16: Dávkování hlinitého koagulantu a organického koagulantu (zdroj: vlastní, 2019)

Zde vidíme efekt dávkování různých dávek hlinitého koagulantu a organického koagulantu (viz. obr. 16)

**Postup:** pH 6,0 bez úpravy pH. 1 minuta rychlého míchání, 5 minut pomalého míchání, 5 minut sedimentace.

- Zleva kádinka č. 0: 100 mg/l Locron L + 20 mg/l Magnafloc LT-37.
- Kádinka č. 1: 200 mg/l Locron L + 20 mg/l Magnafloc LT-37.
- Kádinka č. 2: 400 mg/l Locron L + 20 mg/l Magnafloc LT-37.

Opticky nejčiřejší a s dobrým sedimentačním chováním byla jako nejlepší vyhodnocena kádinka č.2, ze které byl odebrán filtrát pro analýzu CHSK.

V další sadě testů byly zkoušeny opět stejné dávky hlinitého koagulantu (bez korekce pH) se zvýšenou dávkou organického koagulantu Magnafloc LT-37 a dále testy s dalším typem organického koagulantu pod označením Magnafloc LT 7991 ve stejných dávkách, aby bylo možné oba typy porovnat. Protože výsledky po sedimentaci byly opticky velice podobné předchozí sadě testů, fotografie již předkládány nejsou. Z kádinek, které se zdály být nejčiřejší byly odebírány filtráty pro analýzu CHSK.

## **4. Literární řešerše**

### **4.1 Současny stav řešené problematiky**

Ochrana životního prostředí je v současné době jedním z nejdiskutovanějších a nejzávažnějších problémů naší společnosti. Stále přichází nové návrhy a realizace různých opatření, které pomáhají problémy řešit. Na úseku vodního hospodářství se jedná o čištění odpadních vod, které jsou produkovány průmyslovými výrobami. Toto stále je a bude pro povrchové a podzemní vody závadné. Cukrovarnický průmyslu není v tomto ohledu žádnou výjimkou.

Vysoké požadavky jsou kladeny na snížení výrobních nákladů průmyslové výroby a neustále se posouvají dopředu. Technologie výroby cukru se zdokonaluje, rozvíjí či vyvíjejí nové výrobní postupy. Vývoj se týká i oblasti čističek odpadních vod. Zde došlo ke snížení náročnosti (energetické) některých procesů, a to vede k poklesu nákladů. Většina cukrovarů z tohoto důvodu zainvestovala vysoké částky do modernizace čističek odpadních vod. Zároveň bylo nutno splnit přísná kritéria určené místní legislativou (to je popsáno v zákoně o nakládání s odpadními vodami).

Odpadní vody prochází čistícími procesy, kontrolním vzorkováním v průběhu čištění. Tím jsou zbaveny nežádoucích látek a poté jsou vypouštěny do vodního toku. Vodní tok má přirozenou teplotu, a v ní jsou adaptovány na okolní řečiště živočichové a vodními organismy žijící kolem. Teplota vypouštěné vody z ČOV má různé fáze teploty a ve většině případů je rozdílná než přirozená teplota toku. Proto je nutné přibližovat teplotu vody z ČOV co nejvíce teplotě vodního toku.

### **4.2 Legislativa zabývající se vodním hospodářstvím**

Dne 23. března 1955, vstoupila zákonná úprava. Zákon č. 11/1955 Sb., o vodním hospodářství. Tento zákon nabyt účinnosti na území celé Československé republiky dne 1. ledna 1955, dle ustanovení § 40 tohoto zákona. Zajímavostí tohoto zákona bylo, že neupravoval jiné zásadní instituty, které jsou součástí vodního práva, a to na např. na ochranu před povodněmi. Aktuální zákon postrádal definici vodohospodářského díla (vodního díla). Na druhou stranu, obsahem zákona bylo např. Samostatná úprava z důvodu pro vyvlastnění nemovitostí, a to z důvodu přístupu k vodám (Kliková 2008). Součástí zákona č. 11/

1955 Sb., se reagovalo na vysoký nárůst veškerého průmyslu v 50 letech minulého století. Nesl, sebou zvýšení spotřeby vody pro všechny možné účely a přetěžování vodních toků nečistotami. Tehdejší stav ve většině našich cukrovarů, před platností tohoto zákona byl takový, že veškeré druhy vod vznikající či odpadající z výroby byly neúčelně míseny dohromady. Tyto vody poté společně odcházely na čisticí zařízení, které bylo téměř ve všech cukrovarech zastaralé a nedostačující. Otázce čistíren a vodního hospodářství nebyla věnována téměř žádná pozornost. Součástí zákona č. 11/1955 Sb., bylo také usnesení, že voda je majetkem státu a za její používání k výrobním účelům budou jednotlivé podniky platit určitou částku. Za odebranou čerstvou vodu, tak i za vypouštěnou odpadní vodu. Cena výše částky se odvíjela od míry jejího znečištění odpadních vod. Platnost tohoto zákona vedlo ke změně přístupu cukrovarů v oblasti vodního hospodářství. Zájmem podniků bylo snížit odběr provozních vod, a především byl zájem snížit množství odpadních vod na nejmenší možnou míru, aby došlo ke zlepšení řízení vodního hospodářství cukrovarů a zdokonalování se v metodách čištění průmyslových odpadních vod (Brož a kol., 1958)

Dále v 70. letech vešly v platnost další zákony v oblasti vodního práva. V roce 1973 vstoupil v platnost zákon č. 138/1973Sb., zákon o vodách (vodní zákon) a s ním i zákon České národní rady o státní správě ve vodním hospodářství č. 130/1974 Sb. Tyto oba zákony, ze kterých předchází zákon z roku 1955 vycházel přejala celou řadu principů. Poslední zákonnou úpravou, kterou se upravuje současný vodního práva je zákon č. 254/2001 Sb. V platném znění, o vodách a o změně některých zákonů (vodní zákon), který nabyl v platnost 1. ledna 2002 (Černý 1943).

### **4.3 Základní definice a druhy odpadních vod**

V této kapitole se budu věnovat nezbytnému vysvětlení některých základních pojmů při vymezování problematiky čištění průmyslových vod.

Pojem znečišťování vod je v poslední době výraz, který se velmi často objevuje nejen v oblasti odpadních vod vznikající z vytvoření průmyslovou činností, ale i ve spojení domácí činností. (Kliková 2008). Dělíme je dle původu a způsobu jejich znečištění a rozlišujeme je následovně:

- ♦ **Městské odpadní vody** (myšlené odpadní vody z domácností)  
 Vody z domácností dělíme na vody šedé (bez fekálií a moče, pouze vody z praček, sprch, van a umyvadel). Vody splaškové - je myšleno z toalet, z myček nádobí a mytí nádobí v dřezu.  
 Do tohoto druhu odpadních vod řadíme i odpadní vody z menších místních provozoven, jako jsou např. nádraží, hotely, obchůdky, skladiště a jiné. Splašky jsou z hlediska biologického považovány za velmi závadné a množství odpadních vod je dáno množstvím obyvatel napojených (Čížek kol. 1970).
- ♦ **Průmyslové odpadní vody**  
 Odpadními vodami průmyslovými se rozumí vody, které byly použity a znečištěny během výroby v průmyslových závodech k nejrůznějším účelům. Tyto vody, které jsou ze závodu vypouštěny se buď přímo čistí v závodních průmyslových čistírnách, nebo pokud se jejich složení moc neliší, jak už fyzikálně, tak chemicky a biologicky od složení vod odpadních, komunálních - se čistí v městské čistírně odpadních vod (Čížek a kol. 1970).
- ♦ **Vody zemědělské výroby**  
 Tyto vody obsahující fekální vody od zvířat, kejdy a vody z oplachů komunikací a stání.
- ♦ **Dešťové vody**  
 Dešťovými vodami se rozumí vody všech druhů atmosférických srážek. Dešťové vody jsou znečištěny sazími z ovzduší, kouřem, prachem, hlínou z ulic a domů, splachy z vozovek nečistotami z ulic a dvorů (Čížek a kol. 1970). Z vodního zákona je dělíme na dešťové vody neznečištěné a dešťové vody znečištěné.
- ♦ **Oplachové vody**  
 Tyto vody jsou vody z čištění a kropení ulic, které nemají vliv na rozměry stokové sítě a ani svým množstvím nijak stoky nezatíží (Štícha 1958).
- ♦ **Infekční vody**  
 Mezi vody infekční se řadí vody z nemocničních zařízení, laboratoří, sanatorií, TBC, výroben očkovacích látek. Největší problém infekčních vod je, že mohou být zdrojem epidemií, proto infekční



vody musí být před vypouštěním přečištěny, aby byly zničeny škodlivé a nebezpečné zárodky obsažené ve vodě a spolu s tím nepřicházely infekční vody do veřejné kanalizace (Čížek a kol. 1970).

♦ **Balastní vody**

Balastními vodami rozumíme a nazýváme nežádoucí vody, které nám stékají do kanalizační sítě a zatěžují systém kanalizace. Zdrojem balastních vod jsou veškeré rekonstrukce inženýrských sítí a podzemních staveb, dále podzemní vody vzniklé při stavbách. Patří mezi ně havárie pitné, užitkové vody a hydrantů, drenáže, vody unikající netěsností domovních instalací, vodovodní sítě a kašen. Součástí balastních vod jsou i vody podzemní. V praxi je možno odvádět stokovou sítí dešťové vody oddílné soustavy a odlehčovacemi stokami jednotlivé soustavy. Balastní vody rozhodně nesmějí být odváděny splaškovými stokami. Dle uvedení ČSN 75 6401 přítok balastních vod má být na ČOV co nejmenší. Větší hodnota než 15 % průměrného bezdešťového přítoku  $Q_{24}$  je nežádoucí (Synáčková 2010).

♦ **Ostatní odpadní vody**

Ostatní odpadní vody mají původ jiný než výše uvedených zdrojů a jejich produkce je spojena s mimořádnými okolnostmi (Novák a kol., 2003).

Řešení znečišťování vod je prioritou omezování znečišťování vody nejen na území České Republiky, ale i po celém světě (Kliková 2008). Můžeme použít definici Rámcové směrnice EU o vodě, která definuje takto znečišťování:

*„Znečišťování je přímé nebo nepřímé zavádění látek nebo tepla do ovzduší, vody nebo půdy, které může být škodlivé pro lidské zdraví nebo kvalitu vodních ekosystémů přímo na nich závislých, a které vyústuje v poškození hmotného majetku, nebo zhoršuje či narušuje hodnoty životního prostředí a další uznávané způsoby jeho užívání“ (směrnice 2000).*

Mezi důležitý pojem patří i odpadní vody. Odpadní vody jsou specifickým druhem vod. Následně zní jejichž definice takto:

*„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 nebo podzemních vod. Odpadní vody jsou i průsakové vody z odkališť, s výjimkou vod, které jsou zpětně využívány pro vlastní potřebu organizace, a vod, které odtékají do vod důlních, a dále jsou odpadními vodami průsakové vody ze skládek odpadu“ (zákon 254/2001)*

V odpadních vodách, vymezíme-li užší definici, které se budou týkat výhradně vzniklých odpadních vod průmyslovou činností, dostaneme pojem průmyslové odpadní vody:

*„Průmyslovými odpadními vodami rozumíme odpadní vody z výroby uvedených v části B přílohy č. 1 k nařízení vlády č. 401/2015 Sb., jakož i odpadní vody v této části neuvedené, jsou-li vypouštěny z výrobních nebo jim podobných zařízení, včetně odpadních vod vypouštěných z průmyslových areálů, které vznikají převážně jako produkt průmyslové činnosti“ (zákon 254/2001)*

Původce odpadní vody průmyslovou činností má povinnosti při vypouštění, týkající se jejich zneškodňování:

*„Kdo vypouští odpadní vody do vod povrchových nebo podzemních, je povinen zajišťovat jejich zneškodňování v souladu s podmínkami stanovenými v povolení k jejich vypouštění. Při stanovování těchto podmínek je vodoprávní orgán povinen přihlížet k nejlepším dostupným technologiím v oblasti zneškodňování odpadních vod, kterými se rozumí nejúčinnější a nejpokročilejší stupeň vývoje technologie zneškodňování nebo čištění odpadních vod, vyvinuté v měřítku umožňujícím její zavedení za ekonomicky a technicky přijatelných podmínek a zároveň nejúčinnější pro ochranu vod“ (zákon 254/2001)*

Hodnotícím důležitým ukazatelem při vypouštění odpadních vod (průmyslových odpadních vod) je měření objemu vypouštěných vod a jejich míry znečištění. K určení míry znečištění průmyslových odpadních vod byly pojmy stanoveny nejvýše přístupné hodnoty ukazatelů těchto vod, mezi které současně patří:

- ♦ Emisní standardy – nejvýše přípustné hodnoty ukazatelů znečištění odpadních vod uvedené v příloze č. 1 nařízení vlády č. 401/2015 Sb.,
- ♦ Emisní limity – nejvýše přípustné hodnoty ukazatelů znečištění odpadních vod, které stanoví vodoprávní orgán v povolení k vypouštění odpadních vod do vod povrchových (nařízení vlády 401/2015).

Požadovaná jakost vyčištěné vody je kritériem. Stanovení emisních limitů měření objemu a jejich dodržování vypouštěných odpadních vod a míry jejich znečištění - je

řešeno v nařízení vlády č. 401/2015 Sb., V oddílu B, přílohy č. 1. Ta se zabývá přípustnými hodnotami pro odpadní vody vypouštěné z odpadních vod průmyslových a ze zemědělského odvětví (nařízení vlády 401/2015 Sb.). Tyto hodnoty, kde jsou upřesněny podmínkou přípustného znečištění odpadních vod, pro výrobu cukru, znázorňuje tabulka. (Tab. 2).

Emisní standardy a limity jsou vyjádřeny jako:

- Poměrné množství vypouštěného znečištění v jednotkách hmotnosti látky nebo skupiny látek na jednotku hmotnosti látky nebo suroviny použité při výrobě nebo výrobku.
- Množství vypouštěného znečištění v jednotkách hmotnosti látky nebo skupiny látek za určité časové období
- Koncentrace v jednotkách hmotnosti látky nebo skupiny na litr
- Minimální účinnost čištění v čistírně odpadních vod v procentech (nařízení vlády 401/2015)

Ukazatel znečištění	Jednotka	Přípustné hodnoty
pH	-	6-8,5
CHSK <sub>Cr</sub>	mg/l	160
BSK <sub>5</sub>	mg/l	40
NL	mg/l	80
N-NH <sub>4</sub> <sup>+</sup>	mg/l	10
N-NH <sub>4</sub> <sup>+</sup> (Z)	mg/l	20
N <sub>celk.</sub>	mg/l	20
N <sub>celk.</sub> (Z)	mg/l	35
P <sub>celk.</sub>	mg/l	10

Tabulka 2: Emisní standardy průměrné přípustné hodnot koncentrace znečištění pro odpadní vody z výroby cukru (přírodního) (Nařízení vlády č. 401/2015 Sb.)

#### 4.4 Čistírny odpadních vod

Podle nařízení vlády č. 401/2015 Sb., dělíme čistírny odpadních vod podle velikosti, které jsou uvedeny emisní standardy pro vypuštěné OV. Čištění OV se rozděluje do tří kategorií, které se člení na mechanické, biologické a chemické.

Přitékající znečištěné odpadní vody pro čističku odpadních vod, by měly být v čerstvém stavu. Pro procesy čištění odpadní vod potřebují aerobní podmínky neboli přítomnost vzdušného kyslíku, která vody provzdušňuje a napodobuje proces přírodního čištění, kromě denitrifikace. K odstranění a zachycení hrubých i jemných plovoucích hmot se používají mřížové česle nebo sítě, které zachytávají nečistoty. Nečistoty hrubějšího původu (písek, štěrk) se zachycuje v lapači písku. Jiné znečištění v OV (tuky, oleje) se odděluje buď při odstraňování jemnějších suspendovaných látek v usazovacích nádržích mechanického čištění, nebo v samotných lapačích tuku (Henze a kol. 2008). Hrubější částice suspendované látky se z odpadních vod zachycují usazováním v usazovacích nádržích. Nejjemnější částice organického původu a rozpuštěné látky se odstraňují v biologickém čištění. „V americké a evropské praxi se ponejvíce používají systémy pouze se základní sekvencí anaerobní, anoxické a oxické zóny“ (Hänel 1988).

Původní aerobní oblast se označuje jako kyslíkatá, kde v ní probíhají oxidace organických látek a nitrifikace (Chdudoba 1991). (Nitrifikace je proces oxidace amoniaku, kdy dochází k přeměně dusitanů ( $\text{NH}_3$ , resp.  $\text{NH}_4^+$ ) na dusičnany ( $\text{NO}_3^-$ ), a to přes dusitany ( $\text{NO}_2^-$ ). Způsobovaná obvykle mikroorganismy-nitrifikačními bakteriemi). V Oblastí anoxickou neboli bezkyslíkatou probíhá v ní proces denitrifikace, kde rozpuštěný kyslík není přítomen, ale v roztoku jsou dusičnany a dusitany. Pokud není-li přítomen rozpuštěný kyslík či dusičnany ani dusitany, tak se dostáváme do zvané oblasti anaerobní. Probíhá zde desulfatace, anaerobní acidogenese, acetogenese a methanogenese (Chdudoba 1991).

## 4.5 Technologie výroby cukru

Současná výroba cukru začíná už na poli, kde se pěstuje cukrová řepa. Cukr se tvoří výhradně v cukrovce, v cukrovaru cukrová řepa projde procesem izolováním, čištěním, metodami chemickými i fyzikálními a úpravy do vhodné formy. Období sklizně, uchování cukrové řepy a výroby cukru se nazývá řepná kampaň. Tato kampaň trvá přibližně cca 4 měsíce, kde většinou začíná sklizeň koncem září a končí koncem listopadu nebo začátkem prosince. Hlavním ovlivňujícím faktorem sklizně není jenom počasí, ale i velikosti řepy a její předpokládaný obsah výtěžnosti cukru. Toto určí, kdy se řepná kampaň spustí. Sklizeň je nutné naplánovat tak, aby mohla

být řepa průběžně zpracována. Celý proces zpracování řepy je nepřetržitý a pracuje se 24 hod denně po dobu kampaně.



Obr. 17: Řepa přivezená do cukrovaru (zdroj: vlastní, 2019)

#### 4.5.1 Příprava ke zpracování řepy

Celý proces zpracování řepy je v určitých fázích kontrolován laboratoří. To znamená od jeho přijetí do závodu až do výsledného zpracování cukru. Nejprve je nutné přivezenou cukrovou řepu (pomocí plavícího kanálu) zpracovat procesem čištění a vyčištěnou dostat do cukrovaru, kde dojde k jejímu nařezání.

Pro plynulý chod výroby cukru je třeba mít dostatečné prostory pro uchování řepy. Z tohoto důvodu cukrovar disponuje dostatečným úložným prostorem. - řepné splavy nebo pevný bod úložiště.



Obr. 18: Pevný bod a kyneta (zdroj: vlastní, 2019)

Pevný bod úložiště slouží k vyklápění řepy z aut během dne. Odtud dochází k plavení řepy na plavící linku. Naopak v nočních hodinách místo pevného bodu se řepa přepravuje z řepných splavů. Povrchové řepné splavy, jsou betonové plochy obdélníkového tvaru, který mají sklon ke středu plavícího kanálu (kynet). (Drahovská-Šimanová a kol., 1957). Zde dochází k usazování nečistot (písku, kamenů, hlíny) z řepy. V plavícím kanálu nesmí klesnout rychlost proudu řepy společně s vodou pod 0,65 m/s. Pro dobré plavení řepy je nutné dosáhnout rychlosti 1,6 až 1,9 m/s. Rychlost proudění v kynetě snižují všechna zařízení v ní umístěna. Jsou to například lapače kamenů, chrástu, uzavírací a regulační hradítka. K regulaci přívodu řepy plavícím kanálem se používají hydraulická hradítka. Teplota plavící vody by měla být maximálně 20°C. Na úseku plavících a pracích vod se pracuje s uzavřeným okruhem vody. Řepa s vodou se z hluboké kynety zvedá do ocelového žlabu. Ke zvedání řepy se využívají řepná čerpadla a aby zde nedocházelo k poškození řepy, tak se musí dodržet poměr řepa vs. voda (pozn.: 1:5-6). V tomto žlabu jsou uloženy další lapače kamenů a chrástu. Po separaci kamenů a chrástu následuje oddělení špinavé plavící vody. Odděluje se proto, aby nedocházelo při následujícím praní řepy v pračce ke znečišťování čisté prací vody. Účinnost praní řepy ovlivňuje kontaminaci řepy v extraktoru, mechanické opotřebení extraktoru a řízkolisů, opotřebení nožů na řezačkách, a tím i kvalitu řízků a kvalitu surové šťávy.

Rozeznáváme tři typy řepných praček (Bubeník 1988):

- *hřebelové* (žlabové): otevřený žlab který je rozdělen na část prací a dopírací. Ve spodní části pračky jsou odděleny přepážkou na několik sekcí. S hřídelem, který je opatřen lopatkami a spirálovitě sestavený tak, aby posouval řepu. Řepa se vzájemně otírá, posouvá ve vodě a tím se důkladně omývá a zbavuje nečistot. Součástí pračky je lapač kamení, zachycení listí a slámy. (Bubeník 1988)

- *bubnové* pračky: pračka má tři zóny – předpírací buben, bubnovu pračku a flotační odlučovač kamenů. To znamená, že chrást a úlomky se oddělují z prací vod na síťovopásovém odlučovači (Bubeník 1998)

- *tryskové* vibrační (sprchové): oplachovaná vodou z trysek, kde bývá často kombinováno s dávkováním dezinfekční látky (Bubeník 1998)

Cukrovar v loňském roce pořídil novou technologii - síť (obrázek 18) na oddělení a zachytávání kořínků z řepy a jiných nečistot.



Obr. 19: Síta na oddělení a zachytávání kořínků (zdroj: vlastní, 2019)

Je zabudovaná v druhé polovině cesty v procesu praní řepy. Vypranou řepu vyhazuje třesadlo nebo šikmý nepohyblivý rošt. Odtud se čistá řepa přepadává na pásový dopravník s elektromagnetickým separátorem, (Obr. 20) který zajišťuje zachytávání kovových příměsí získané z pole či v průběhu plavící linky. Dopravní pás má lankové bezpečnostní zařízení pro zastavení dopravního pásu (Obr. 21). Dopravní pás doopravuje řepu do násypky (zásobníku) před automatickou řepní váhou. Zvážená řepa automaticky samočinně padá do zásobníku nad řezačkami (Chalupa 1954).



Obr. 20: Pásový dopravník s elektromagnetickým separátorem (zdroj: vlastní, 2019)





Obr. 21: Bezpečnostní lanko (zdroj: vlastní, 2019)

K dokonalému a rychlému vyslazení řepy je zapotřebí řepu rozřezat na požadovanou velikost a tvar. Řepa se řeže na takzvané sladké řízky. (V průběhu tohoto procesu si laboratoř odebírá vzorek, kde je schopna podat informaci, jak dlouho bude trvat proces výroby cukru z dané řepy). Sladké řízky se dopravují dopravníkem k automatické pásové váze a dále do extraktoru. V cukrovarech se používají dva typy řezaček:

- deskové – s horizontální deskou
- bubnové – s rotujícím bubnem s noži (Bretschneider 1996)

K nařezání se používají dva typy nožů, a to *frézovaných nožů* (královopolské), které jsou ze speciální oceli nebo lisované z ocelového plechu. U nás se používají Gollerovy nože s trojúhelníkovým profilem, a to buď nože celé nebo půlené. Jestliže dojde k jejich poškození či otupení, je potřeba vyměnit všechny nožové z vložky. Hlavní podstatou pro dokonalé těžení difuzní šťávy je mít co nejdokonaleji nařezané sladké řízky, které se dopravují do difuze pásovým dopravníkem (Chalupa 1954).

#### 4.5.2 Těžení šťáv

Cílem výroby cukru je získání těžení šťávy ze sladkých řízků extrakcí a difúzí. Jedná se o volnou extrakci látek řepné šťávy z otevřených buněk (tzn. řepa rozříznuta nožem řezačky) a přechod difúze látek (sacharózy) řepné šťávy umrtvenou buněčnou stěnou. Tak že se řepné buňky řízků nejprve tepelně umrtví ve spařovacím mísidle (majška) a poté se extrahují s vodou v extraktoru při teplotě 70-75 °C nebo se také vedou přímo do extraktoru, kde ve vstupní čisti dojde k zahřátí na teplotu 75°C.



V cukrovaru používají dva extraktory. První je věžový extraktor BMA, (obrázek 35), kde jeho výhodou je velmi malý styk řízků se vzduchem a tím i minimální riziko růstu aerobních mikroorganismů. Druhým nejznámějším žlabovým extraktorem je DDS. Rychlé umrtvení buněk je žádoucí, ale teplotu nelze zvyšovat, neboť dochází k odbourávání pektinových látek. Při extrakci a difúzi přecházejí z řepné šťávy i z dřene do roztoku kromě sacharózy i další rozpustné látky: pektiny, bílkoviny, popeloviny a tento přechod do roztoku silně ovlivňuje teplota, doba a pH. Teplota se nesmí zvyšovat na 80 °C. Doba pobytu řízků v extraktoru by měla být delší než 120 minut. Při extrakci pH je nutno udržovat na hodnotě kolem 5,8. Teorie difúze je vyjádřena Fickovými zákony. Rozdíl mezi koncentrací sacharózy v řízkách a roztoku. Difúzi se získávají cca 2/3 z celkového množství sacharózy z řízku a připadá na extrakci pouze 1/3. Dobré vytěžení šťávy znamená, že z původního obsahu sacharózy v řízku 16-18 % pouze zůstane vyslazených řízků 0,2-0,4 % cukru (Drahovská 1957).

Výhodou práce mechanických difuzí je bez odpadních difuzních vod a řízkolisových vod. Po odstranění drti se řízkolisová voda zahřívá a zpět se vrací do místa difúze, kde má šťáva z řízků stejnou koncentraci. Ve spodní části věžové difuze či žlabu difúzního odtěká sladká šťáva (difuzní šťáva), která se dále technologicky zpracovává (Bretschneider 1969).

Z difuze odpadají vyslazené řízky, které jsou významným odpadem a společně s chrástem velmi cenným krmivem pro hospodářská zvířata. Velikým problémem je ale jejich konzervace, protože sezónní výroba cukru je během podzimní kampaně. Kde se vyprodukuje takové množství řízků, které nelze hned spotřebovat. Z důvodu, že nové vyslazené řízky se znehodnocují, protože podléhají rychlému kažení. Pomocí silážování je možnost konzervace řízků, při kterém je využíváno mléčného kvašení. Cukrovar využívá své technologie, kde další možnosti je lisování řízků v řízkolisech (obrázek 31). Z toho odchází difúzní šťáva a vyslazené řízky. Usušení horkým vzduchem a párou je velmi náročný energetický proces. Připravené vysušené řízky obvykle lisujeme do pelet, které dlouhou dobu lze skladovat pro zachování krmné hodnoty. V poslední době také cukrovar využívá sušení řízků pomocí svého vyrobeného plynu (Bubník 1998).



Obr. 22: Řízkolisy (zdroj: vlastní, 2019)

#### 4.5.3 Epurace a filtrace (čištění surové šťávy)

Kvalitou surové šťávy je svázaná s kvalitou cukrovky. Špatná jakost surové šťávy i při zdravé řepě může vzniknout na úseku těžení šťávy. (např.: výroba nekvalitních řízků, nevhodnou provozovanou extrakcí, vysokou mikrobiální kontaminací, nedostatečnou separací drtě ze surové šťávy atd.) Při technologickém procesu získaná surová šťáva obsahuje 14 až 18 % cukru a dalších jiných látek, které se dostaly do šťávy společně s cukrem při vyslazování sladkých řízků. Souhrnně tyto látky nazýváme necukry (soli organických kyselin a anorganické soli), které musí být co nejlépe odstraněny. Ztěžovalo by to odpařování šťávy, krystalizaci a klesala by kvalita a výtěžek cukru (Bretschneider 1980).

Proces čistícího pochodu se nazývá *epurace* a je to souhrn pochodů čištění difúzní šťávy skládající se z předčeření a dočeření, I. a II. saturace a vyvářky s příslušnými mechanickými filtracemi. Cílem epurace difúzní šťávy je neutralizovat difúzní šťávu, odstranit co největší podíl necukrů z roztoků a zbavit difúzní šťávu všech suspendovaných látek. Pomocí *předčeřením* se vyšším objemem vysrážení surové šťávy necukrů a vytvoří se kal s vhodnou strukturou. Podstatou je pomalé postupné zvyšování pH surové šťávy z hodnot 5,8 až 6,2 na 10,8 a maximálně na

11,2, o teplotě 40 až 60 °C. K čištění šťáv se používá vápno a oxid uhličitý neboli vápenné mléko (Bretschneider 1969).

Dále postupuje do **I. saturace**, která má 85 °C a dochází k navazování necukrů na vápno. Vápno naváže veškeré nečistoty na sebe a odtud postupuje na dekanter, který slouží k odsazení kalu. Během této saturace se ponížší hodnota pH na 11. Celý tento proces probíhá v 80 °C. Tato šťáva po první saturaci obsažný kal, který se musí separovat. Vzhledem k velkému objemu sraženiny by to bylo velice technicky obtížné. Proto se nejdříve kal zahustí a získá se část přefiltrované šťávy. Proces zahuštěného kalu se provádí na zahušťovacím filtru (tzv. dekantéru) V dekantéru kal pokračuje na kaolisy (NordicSugar 2019).

Kaolisy jsou tlakové rámové filtry a rýhovaných desek, které jsou střídavě řazeny za sebe. Během filtrace se zvětšuje množství zachyceného kalu v rámech což brání další filtraci. Proto po určité době dojde k vyčištění kaolisu, že se jednotlivé rámy vyprázdní, a to co odpadá se nazývá koláč neboli šáma. Šáma se dále zpracovává, protože se jedná o cukrovarnický významný odpad a je použit k hnojení půdy, ke zvýšení nízkého pH a pro zemědělce to je bonus, kterého rádi využívají. Získaná šťáva se přidá ke šťávě zfiltrované při zahušťování. Nazýváme ji I. saturovaná filtrovaná šťáva, která pokračuje na II. saturaci, kde si drží teplotu 95°C. Hlavním úkolem **II. saturace** je snížit obsah vápníku ve šťávě na minimum a tím zvýšit čistotu šťávy a odtud pokračují na zahušťovací filtry KZF. V KZF se to ohřívá na 130 °C. Při použití zahušťovacích filtrů k separaci kalu I. saturované šťávy je kladena jakost šťávy s mnohem vyššími požadavky než u kaolisech. Kal nesmí být mazlavý, aby nedocházelo k ucpávání pórů. Plachetky (filtry) zachytí nečistoty a oddělí zbytek kalu přítomného ve šťávě. Získaná šťáva, která se získá čištěním se nazývá lehká šťáva a před odparkou se upravuje sířením, filtrací aktivním uhlím, změkčováním. Lehká šťáva projde pěti člennou odparkou. V odparce je vysoká teplota, kde se sníží množství vody stane se z ní těžká šťáva těžká šťáva vstupuje do pánve a z pánve pokračuje do krystalovny (varostroje). **Varostroje** (krystalizace) se nesmí vařit, aby nekaramelizovalo. Musí mít přibližně teplotu 80 °C a díky podtlaku, který tam je se uvaří. Vznikají tady necukry, které jsou zbarvené. Čím více cukru, tím se líp vaří. Při výrobě cukru se vaří 3 druhy cukru. Dělí se, na A.BC.

**Typ cukru A** (šťávní krystal) je cukr nejlepší kvality. Sirob se dělí na bílý sirob a zelený sirob. *Bílý sirob* vstupuje do pánve a zpět do varostroje, kde se přibližně vaří 3 hodiny. *Zelený sirob* jde na varostroj typu B.

**Typ cukru B** (meziproduktový cukr) se vaří 5 hodin. Bílý sirob znovu se vrací na varostroj typu A. Kdežto zelený sirob jde na varostroj typu C.

**Typ cukru C** (cukr horší kvality) je nejméně kvalitní a vaří se i třeba 2 dny. Obsahuje všechny koncentrované necukry obsažené v původní těžké šťávě a nazýváme **melasa** (tmavá sirobová kapalina). V melase je co nejmenší množství cukru a je využívána do výroby lihu, jako vstupní surovina. Melasa se využívá i v zemědělství, kde se přimíchává do potravy dobytku, aby docházelo v bachoru krávy k lepšímu trávení.

Cukr z typu A je hlavním produktem výroby a jde do prodeje. Než, ale půjde do prodeje projde ještě procesem. Tím, že se šťáva stále zahušťuje a koncentrace sacharózy se neustále zvyšuje, tak v určitém okamžiku získáváme nasycený roztok. V tomto procesu by se dalo očekávat, že dojde ke krystalizaci žádaného cukru, ale k tomu ovšem nedochází. Sacharóza s vodou má sklon k přesycení roztoků a to znamená, že nekrystalizuje. Tady dojde k naočkování (seed očko) a naočkuje se cukrem (moučkou). Odtud uvařená vykryštalizovaná voda se vypouští do zrníčky tzv. krystalizátorů (refrižrantů). Refrižrant je proces zrní a zde dorůstají krystaly. Odtud je kontrolován proces krystalů, jak dorůstají, jak vypadají a mají tvar. Odtud se jde do odstředivek. Částí odstředivky je buben děrovaný, kde se odstředivou silou separuje cukr od matečného sirobu. Dojde k proplachu (vykrývají vodou párou) Odstředěný čistý krystal je vyhrnován do výsypky, který je ve spodní části bubnu a dotud pokračuje na třasák, který je podobný pásovému dopravníku, a pokračuje na dopravník, který jde na sušárnu (nazváno v bílé zóně). Zde dojde k usušení, ochlazení. Něco se balí hned a něco se dopraví do úložných sil o kapacitě 10.000 t a 50 000 tun.

#### **4.6 Popis odpadních vod vznikajících při výrobě cukru**

Každý cukrovar vyprodukuje několik druhu odpadních vod. Liší se od sebe určitým množstvím organického znečištění, koncentrací, chemickým složením a teplotou. Do výrobního procesu je tato voda je vnášena společně s řepou, která sama obsahuje přibližně 75 % hmotnosti vody. Při definování míst vzniku odpadní vody v technologii cukru se dělí do tří skupin (Tabulka 3):

- ♦ Odpadní vody plavící a prací.
- ♦ Odpadní vody teplené

♦ Odpadní vody řízkové (vody difúzní a řízkolisové)

Okruh	Označení	Původ	Možnost použití
Vody plavící a prací	Čerstvá povrchová voda	Veřejný tok, rybník, umělá vodní nádrž	Přídavná voda do okruhů, praní řepy, hydraulická ukládka řepy, praní kořínků, skládání a plavení řepy
	Plavící a prací voda zbavená hrubých nečistot	Za lapačem hrubých nečistot	Plavení a skládání řepy
	Plavící a prací voda zbavená kořínků	Za lapačem kořínků	Ukládka a praní řepy, plavení a skladování řepy
	Plavící a prací voda	Zbavená hlinitých částic, odtékající z usazováků	Praní řepy, praní kořínků, skládání a plavení řepy, praní CO <sub>2</sub> v lavěru
Vody řízkové	Čerstvá povrchová voda	Veřejný tok atd.	Tlaková voda do difuze
	Řízková voda vyčištěná, upravená	Odtékající z čistírny nebo úpravny řízkových vod	Tlaková voda do difuze, plavení a praní řepy
Vody oteplené	Čerstvá povrchová voda	Veřejný tok atd.	Kondenzace brýdlových par, chlazení strojního zařízení, ucpávek aj.
	Horké kondenzáty	Z odparky, zahříváčů, zmičů	Kotelna, popř. vyslazování kalu a praní plachetek
	Barometrická teplá voda	Z barometrické kondenzace	Kotelna, tlaková voda do difuze, praní řepy
	Barometrická ochlazená voda, chladicí vody oteplené a pak zchlazené	Z chladičů barometrické teplé vody, z chladících zařízení	Skládka a ukládka řepy, kondenzace brýd, praní CO <sub>2</sub> , chlazení strojního zařízení, praní plachetek

Tabulka 3: Roztřídění provozních vod, jejich znovupoužití a vracení (Bretschneider 1980)

Protože voda v produktech a ztráty vody jsou již vybalancované a pokryty vodou z řepy, je produkce nadbytku vody celkem vyrovnána z nadbytku vody původně získané z řepy a k tomu jsou přidány vstupy cizí vody do systému, které měříme, anebo alespoň odhadujeme.

Vstupy cizí vody do systému:

- ♦ Přídavkem čerstvé provozní vody do extraktoru, dnes je obvyklý pro snížení teploty přídavné brýdlové vody. (brýdlové vody jsou kondenzáty)
- ♦ Přídavkem vody z chladicího okruhu do extraktoru
- ♦ Vracení ucpávkové vody šňávních čerpadel do předčeřiče
- ♦ Vykřívání krystalu v odstředivkách pitnou vodou

- ♦ Vrácení pitné vody z mytí odstředivek do výroby
- ♦ Doplnění kotelní vody upravenou cizí vodou

Například přidavkem čerstvé vody do extraktoru 3 % hm. Řepy, vrácení ucpávkové vody šťávních čerpadel taktéž 3 % hm. Řepy a potřeba pitné vody v rafinérii 2 % hm. Řepy je celková produkce přebytku vody:

$$47 + 8 = 55 \% \text{ hmotnostní řepy}$$

Tento celkový přebytek vody má konečnou podobu kondenzátu.

Okruh chladících vod je doplňován, respektive je proplachován kondenzáty, které jsou do něj přiváděny. Z okruhu chladících vod bývá nevratně odebírána voda do posledního oddílu řepné pračky. Přebytečná voda z okruhu chladících vod je dnes odváděna přes vyrovnávací nádrže (sedimentační cukrovarnické rybníky) případně do biologické čistírny pod názvem kondenzát, respektive jejich část.

## 4.7. Způsoby čištění odpadních vod z výroby cukru

Moderní cukrovar odebírá provozní vodu zejména před kampaní na naplnění cirkulačních okruhů. V kampani odebírá nejen velmi málo provozní vody jako přidavnou vodu pro extraktor, do úpravy kotelní vody a podobně. Při vysoké sušině lisovaných řízků lze vystačit s vodou z řepy, bez odběru čerstvé vody. S doplňováním cirkulačních okruhů čerstvou vodou se dnes už nepočítá, jsou doplňovány kondenzáty.

### 4.7.1 Charakter znečišťující látek

#### Stanovení organických látek v odpadních vodách

U většiny odpadních vod je pestrá směs o obsahu různých organických látek. Mezi skupinové stanovení, patří i tyto metody: Metoda chemické oxidace se nazývá chemická spotřeba kyslíku (CHSK) a metoda biochemické oxidace se nazývá biochemická spotřeba kyslíku (BSK) (Bartman et Bllance, 1996).

Ideální metodou pro stanovení **CHSK**, při které by všechny organické látky z oxidovaly na 100 %. Je potřeba vypočítat teoretické spotřeby kyslíku (TSK) v gramech potřebné k úplné oxidaci jednoho gramu dané látky. V CHSK jsou organické látky biologicky rozložitelné i nerozložitelné. Pomalu se rozkládající látky, které mohou být rozkládány pouze mikroorganismy pomalu rostoucími, dlouhými

generačními dobami. Cukry, aminocukry, aminokyseliny, alifatické alkoholy, aldehydy a kyseliny jsou snadno biologicky rozložitelné. Dichromanová metoda většinu organických látek oxiduje na 90 až 100 %, kde některé dusíkaté báze se však oxidují pomalu, tzn. že se z oxidují jenom částečně. Sloučeniny methylaminy a ethylaminy oxidují dobře v alkalickém prostředí s manganistanem. Sloučeniny heterocyklické obsahují dva a více atomů dusíku a rovněž oxidují velmi dobře. Část dusíku se odštěpuje jako  $\text{NH}_3$  a zbytek se odštěpuje v plynné formě. Většina sloučenin obsahující síru v molekule se oxiduje velmi dobře. Oxidace síry je za standardních podmínek dichromanové metody až na  $\text{SO}_3$ . Pro stanovení kyslíku v některých průmyslových odpadních vodách a u všech povrchových i pitných vodách se používají metody Kubelovy, které jsou založené na oxidaci manganistanem  $\text{CHSK}_{\text{Mn}}$  a jsou to 6 krát, menší hodnoty než u  $\text{CHSK}_{\text{Cr}}$  v přírodních vodách (Helmers a kol. 1952)

Další metodou pro stanovení je **BSK**, při kterém množství kyslíku spotřebovaného v mikroorganismy pro rozklad organických látek za aerobních podmínek a je tedy mírou obsahu pouze látek biologicky rozložitelných. (Chdudoba 1991). Oxidace vzniklých nových látek a bílkovin v buňkách probíhá stanovením BSK při standardní metodě 10 až 20 dní. Použitelnost metody v praktické době je příliš dlouhá, a proto se používá kratší doba 5 dní. Pěti denní inkubace byla navržena v Anglii, protože tato doba představuje maximální dobu zdržení vody v anglických řekách. (McKinney 1962). Nejčastější příčinou že systém nenitrifikuje z technologických parametrů je, že je nízké: stáří kalu, koncentrace rozpuštěného kyslíku i nízká teplota. Nitrifikace vyžaduje vysoké stáří směsné kultury či vysoké koncentrace biomasy (těla ze všech organismů, rostlin, sinic, bakterií, hub i živočichů) v nádrži, kde dochází k delší době zdržení pro větší prostory aktivační nádrže. Stanovením při **BSK<sub>5</sub>** je nutné potlačit nitrifikaci z důvodu při stanovení v odpadní vodě přitékající na biologické čištění. Nedochozí k nitrifikaci z důvodu, že na přítoku není zahrnutý kyslík na oxidaci amoniakálního dusíku, nelze jej ani zahrnout do hodnot na odtoku. Potom dostávají zcela zkreslené údaje o účinnosti biologického čištění. Vždy je potřeba posuzovat kvalitu odtoků a účinnosti čištění zvlášť pro spotřebu kyslíku na oxidaci organických látek na oxidaci amoniakálního dusíku (Helmers a kol. 1952).

Rozbor odpadních vod je hlavním úkolem správně určit velikost organického znečištění dané odpadní vody.  $\text{CHSK}$ ,  $\text{BSK}_5$ , významnou roli hraje i pH a

neutralizační kapacita (NK). V průmyslových odpadních vodách je vždy nutno zjistit obsah dusíku a fosforu, protože jejich přítomnost je pro biologické čištění vod nezbytná. Udává se poměrem  $BSK_5:N:P = 100:5:1$  (Helmers a kol. 1952)

*Charakter požadavků procesu znečištění:*

- proces musí být účinný
- proces by neměl být příliš náročná na spotřebu energie
- proces by měl být ekonomicky přijatelný
- do procesu čištěné odpaní vody by neměli být vnášeny další znečišťující látky

#### **4.7.2 Hlavní znečišťující látky**

##### **Separace nerozpuštěných látek z pracích vod před aerobním stupněm TV**

Problém s dávkováním potřebné CHSKf se zhruba od poloviny kampaní komplikuje obsahem neusaditelných suspendovaných látek, které se do plavicí vody dostávají zřejmě z pletiv řepných bulv při praní řepy. Tyto suspendované látky, které jsou z 60-80-ti % organického původu jsou koloidního charakteru a vzhledem k jejich míře ani není možné jejich vychytávání do vloček aktivovaného kalu. Instalovaná usazovací nádrž má za úkol separovat NL obsažené v plavicí vodě před jejím dávkováním do aerobie. Za účelem srážení koloidních částic se do nátoky na dekantér mohou dávkovat čířící činidla jako organický koagulant, Fe ve formě Preflocu (síranu železitého) a organický polyflokulant, popřípadě jiné potřebné chemické látky. Usazovací nádrž je situována nad kalovou nádrží technologických vod. Do této sedimentace je přivedena plavicí voda v množství cca 10 m<sup>3</sup>/hod. Plošné zatížení této nádrže je 0,77 m<sup>3</sup>/m<sup>2</sup>.hod. Sedimenty jsou gravitačně odváděny na sedimentační rybníky přes průtokoměr a jsou regulovány pneušoupětem. Odsazená a kalů zbavená surová plavicí voda gravitačně přepadá pomocí sběrných hřebenů sedimentační nádrže do selektorů aerobního čištění, kde slouží ke svému účelu, tj. jako zdroj uhlíku při následné denitrifikaci dusičnanů (Dombrowski a kol. 2007).

#### **4.7.3 Způsoby čištění využívané v cukrovaru v Českém Meziříčím**

Znečišťování vody lze definovat změnou vlastností vody chemických, fyzikálních a biologických. Omezuje či znemožňuje její použití k danému účelu.



Chceme-li odpadní vodu zbavit všeho znečištěného nebo alespoň většiny látek, musíme obvykle zařadit za sebou několik zcela rozdílných procesů (Chudoba 1991).

Procesy čištění odpadních vod a jejich skupiny znečišťujících látek:

Mechanické procesy – cezení (česle), usazování (usazovací nádrže), centrifugace (centrifugy), flotace (flotační nádrže), filtrace (pískové filtry, síta).

Fyzikálně-chemické a chemické procesy – číření (koagulace a srážení), neutralizace, oxidace a redukce, sorpční procesy (aktivní uhlí aj.), procesy založené na výměně iontů, extrakce (např. fenol), odpařování, spalování (silně koncentrační odpadní vody), vyvážení (například  $\text{NH}_3$ ).

Biologické procesy aerobní – biologické filtry, aktivační proces, stabilizační nádrže a laguny.

Biologické procesy anaerobní – metanizace (kyselé a methanové kvašení)

Následující proces musí být schopný co efektivněji odstranit zbývající znečištění, který předchází proces již není schopen odstranit. Anaerobně stabilizovaný kal (vyhnílý) je cenným produktem čistírny. Je to černá hmota páchnoucí slabě po dehtu. Černé zbarvení způsobují siričky těžkých kovů (Chudoba 1991)

*Aktivační kal aerobii čov:*

Aktivovaný kal je ze dna nádrže shrabován pomocí shrabovacího zařízení dna dosazovací nádrže. Kal je shrabován na odtokovou stranu nádrže, odkud je sifonovým systémem nasáván do žlabu vratného kalu. Ve žlabu je instalováno jedno čerpadlo vratného kalu a k němu je dodána skladová rezerva. Vratný kal je přečerpáván alternativně dle provozního stavu do regenerační nádrže nebo do selektoru. Zároveň je z potrubní trasy vratného kalu vedena odbočka přebytečného kalu do kalové nádrže technologických vod. Plovoucí kal z hladiny dosazovací nádrže je stírán pomocí stíracího zařízení hladiny dosazovací nádrže do naklopeného žlabu plovoucích nečistot. Z naklopeného žlabu plovoucí kal natéká do čerpací jímky plovoucích nečistot. V čerpací jímce plovoucích nečistot je instalováno čerpadlo plovoucích nečistot, které přečerpává plovoucí kal do selektoru. Hladina v jímce je měřena a dle zadaných výšek je spínáno čerpadlo. V regenerační nádrži je provzdušňován vratný kal bez přísunu znečištění. Nádrž slouží pro vyčerpání zásobních látek z aktivovaného kalu a obnovení jeho vysoké aktivity. Nádrž je

provzdušňována pomocí jemno-bublinného aeračního systému. Množství vzduchu do regenerace je regulováno klapkou s elektropohonem na zadanou hodnotu obsahu kyslíku v nádrži. Obsah rozpuštěného kyslíku v regenerační nádrži je měřen kyslíkovou sondou. Regenerovaný kal gravitačně odtéká do selektoru, kde dochází ke kontaktu s odpadní vodou. V době mimo kampaň je v případě potřeby regenerační nádrž vyřazena z provozu a vratný kal z dosazovací nádrže je veden přímo do selektoru. (ČOV České Meziříčí 2013, International 2014)

#### **4.7.4 Dávkování chemikálií**

Pro způsoby čištění odpadní vody z výroby se provádí za pomoci dávkování chemikálií:

##### **NaOH (hydroxid sodný 50 % koncentrace roztoku)**

Používá se pro úpravu pH surové plavící vody před vstupem do anaerobního reaktoru a pro chemické čištění výměníků. (50 % roztok NaOH má bod tuhnutí +12 °C). Pro dávkování do IC reaktoru je použita sestava dávkovacího čerpadla NaOH s blokovacím plovákem. Ovládání čerpadla je na základě měření pH v anaerobním reaktoru (ČOV České Meziříčí 2013)

##### **H<sub>3</sub>PO<sub>4</sub> (kyseliny fosforečná 75 % koncentrace roztoku)**

Je používána jako zdroj fosforu pro biologický proces v anaerobním reaktoru a aerobní části TV, protože plavící odpadní voda je deficitní na fosfor. (Dahlan a kol. 2013). Jedno dávkovací místo je potrubí na vstupu do anaerobního reaktoru a druhé do aerobní části TV. Ovládání čerpadel je na základě průtoku odpadní vody a zvolené dávky. Dalším použitím kyseliny fosforečné je kyselé chemické čištění tepelného výměníku (Holba 2011, MM Průmyslové spektrum 2001).

##### **Odpěňovač**

Slouží pro potlačení tvorby pěny v anaerobním reaktoru. Dávkovací místo je na potrubí na vstupu do anaerobního reaktoru. Ovládání čerpadla je na základě průtoku odpadní vody na vstupu do anaerobního reaktoru a zvolené dávky.

##### **Preflok (síran železitý 41 % koncentrace roztoku)**

Slouží pro odstraňování zvýšené koncentrace fosforu z odpadní vody, pro podporu sedimentace aktivovaného kalu a zároveň jako pomocné srážedlo koloidních částic. Dávkovací místa jsou dvě nitrifikační nádrže aerobního stupně pro

technologické vody a nitrifikační nádrž aerobního stupně pro splaškové vody (ČOV České Meziříčí 2013).

### **Organický polyflokulant**

Organický polyflokulant je dodáván v sypké formě. Roztok je připravován na automatické stanici umístěné v záchytné vaně u výměníků. Roztok je dávkován před dosazovací nádrž technologické vody pro podporu flokulace aktivovaného kalu a pro vychytávání koloidních částic nesených plavící vodou.

Roztok je také přidáván do nátoky plavících vod před usazovací nádrž, za účelem zlepšit separaci NL z plavících vod, které dále slouží jako substrát v aktivaci TV (ČOV České Meziříčí 2013).

## 5. Charakteristika studijního území

### 5.1 Popis zájmové lokality České Meziříčí

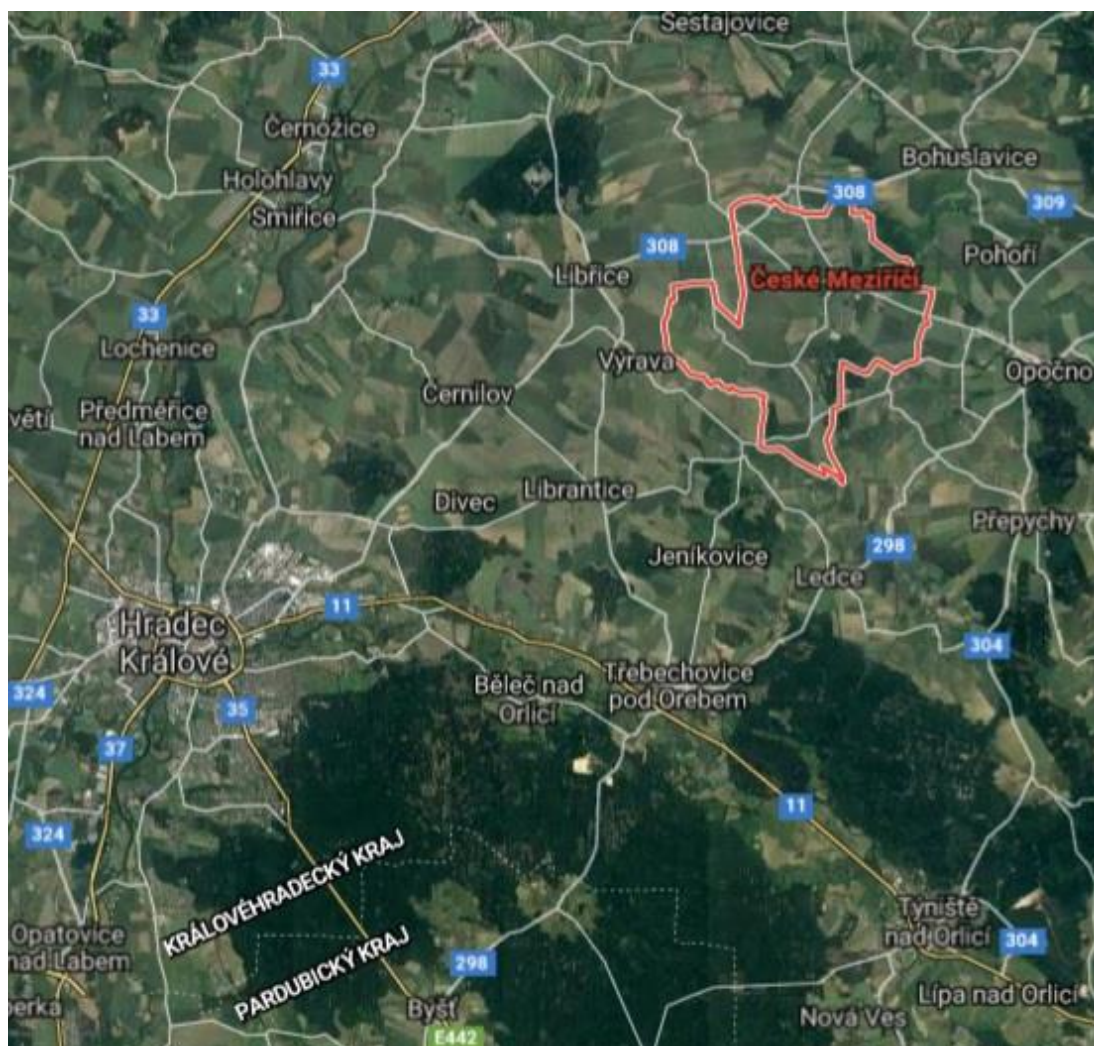
Lokalita obce Českého Meziříčí se nachází územně v Královéhradeckém kraji v okrese Rychnov nad Kněžnou, v nadmořské výšce 254 m n. m. Celková katastrální plocha obce je 2 191 ha. Z geografické polohy mezi řekami Labem, Metují a Orlicí, pochází název obce. Zlatý potok nese po proudu jméno Dědina a sama obec leží na Zlatém potoku. Založení současné obce bylo koncem 13 století. První písemné zmínky přicházejí již ze 14. století. Osídlení této obce je přibližně počet obyvatel cca 1886 (k 31.12.2018). Řadí se do kategorie obec s rozšířenou působností.

Nalezneme také v Českém Meziříčí několik mísitelných architektonických stylů zástavby. Mezi ně patří farní Kostel svaté Kateřiny, který stojí zhruba uprostřed obce a její dominantou. Kostel byl v obci postaven zřejmě kolem roku 1300, který v té době byl dřevěný. V roce 1748 starý dřevěný kostel se stal hrozící již ke spadnutí, proto byl Rudolfem hrabětem Colloredem postaven nový. Novostavba byla posvěcena 25. listopadu 1752. Barokní kostel patří k nejkrásnějším stavbám v kraji venkovské církevní architektury a byl opraven v roce 1971. Dále mezi vzácné barokní dílo patří i socha Immaculata (P. Marie) od nejvýznamnějšího sochaře z východních Čech žáka M Brauna Františka Pacáka z roku 1749. Dříve stála nedaleko mostu přes Dědinu, nyní je přemístěna na starý hřbitov, kde je doplňující ozdobou česko-meziříčského kostela. Poslední historickou památkou je socha sv. Jana Nepomuckého. Tuto sochu lze spatřit naproti obecnímu úřadu, kde dotváří historický střed obce. V roce 1864 byla zhotovena kameníkem Martinem Ježkem. Obec je rodištěm spousty významných osobností. Mezi ně patřil například sedlák Jakub Němeček, jehož dům je dodnes zachován, královéhradecký biskup Karel Otčenášek, a další. (obec České Meziříčí 2019).

Předškoláci mohou chodit v obci do mateřské školky i základní školy. K dispozici volného času je využití multifunkční hřiště a další občanské vybavenosti a patří jsem veřejná knihovna, poštovní úřad a zdravotnické zařízení např.: zubní a praktický lékař, dětská ordinace, veterinární lékař a lékárna. Obec také poskytuje sociální služby pro starší občany mají zřízený dům s pečovatelskou službou. K aktivitám občanů ke kultuře patří kino a další kulturní akce během roku, které jsou vyvěšeny na úřední desce. Místní obyvatelé mají 4 spolky-důchodci od Dědiny,

myslivecké sdružení, sbor dobrovolných hasičů a český svaz včelařů. (obec České Meziříčí 2019).

V Českém Meziříčí je přibližně 15 podnikatelských subjektů. Nejvíce významné patří ZEMSPOL je ryze česká zemědělská akciová společnost, TEREOS TTD, a. s. Cukrovar Českého Meziříčí, která je mou zájmovou lokalitou a hlavním cílem mé diplomové práci.



Obr. 23: Mapa zdroj Google map (zdroj: vlastní, 2019)

### 5.1.1 Historie cukrovaru

Vznik cukrovaru se datuje 5 února roku 1871, kdy došlo k určení místa pro stavbu nynějšího závodu s tehdejší názvem akciové společnosti, Společný rolnický cukrovar v Meziříčí. Bylo to na pozemcích tehdejšího hostinského Jana Hofmana čp. 92. Stavbu cukrovaru provedl Ing. Huška stavitel Blecha bez velkých úrazů, jak hovoří kronika Českého Meziříčí. 8. prosince 1871 došlo pro dokončení výstavby k vysvěcení nového závodu. První kampaň cukrovaru, započala dnem 18 prosince

1871 a trvala do 15. února 1872. Při výrobě vlivem nedokonalého zařízení a špatné technologie docházelo k velikým ztrátám a hotové výrobky se značně prodražovali. V roce 1879 docházelo k dalším koupi pozemků a rozšíření nynějšího cukrovaru, a to nejen po stránce stavební, ale bylo zlepšováno technologické i strojní zařízení. Na tohle se již nedostávalo akcionářům finančních prostředků a správa cukrovarů byla donucena vzít si bankovní úvěr (tím se cukrovar dostává do závislosti na bankovním úvěru). Kvůli problémům na finančním trhu a poklesu ceny cukru se cukrovar dostal do konkurzu a došlo k prodeji. Cukrovar v konkurzu v roce 1885 byl zakoupen vídeňskou firmou Nathan Hellman v majetku rodin Bondyů a Hellmannů za 160 000 zlatých, přestože jeho cena byla daleko vyšší. Majitel Oskar Bondy meziříčský cukrovar přivedl k nepochybnému rozvoji a udělal z malého cukrovaru, silného a nepřijemného velkého konkurenta všem okolním závodům, ale slibný vývoj byl přerušen (Cukrovary TTD 2016). V nočních hodinách mezi 29 a 30 březnem 1915 dochází k ničivému požáru závodu. Oheň vznikl v prostorách sušárny, kde se v blesku rychle rozšířil na celou hlavní budovu. Oheň zničil veškeré tovární zařízení a za oběť mu padlo 120 vagónů cukru. Vysokým žářem došlo k roztavení litých nosných sloupů a k propadnutí stropů. Požárem byla ohrožena i samotná obec. Vzhledem k tomu, že silný vítr strhával lepenku se střechou a zanášel jí velmi daleko do okolí. V krátkém čase od požáru bylo přistoupeno k obnově závodu. Obnova trvala jeden rok a práce započala 25.4.1916. Tohoto roku docházelo ke snižování mezd, kdy za 12 hodinovou práci řezaček bylo placeno zaměstnancům 1,20 K. Dne 17 listopadu byla zastavena práce a došlo ke stávce ze strany dělníků. Tehdejší majitel Bondy sice málo mzdy zvýšil, ale ty, kteří stávky vedli, tak propustil. V období první republiky docházelo ke střídání krizového období, kde tyto výkyvy pocítily jak pracující lidé, tak malí i střední zemědělci. V cukrovarech došlo ke snižování počtu pracovníků a ke snižování i odpracované pracovní doby (35 hod za /1 týden). V zemědělství došlo ke snížení nákupní ceny řepy, která byla nucena určena kapitalistou. V tomto období nebylo mnoho prostředků na modernizaci cukrovaru. Nevěnoval se k odstraňování těžkých a namáhaných prací, protože kapitalistovi šlo o dosažení maximálního zisku. Lidská pracovní síla byla pro společnost o dost výrazně lacinější, než investovat do pokrokovější techniky a mít dokonalejší mechanické stroje. Poznamenan v trpké paměti občanů je zlý pojem Mnichov v roce 1938 (České Meziříčí 1986).

V roce 1939 zaznamenal nástup fašismu a odchod Oskara Bondyho do zahraničí, jenž rok předtím dohodl převzetí rodinné firmy akciovou společností, Středočeský cukerní průmysl". Kde neodmyslitelně s tím souvisí koncentrační tábory a lidská důstojnost byla opovrhovaným přežitkem. Vše mělo být obětováno ke zrození: „Nové Evropy"- tisícileté říši. V průběhu 6leté fašistické nadvlády to ve společnosti zanechalo hluboké rány. V celém národním hospodářství i na úseku cukrovarnického průmyslu byly poznamenané škody a s ním zármutek. Závod tím utrpěl v opotřebování technologie a strojního zařízení. Radostná zpráva 5.5.1945 okolo poledních hodin o skončení nacistické okupace. Pražské povstání, tak jako dříve Slovenské národní povstání bylo signálem k vyhnání okupantů a zrádců, kteří odmítali se vzdát své kořisti. Dokazovalo se to ještě 7-8. května, kdy se prováděli represivní akce v širokém okolí. Definitivní konec bylo 9. května Den osvobození. Vedle slavných Sovětských vojáků, po jejich boku byla naše armáda včele se soudruhem Svobodou. Po těžkých bojích s velkými ztráty při vítězství přinesly svobodu našim národům. Došlo ke znárodnění průmyslu a k aktivitě budování u všech společností. Nastává i pro náš závod nová éra jistoty. V období 31 let došlo k investičním akcím do nové technologie a strojního zařízení, kde došlo k přebudování kotelny, výstavbě skladu cukru, postavena nová epurační stanice včetně vakuové filtrace a výstřelu saturačních kalů. (Cukrovar 2019) Další etapou bylo vstup francouzského kapitálu, dnes pod značkou Tereos a.s. s Dobrovickou společností, kde pokračovalo ke zlepšování z pohledu technologie i řízení celého provozu. V souvislosti ČR se vstupem do EU došlo v roce 2004 v Meziříčí přichází výstavba nové vápenky, chladicí věže, zprovoznění nového kotle. Vybudování bylo veliké a rozsáhlé vodního hospodářství, protože slouží jako zásobárna vody vodního toku pro Hradec Králové. V roce 2009 v jihovýchodní části areálu byla postavena lisovna řízků společně se sušárnou (Cukrovar 2019)

## **5.2 Současný stav cukrovaru**

Zpracovatelská kapacita cukrovaru v roce 1995 byla pouze denně 1400 tun řepy. Po vstupu cukrovaru v roce 1997 do společnosti lihovary a cukrovaru TTD, a.s. došlo k modernizaci provozu a zásadnímu navýšení zpracování a od této doby se navyšovalo každoročně její zpracovatelské kapacity. Z pohledu energetiky s nízkými

náklady na výrobu po kampani 2007/08 přivedly cukrovar v Českém Meziříčí k charakteristice spolehlivého závodu v rámci celoevropské skupiny Tereos.

Cukrovarnické kampaně, které trvají přibližně 90 až 100 dní, cukrovar v českém Meziříčí zpracovává orientačně 7000 tun cukrové řepy denně a vyrobí se z ní 70 000 tun cukru což je odhadem více než 25 000 tun pelet ročně. V kampani 2007/2008 byla překonána hranice cca půlmiliónu tun řepy a za 3 roky v kampani 2011/12 bylo zpracováno v historii řepy největší množství a to přes 950 tisíc tun. Změnilo se skutečně všechno a stav závodu v současné době je po provedených změnách již nesrovnatelný s minulostí. Spolu s cukrovarem a Dobrovským závodem je podřízen standardním certifikovaným postupem sledování i vylepšování její kvality výroby. Umožňují proto dosahované výsledky prodávat nejnáročnějším zákazníkům v zahraničí a v tuzemsku meziříčský cukr (Cukrovary TTD 2006). V předposlední kampani 2011/12 v cukrovaru Českého Meziříčí byla největší investice výstavby odpopílkovacího zařízení pro kotelnu a včetně jejího nového zásobníku na popílek.

Investice cukrovaru do budoucna splňuje podmínky emisních norem pro provoz kotlů. Po roce 2016 pro provoz kotlů se zavedla nová emisní norma z hlediska znečišťujících tuhých látek do ovzduší. Další investicí v cukrovaru byla v závodě bílé zóně výstavba třídíče cukru, natahovacích nádrží na varně, proběhla i nová investice instalace řídicího systému varny, rekonstrukce ochrany generátoru, a dalšího. Cukrovar má v provozu ČOV a ICC reaktor, který se využívá pro nakládání průmyslové odpadní vody a jejího využívání do plavící a prací vody v cukrovaru. Také se vypouštění zpět do místních lagun nebo se přečištěná neboli vyčištěná voda vypouští do Zlatého potoku.



Obr. 24: Sedimentační cukrovarnické rybníky (Laguny) (zdroj: vlastní, 2019)

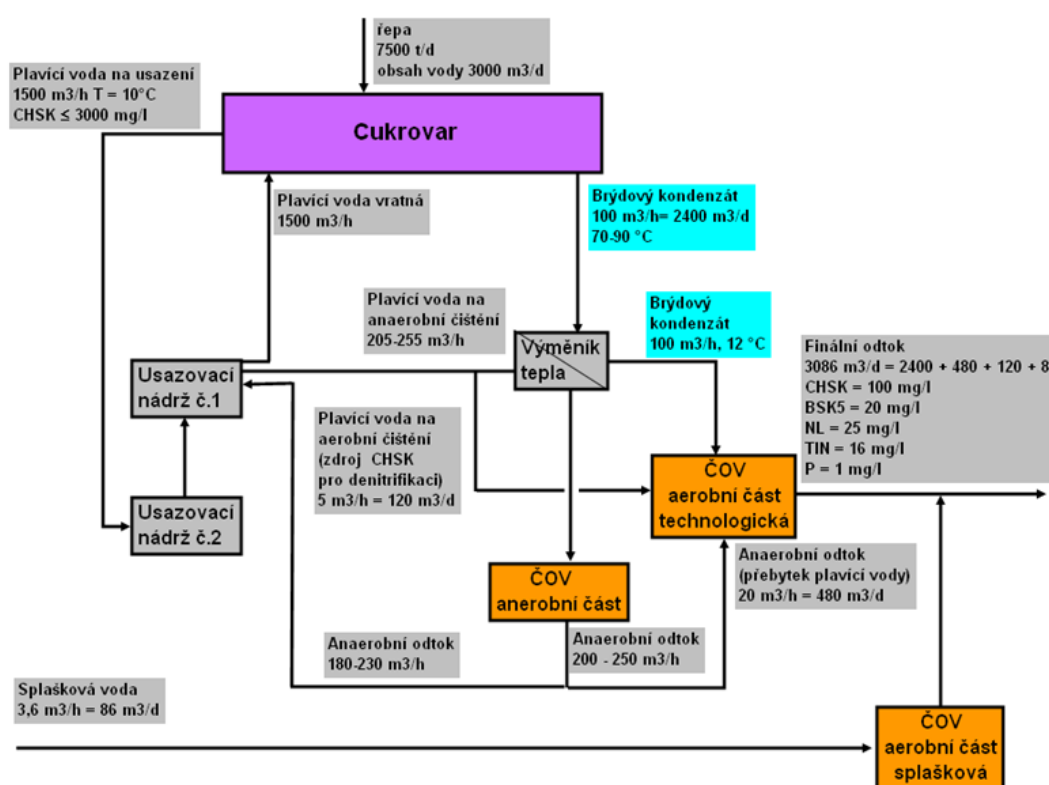
Každoroční provoz v cca 4 měsíční kampani - řepa tam a cukr ven - je velkým vyvrcholením celoročních příprav zařízení pro celé široké okolí a pro všechny zaměstnance v cukrovaru v Českém Meziříčí. Cukrovar se snaží rok, co rok



zainvestovat do nových strojů i technologie zařízení, systémů pro ulehčení ukládání dat, ale také do vzdělání svých zaměstnanců. V letošním roce proběhl pro zaměstnance vzdělávací den Safety day.

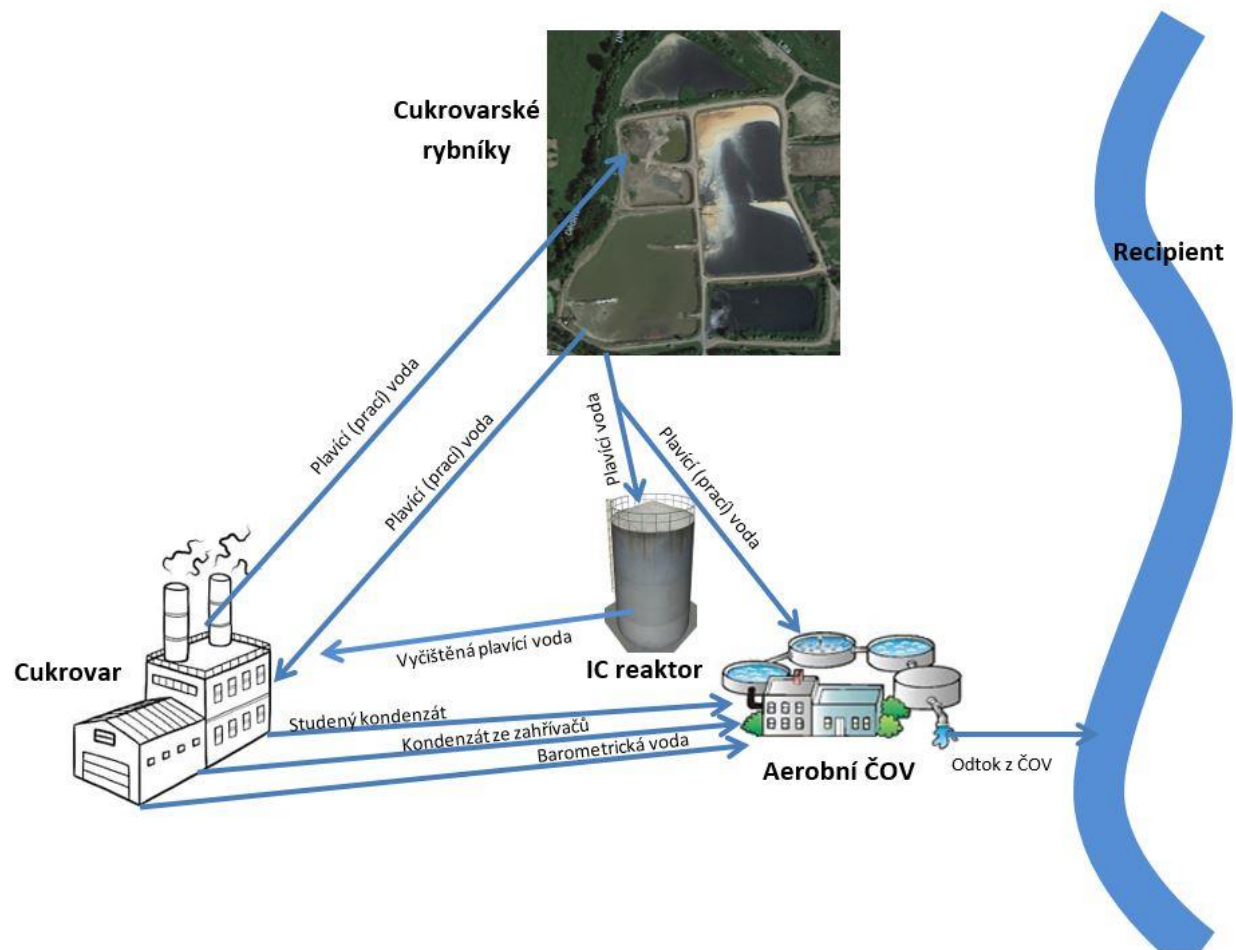
### 5.3 Popis technologie čištění odpadních vod v cukrovaru České Meziříčí

Čištění odpadních vod probíhá podle následujícího schématu (viz. Obr.:26, 27) vodních okruhů.



Obr. 25: Schéma vodních okruhů a anaerobním/aerobním čištění v cukrovaru České Meziříčí (zdroj: ČOV České Meziříčí, 2019)





Obr. 26: Schéma vod cukrovaru (zdroj: vlastní, 2019)



## 5.4 Popis technologie vody anaerobní a aerobní ČOV

### *Nátok plavících vod:*

Plavící vody jsou na ČOV čerpány novými čerpadly plavících vod (v počtu 2 ks), která jsou umístěna ve stávající čerpací stanici plavících vod vedle stávajících čerpadel vratné plavící vody. Plavící vody jsou po průtoku sedimentačními nádržemi a stávajícími česly na vstupu do čerpací stanice zbaveny mechanických nečistot. Jedno čerpadlo je pracovní, druhé záložní, čerpadla se v chodu automaticky střídají. Čerpadla jsou ovládána frekvenčním měničem podle zadaného konstantního průtoku. Výtlačné potrubí je vedeno po potrubním mostě. Na potrubní trase před výměníkem je umístěn průtokoměr (Bubník 1988).

### *Ohřev plavících vod:*

Průměrná teplota plavících vod je 10 °C, což je teplota pro následující anaerobní stupeň čištění nízká, a proto jsou plavící vody ohřívány na teplotu 30-38 °C odpadním teplem barometrické vody a brýdového kondenzátu. *Brýdové kondenzáty* jsou jedním z proudů odpadních vod, které jsou čištěny na aerobní části ČOV technologických vod. *Barometrické vody* jsou v uzavřeném okruhu vráceny zpět do procesu cukrovaru nebo částečně zpracovány na ČOV podobně jako brýdové kondenzáty. Teplota brýdových kondenzátů dosahuje průměrně 80 °C v rozsahu 65-90 °C, teplota barometrické vody je 45-50 °C. Ohřev plavících vod je zajištěn pomocí dvou deskových výměníků zapojených sériově. První výměník je ohříván barometrickou vodou, druhý brýdovým kondenzátem. Přenos tepla z barometrické vody a brýdových kondenzátů do plavících vod je zajištěn pomocí deskového výměníku tepla. Sestava tepelných výměníků je navržena tak, že zajišťuje ohřev plavící vody jak při normálním provozním režimu, tak i při mezních provozních stavech, kdy jsou v souběhu teploty všech medií na nejnižší úrovni. Vždy je dosažen ohřev plavící vody na cca 36°C. Mezní stav je teplota plavících vod 5 °C, barometrické vody 45 °C a brýdového kondenzátu 65 °C (Artsupho a kol, 2016)

Před a za výměníky je měřen tlak a teplota protékajícího média a z údajů těchto měření je vyhodnocován stupeň zanesení výměníků. Při nárůstu diferenčního tlaku je automaticky proveden zpětný proplach. Výměníky je možné čistit i chemicky pomocí CIP stanice. Čištění probíhá na straně plavících vod. Je možné čistit jednak s alkalickým čištěním za účelem odstranění biologického nárůstu, ale

také kyselým čištěním za účelem odstranění krusty a usazenin. CIP stanice je instalována v těsné blízkosti výměníků ve společné odkapové vaně. Odvod z vany je přes podlahovou vpust' do kanalizace ústící do čerpací jímky TV. CIP stanice je sestavena ze zásobní nádrže, vybavené ohřevem elektrickými topnými tělesy, měřením hladiny, teploty a pH, dále z cirkulačního čerpadla a potrubních rozvodů. Čistící chemikálie jsou umístěny v zásobních IBC kontejnerech ve skladu chemikálií a do zásobní nádrže jsou čerpány dávkovacími čerpadly o výkonu cca 80 l/h (pro NaOH a pro kyselinu). K chemickému čištění je přistoupeno na základě zjištění poklesu účinnosti přenosu tepla nebo k nárůstu tlakové ztráty výměníku i přes opakované provedení zpětného proplachu. Zároveň může být zahájeno jako preventivní čištění po určité časové periodě. Na základě dosavadního provozu bylo zjištěno, že CIPování výměníků je dostačující až po kampani. V době odstávky jednoho z výměníků při jejich čištění je po tuto dobu průtok plavících vod omezen tak, aby teplota v IC reaktoru nepoklesla pod stanovenou mez ( Lettinga 1995)

#### *Přívod brýdových kondenzátů:*

Brýdové kondenzáty (zkratka BK) jsou čerpány čerpadlem do akumulární nádrže brýdových kondenzátů. Na ČOV jsou brýdové kondenzáty přivedeny odbočkou ze stávajícího výtlačného potrubí brýdových kondenzátů. Potrubní trasa přívodu na ČOV je vedena pod zemí. Na odbočce i na stávajícím výtlačném potrubí za odbočkou jsou instalovány klapky s elektropohonem. Čerpadlo BK v provozu cukrovaru je trvale v chodu a řízení přívodu brýdového kondenzátu na ČOV je pomocí zmíněných armatur. Průtok BK na ČOV je řízen dle výstupní teploty plavící vody za výměníkem a dále dle obsahu dusíku tak, aby nebyla překročena látková kapacita aerobní části na dusík. Přebytek BK je veden do akumulární nádrže BK, kde dojde jeho ochlazení. Studený BK je čerpán na ČOV do aerobní části TV pomocí čerpadla BK v akumulární nádrži BK. Toto čerpadlo je v chodu trvale, je zapínáno ručně a průtok studeného BK je řízen pomocí šoupěte s elektropohonem v množství takovém, aby byl vyrovnán nátok BK na ČOV (součet teplého a studeného) a aby nebyla překročena látková kapacita aerobního stupně na dusík. Stávající trasy BK nejsou izolovány, vždy je zaručen minimální průtok nebo vyprázdnění potrubí.

#### *Přívod barometrických vod:*

Barometrické vody (zkratka BV) jsou čerpány čerpadlem o průtoku 250 m<sup>3</sup>/h. Potrubní trasou po potrubním mostě na ČOV na první deskový výměník. Po

průchodu výměníkem se BV vrací zpět do provozu cukrovaru potrubní trasou nebo jsou částečně zpracovány na ČOV podobně jako brýdové kondenzáty.

*Přívod splaškových vod (SV):*

Dochází k odstraňování dusíku pomocí procesů biologické nitrifikace a do aerobního stupně splaškových vod jsou přiváděny následující proudy odpadních vod. Splašková voda z areálu cukrovaru (přiváděna ze stávající čerpací stanice splaškových vod a dalších 4 nových čerpacích stanic) (Hrdlička 2014).

*Přívod plynového hospodářství*

Bioplyn je produktem anaerobního biologického čištění z anaerobního reaktoru se bioplyn odvádí potrubím do plynojemu, který slouží pro vyrovnání krátkodobých výkyvů v tlaku a produkci bioplynu. Bioplyn je z anaerobního reaktoru odváděn pod přetlakem 2 - 3 kPa. Z plynojemu je bioplyn veden do dmychárny bioplynu, která slouží na zvýšení tlaku bioplynu před jeho finálním využitím v sušárně rýzků (Lettinga 1995).

V případě provozních problémů na zařízení využití bioplynu je bioplyn bezpečně likvidován spalováním na uzavřené spalovací pochodni (fléře).

## 6. Výsledky

Účinnost technologie anaerobního a aerobního ČOV v Českém Meziříčí byla vyhodnocena na základě koncentrací jednotlivých parametrů na přítoku a odtoku. Použitá data mi poskytl provoz cukrovar TEREOS TTD, a.s. v Českém Meziříčí pro potřebu mé práce.

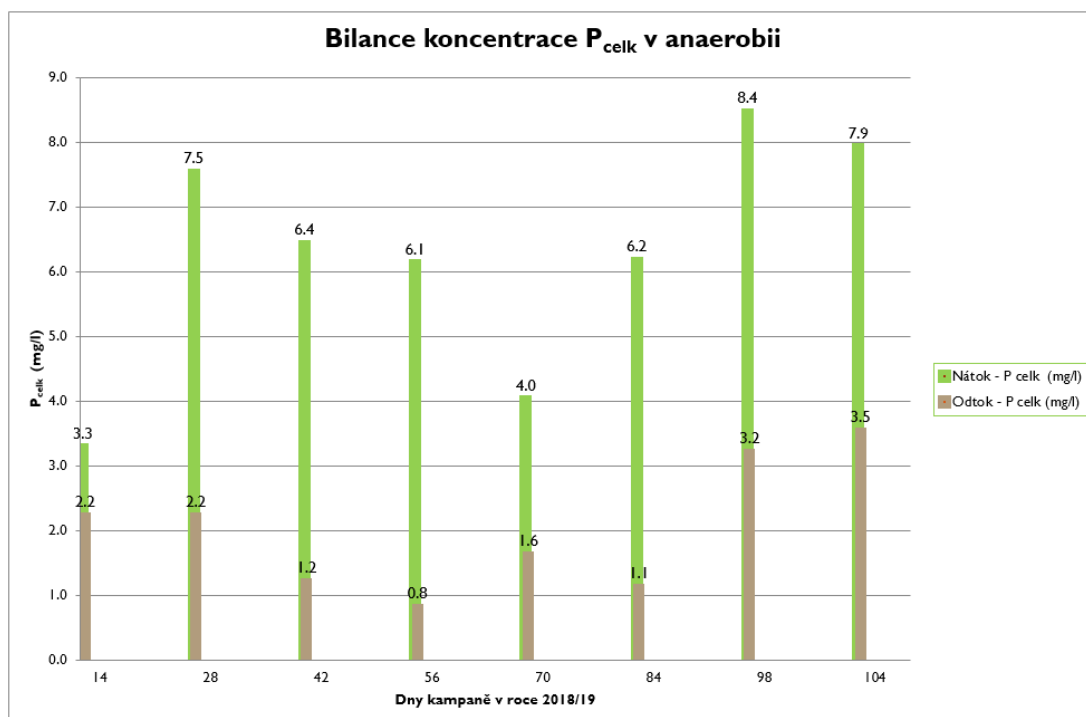
Kvalitu odpadních vod vypouštěných v průběhu řepné kampaně roku 2018/19 jsem porovnávala s limitními hodnotami, stanovenými v platném rozhodnutí průměrné přístupných hodnot koncentrace znečištění pro odpadní vody z výroby cukru (nařízení vlády č. 405/2015 Sb.). Každý parametr znečištění je porovnáván zvlášť, pro který platí dané hodnoty.

*V průběhu řepné kampaně* (jsou sledovány všechny látky a ukazatele dle tabulky viz. (Tab.1) se překročení povolených hodnot „p“ maximálně do výše hodnot „m“ připouští nejvýše ve 3 výsledcích rozboru v období kalendářního roku. Maximálně přípustná hodnota koncentrace „m“ nesmí být překročena.

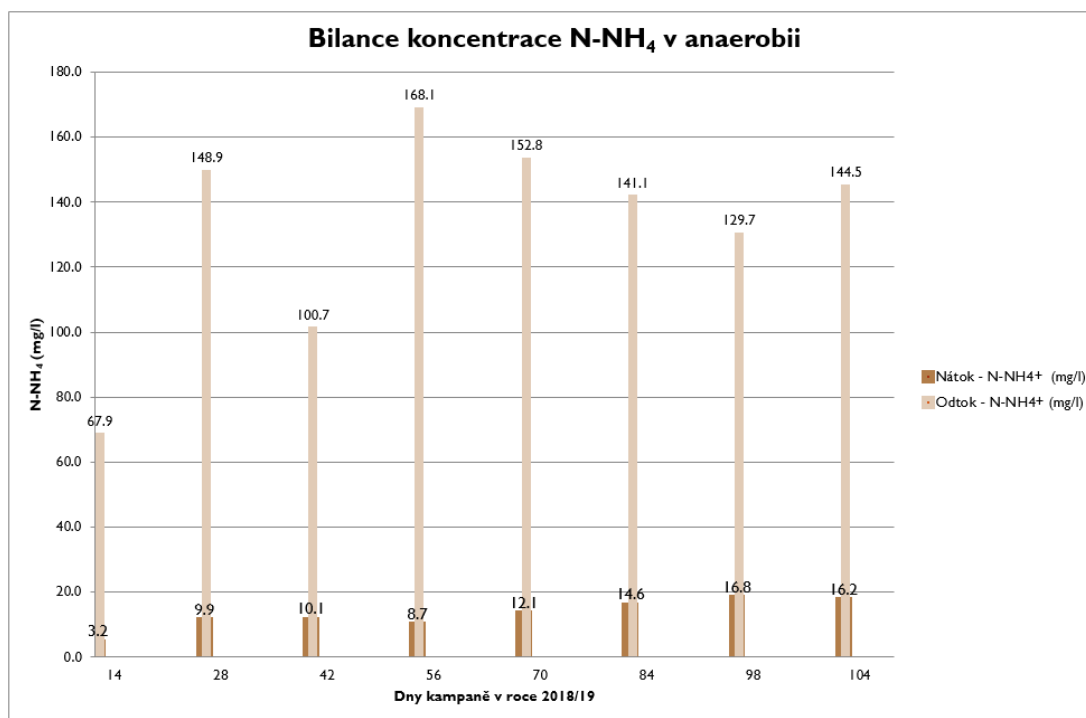
Během sledovaných a vyhodnocených kampaní nedošlo k překročení limitních hodnot dané platným rozhodnutím, ani v jednom parametru, což dokládají níže přiložené grafy.



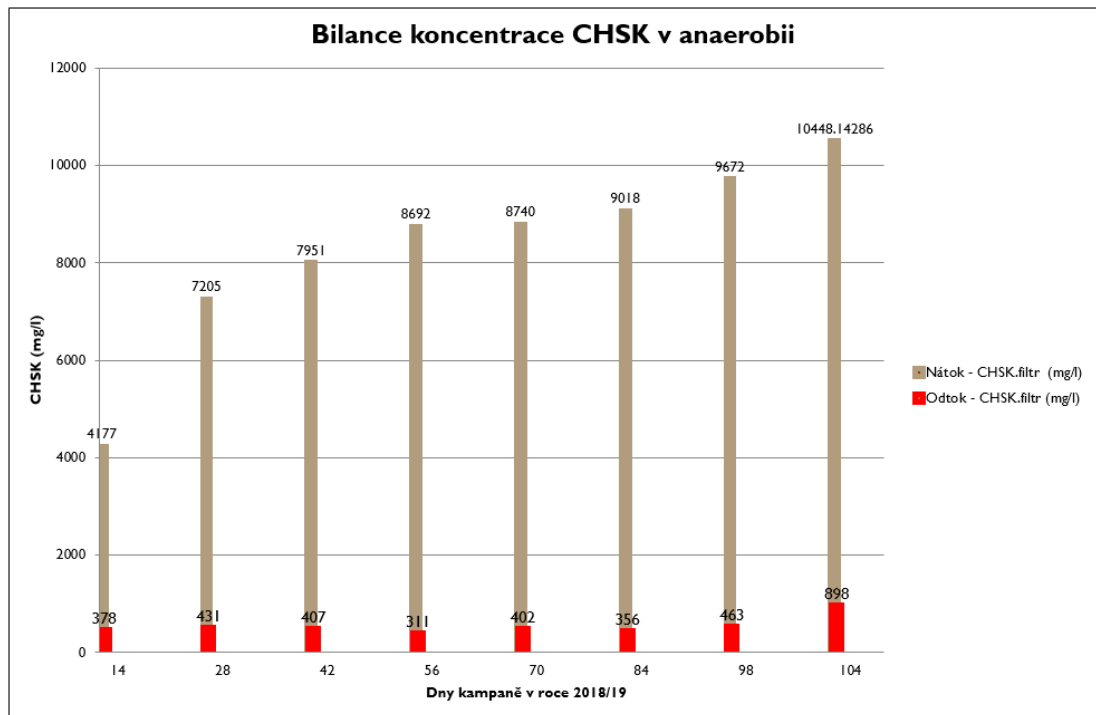
## 6.1 Parametry přítoku a odtoku



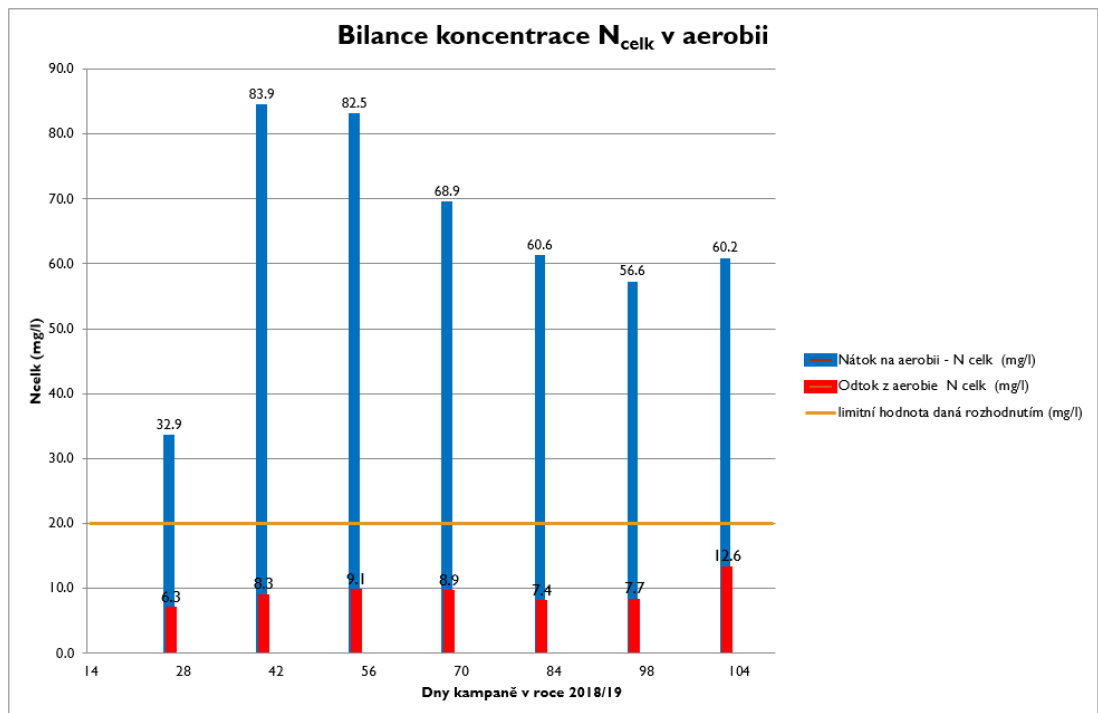
Obr. 27: Porovnání limitů s vypouštěnými hodnotami v anaerobii (data České Meziříčí 2018)



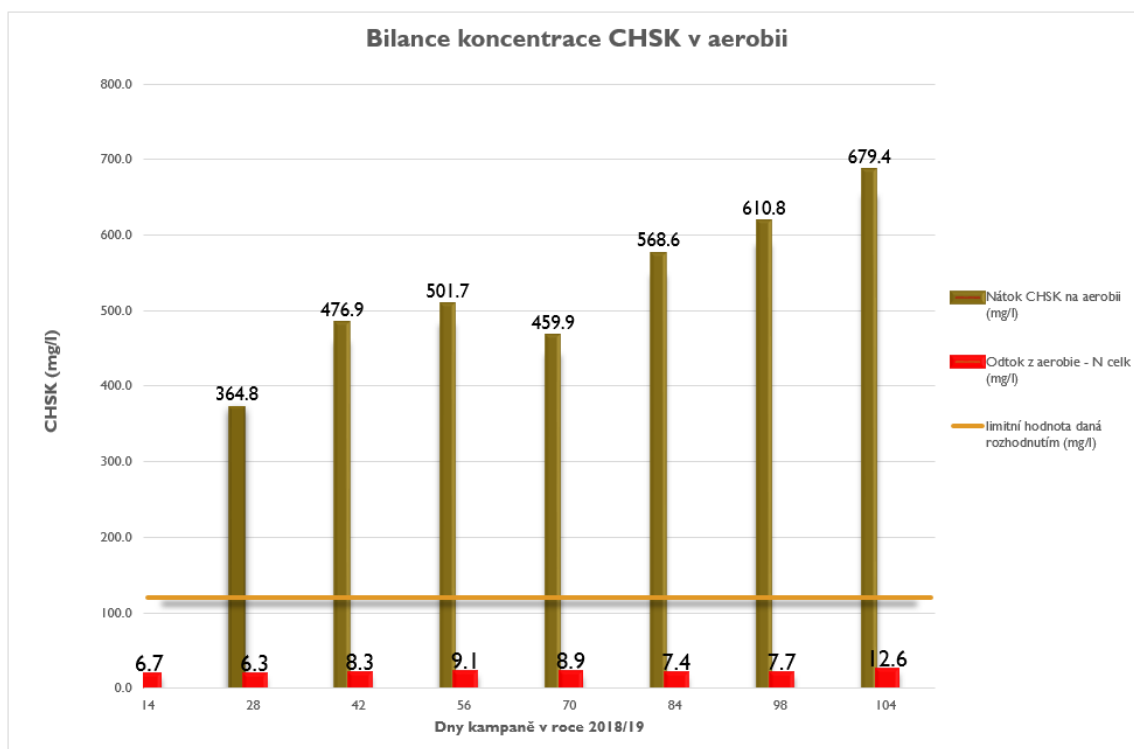
Obr. 28: Porovnání limitů s vypouštěnými hodnotami v anaerobii (data České Meziříčí 2018)



Obr. 29: Porovnání limitů s vypouštěnými hodnotami v anaerobii (data České Meziříčí 2018)



Obr. 30: Porovnání limitů s vypouštěnými hodnotami v aerobii (data České Meziříčí 2018)



Obr. 31: Porovnání limitů s vypouštěnými hodnotami v aerobii (data České Meziříčí 2018)

Roční průměrné hodnoty sledovaného znečištění na odtoku z ČOV % za rok 2017,2018 a 2018/19

Rok	Množství odpadní vody [m <sup>3</sup> ]
2018	236,063
2017	365,755
2016	342,815
Limit	375 000 m <sup>3</sup> /rok

Tabulka 4: Celkové množství vypuštěné odpadní vody z ČOV

Roční průměr [mg/l]	CHSK	BSK <sub>5</sub>	NL	N-NH <sub>4</sub>	N <sub>celk</sub>	P <sub>celk</sub>
2018	25.025	2.700	11.083	0.650	8.875	0.188
2017	36.300	6.200	11.417	1.140	11.620	0.380
2016	26.850	3.307	6.714	1.215	11.340	0.254

Tabulka 5: Hodnoty znečištění odpadních vod vypuštěných z ČOV cukrovaru České Meziříčí do recipientu

## 6.2 Vyhodnocení laboratorní zkoušky

Provedla jsem testy s odebranou vodou ze sedimentačních cukrovarnických rybníků v Českém Meziříčí. Je uvedena série testů a kombinací činidel, která se nám jeví jako nejslibnější a zároveň technicky proveditelná pro případné provozní odzkoušení.

Jedná se o kombinaci použití hlinitého koagulantu a organického koagulantu na bázi polyDADMACU (Brentag), nebo polyaminu. Efekt při použití stejné dávky hlinitého koagulantu a kationického flokulantu se zdál ještě o něco lepší, než v předchozím případě při použití anionického typu flokulantu. Dávka flokulantu je o něco vyšší, ale je obvyklé, že při podobných aplikacích je nutné dávku kationického flokulantu nastavit výše než u anionického. Vizually se zdál nejlepší filtrát (viz. obr. 10) u kádinky č. 1, který byl odebrán na analýzu CHSK.

## 7. Diskuze

Výsledky porovnání naměřených hodnot mezi anaerobním a aerobním čištěním vykazují úspěšnou účinnost odstranění znečištění z odpadních vod cukrovaru v Českém Meziříčí.

Plánovaný záměr výstavby ČOV v cukrovaru Českém Meziříčí splnilo očekávání, dochází k bezproblémovému čištění odpadních vod na výrazně podlimitní hodnoty určené aktuálním platným limitem.

V souladu s projektem dochází v IC reaktoru k snižování koncentrace CHSK, jak je již znázorněno ve výsledcích v podobě grafu. Účinnost reaktoru je s ohledem na parametr CHSK cca 95 %, což je vysoká účinnost, vzhledem k ostatním IC reaktorům provozovaných v ČR. Reaktor svým působením snižuje koncentraci mastných kyselin, které se projevují nízkými hodnotami pH v plavících vodách. Tyto způsobují nechtěnou korozi technologického zařízení v cukrovaru. Plavící voda, která je vyčištěna IC reaktorem je zbavena mastných kyselin a hodnota pH na odtoku z reaktoru dosahuje neutrálních hodnot. Mastné kyseliny a CHSK vstupující do IC reaktoru a jsou transformovány granulovaným anaerobním kalem na bioplyn, který je dále využíván k sušení cukrovarských řízků.

Plavící voda je čištěna v anaerobním reaktoru v uzavřeném okruhu. To znamená, že surová plavící voda je odebírána ze sedimentační nádrže a anaerobně předčištěná plavící voda je do sedimentační nádrže vracena.

Množství plavící vody na vstupu do anaerobního stupně (0-250 m<sup>3</sup>/h) je nastaveno tak, aby na anaerobní stupeň byla přivedena celá denní produkce znečištění plavících vod (12000-17 520 kg CHSK/d) a současně aby byla udržena vyhovující kvalita plavícího okruhu (CHSK ≤ 3000 mg/l) a to vše za předpokladu dostatečného množství granulovaného kalu v IC reaktoru.

Aerobní technologie, jak můžeme vidět v grafech, funguje také správně. Na odtoku je výrazně podlimitní koncentrace znečištění.

Je potřebné pravidelně měřit teploty. Teplota aerobie je kontinuálně sledována při každodenním měření sedimentace aktivovaného kalu v aktivační a regenerační nádrži. Dává nám nejrychlejší informaci o procesu sekundárního aerobního čištění. Kromě testu sedimentace je potřebné sledovat i celkové zabarvení a zápach kalu, velikost a charakter vloček, čirost a pěnivost odsazené vody. Udržovat

sediment kalu v aktivačních nádržích se doporučuje na hodnotách mezi 400 až 800 ml/l. Při vyšších hodnotách odkalovat systém. Hodnoty sedimentu jsou závislé na konkrétních provozních podmínkách.

Při porovnání anaerobního způsobu čištění s aerobním lze shrnout výhody a nevýhody do těchto bodů:

- *Nízká spotřeba energie* oproti aerobnímu procesu se nevykládá energie na aeraci. Naproti tomu anaerobní proces je za optimálních podmínek energeticky aktivní (tvoří bioplyn).
- *Nížší produkce biomasy*. Produkce anaerobní biomasy (řepa, chrást, atd.) je asi desetkrát nižší než ve srovnání s produkcí aerobní biomasy. Z toho vyplývají i nižší náklady na zpracování přebytečného kalu. Aerobní kal nemusí být již dále stabilizován.
- *Nízké požadavky na živiny*. Esenciální živiny jsou využívány hlavně k tvorbě nové biomasy (pro růst). Vzhledem k nízké produkci biomasy proti aerobním mikroorganismům klesá v tomto poměru i potřeba živin.
- *Možnost udržet vysokou koncentraci biomasy v reaktoru*. Koncentrace biomasy není limitovaná rychlostí přestupu kyslíku, jak je tomu při aktivačním procesu. V anaerobním reaktoru je koncentrace biomasy limitovaná pouze reologickými vlastnostmi kalu a konstrukcí reaktoru.
- *Nízká reakční rychlost*. Rychlost metabolismu v anaerobním systému je výrazně nižší než v aerobní, z toho důvodu vyžaduje anaerobní procesy delší dobu zdržení, eventuálně vysoké koncentrace mikroorganismů.
- *Relativní vysoká koncentrace organických látek v odtoku*. Ve většině případu je nutno odtok z anaerobního reaktoru aerobně dočistit před vypouštěním do recipientu. Platí to hlavně pro čištění odpadních vod s vysokou koncentrací organických látek
- *Citlivost methanogenních bakterií*. Methanogenní bakterie, které jsou součástí anaerobní biomasy, jsou poměrně citlivé na změny životních podmínek.
- *Dlouhá doba zpracování anaerobního procesu*. Vyplývá z nízkých růstových rychlostí anaerobních mikroorganismů, zejména methanogenních bakterií (Chudoba 1991).

Účelem laboratorní zkoušky bylo zbavení vody nerozpuštěných a koloidních látek Tyto jsou hlavním problémem v průběhu řepné kampaně, protože způsobují

nadměrné látkové zatížení buď IC reaktoru nebo ČOV, kde se vytrácí malé drobné methanogenní bakterie (Chudoba 1991).

V předchozích testech bylo nutné kvůli hlinitému koagulantu regulovat pH přidáváním hydroxidu sodného, což vnímáme jako mírnou komplikaci pro případné provozní testy. Dále byl použit koagulant rovněž na bázi hliníku, ale bazický typ, který upravovanou vodu tolik neokyseluje a je možné pracovat bez nutnosti korekce pH. Jedná se o koagulant na bázi aluminium hydroxychloridu (pod označením Locron L). Znovu byl testován synergický efekt hlinitého koagulantu společně s organickým koagulantem v různých dávkách. Laboratorními testy se zjistilo, že pro čištění této odpadní vody prostým usazováním bude nejvýhodnější pracovat s hlinitým koagulantem, a to buď s prvním typem s nutností korekce pH, nebo s druhým typem bez nutnosti pH upravovat.

Je předpoklad, že většina tohoto znečištění je v rozpuštěné formě, ze které se výše uvedenými fyzikálními postupy odstranit nedá. Mnohem důležitější než samotný parametr CHSK, je snížení obsahu nerozpuštěných látek, což naopak lze uvedeným způsobem dosáhnout. Právě odstranění nerozpuštěných látek bude mít pozitivní vliv na vlastní funkci IC reaktoru, kam jsou odpadní vody zaváděny.

Cílem dalších zkoušek bude najít kombinaci efektivního dávkování jednotlivých činidel k dosažení co nejúčinnějšího odstranění NL. Chtěla bych v řepné kampani vyzkoušet i samotný organický koagulant, zda bude dostatečně účinný, a jeho správnou kombinaci s hlinitým koagulantem.

Díky aerobie a anaerobie, došlo ke zlepšení kvality vyčištěné vody. Dochází k odstranění významného množství organického znečištění z plavících vod progresivním anaerobním procesem.

Současně došlo ke zlepšení kvality plavícího okruhu s příznivým dopadem na výrobní proces. Dalším pozitivním efektem je produkce bioplynu, který představuje zdroj obnovitelné energie. Bioplyn je využit pro technologické potřeby závodu (sušení řízků) a nedošlo z biologického hlediska ke zhoršení kvality životního prostředí.

Výkresy, mapy a obrázky použité v mé práci jsou převzaty z uvedených literatur. Fotografie cukrovaru v Českém Meziříčí, které jsou součástí diplomové práce, jsem pořídila osobně při exkurzi v cukrovaru, IC reaktoru a ČOV v Českém

Meziříčí. Tabulky nalezené v Diplomové práci jsem vyhotovila v programu MS Office EXCEL,WORD 2015.



## 8. Závěr

Předložená diplomová práce se zabývá problematikou vyhodnocení účinnosti čistírny odpadních vod v cukrovaru České Meziříčí. Pro studování a vyhodnocení dat, jsem se vydala do firmy Tereos TTD, a.s., která provozuje cukrovar v Českém Meziříčí. Ing. Petr Karkoš (ředitel závodu) a Ing. Karel Cejnar (technik-technolog odpadních vod) mi poskytli veškeré dostupné informace týkající se procesu výroby cukru a čištění odpadních vod na ČOV v Českém Meziříčí a zodpověděli mé doplňující dotazy k vypracování DP.

Po posouzení současného stavu problematiky, jsem vyhodnocovala vznikající odpadní vodu v cukrovaru. Nejdůležitější částí je bezpochyby technologie výroby cukru a technologie ČOV v Českém Meziříčí, kde vysvětlují proces čištění vod v IC reaktoru, který tam úspěšně využívají. Věnuji se jak popisu výroby cukru, tak procesu postupného čištění odpadních vod od přítoku po odtok. Součástí práce jsou výše uvedené informace o účinnosti čistírenských procesů a data z měření odpadních vod protékajících čistírnou.

U problematiky odstranění koloidních částic kalu v plavící vodě bude nejvhodnější kombinace dávkovaných koagulantů vyplývat z dalších detailnějších laboratorních, poloprovozních a provozních zkoušek se zaměřením na ekonomiku provozu a separaci nerozpuštěných látek, aniž by došlo k odstranění (vysrážení) potřebného fosforu a nárůstu zbytkové koncentrace hliníku. Vše se znovu zahájí až letos na konci září, při začínající nové řepné kampani v roce 2019. Kde na základě výskytu koloidního kalu a z analýz CHSK bude nutné vyhodnotit, který z postupů bude nejúčinnější. Toho se také budu nadále účastnit, protože mě tato problematika nevyřešeného problému zajímá.

Veškeré informace a podklady pro napsání mé diplomové práce jsem získala vlastním průzkumem, z knihoven, archívů, čistíren odpadních vod, z internetu, exkurzemi, studiem procesu čištění odpadních vod, studiem procesu technologie cukru, a konzultacemi s odborníky.

Výsledky této diplomové práce mohou být využívány pro další činnosti a směry v cukrovaru či pokračování v technologické studii.

## 9. Seznam literatury a použitých zdrojů

### 9.1 Knihy, časopisy, odborné publikace

Andrlík, K., Bartoš, V., Urban, J., Souček, J., Uzel, J., 1924. Tovární výroba cukru řepového a jiných uhlohydrátů. Oddíl I, Řepa cukrová 1-12, Praha

Artsupho, L., Jutakridsada, P., Kamwilaisak, K., Laungphairojana, A., Rodriguez, J., 2016. Effect of Temperature on Increasing Biogas Production from Sugar Industrial Wastewater Treatment by UASB Process in Pilot Scale, Energy Procedia, ISBN 18766102

Bartman, J., Bllance, R., 1996. Water quality monitoring: A practical guide to the design and implementation of freshwater quality studies and monitoring programmes, London, 400 s, ISBN 0-419-21730-4.

Bretschneider, R., 1980. Technologie cukru. Surovárna a rafinerie. SNTL Praha, 401 s. 04-837-69

Brož, F., Dolinek, A., Klaban, S., Pavlas, P., 1958. Praktické cukrovarnictví. Ministerstvo potravinářského průmyslu a výkupu zemědělských výrobků, Praha, 491 s. D-572661

Bubníka, Z., 1998. Nové směry v technologii cukru. Napsal kolektiv autorů Ústavu chemie a technologie sacharidů VŠCHT, ČVUT a VUC a.s. Praha, Praha, 240 s

Cukrovary TTD, 2006. historie a současnost 1831-2006, Dobruška, AHCDF

České Meziříčí, 1986. Sborník z dějin a současnosti, Ostrava

Coppens, M., O., 2019. Chemical Engineering and Processing - Process Intensification, London, ISSN 0255.2701

ČOV České Meziříčí 2013: Provozní řád pro trvalý provoz. České Meziříčí. Interní zpráva.

Čížek, P., Herel, F., Koníček, Z., 1970. Stokování a čištění odpadních vod, Praha, 400 s

Černý, J., 1943. Vodní knihy, vodní právo a vodoprávní technika, Publikace Ministerstva zemědělství a lesnictví, Praha

Dahlan, I., Hassan, S., R., Zwain, H., M., 2013. Development of Anaerobic Reactor for Industrial Wastewater Treatment: An Overview, Present Stage and Future Prospects. Journal of Advanced Scientific Research 4/1: 7 – 12.

Dombrowski, A.M SU Choi, In, Wiesmann, U., 2007. Fundamentals of biological wastewater treatment., Wiley - VCH, 362 s.

Drahovská-Šímanová, M., Kargl, R., Mirčev, A., Přidal, F., Šandera, K., Votava, J., 1957. Základy cukrovarnictví, druhý díl, Výroba surového cukru a vedlejšího produktů, Praha, 3216 s

Drtíl, M., Hotnak, M., Hutnan, M., 2001. Anaerobic treatment of wastewater and waste from sugarbeet factory / Anaerobne spracovanie odpadovych vod a odpadov z cukrovaru, ISBN 1211-0760

Hänel, K., 1988. Biological Treatment of Sewage by the Activated Sludge Proces, New York

HENZE M., WORM M. REYNEN C.K., 2008: Biological Wastewater Treatment: Principles, 1st ed. London: IWA. ISBN 978-184-3391-883.

Helmerts, E., N., Farme, J., D., Greemberg, A., F., Sawyer, C., N., . 1952. Nutritional requirements in the biological stabilization of industrial wastes, New York

Chalupa, J., S., 1954. Strojní zařízení cukrovaru a rafinerií řepných a třtinových I díl, Praha, 240 s.

Chudoba, J., Dohányos, M., Wanner, J., 1991. Biologické čištění odpadních vod. SNTL Praha.

Kadlec, P., 2002. Technologie potravin. Vysoká škola chemicko-technologická, Praha, ISBN 80-7080-509-9.

Kliková, A., 2008. Vodní právo. Disertační práce. PF MU, Brno, 186 s

Lettinga, G., Lier, J., B., Rebac, S., 1995. Water Science & Technology, High-rate anaerobic wastewater treatment under psychrophilic and thermophilic conditions, Wageningenhopo University

Malý, J., Hlavínek, P., 1996. Čištění průmyslových odpadních vod. NOEL.

MCKinney, R., E., 1962. Microbiology for Santary Engineers. McGraw-Hill, New York

Novák, J., a kolektiv, 2003. Příručka provozovatele a stokové sítě, Praha, 156 s.

Rolph, G., M., 2016. Something About Sugar: I tis History, Growth, Manufacture and Distribution(Classic Reprint), ISBN 978.13-3165-65-9, 528 s

Synáčková, M., 2010. Studijní texty předmětu Vodárenství a stokování, ČZU, Praha

Štícha, V., 1958. Technický průvodce odvodnění měst, kanalizace a čistírny, Praha, 543 s.

## 9.2 Internetové zdroje

En-paques, 2019: Anaerobic industrial effluent treatment (Online) [cit. 2019-03-15], Dostupné z  
<[https://en.paques.nl/mediadepot/181910ebc6dd/WEBbrochureBiopaqIC.pdf?fbclid=IwAR3vuvtvvn7AG-R7EH58vh0I\\_YDQ9S\\_sGKnxH-NR34tecniztVQU7ZHklyI](https://en.paques.nl/mediadepot/181910ebc6dd/WEBbrochureBiopaqIC.pdf?fbclid=IwAR3vuvtvvn7AG-R7EH58vh0I_YDQ9S_sGKnxH-NR34tecniztVQU7ZHklyI)>

Experimental methods 2019: Settling test (Online) [cit. 2019-03-15], Dostupné z  
<<https://experimentalmethods.org/wp-content/uploads/2017/12/Chapter-6.pdf?fbclid=IwAR2flv2KQDxVTXT-GLR3Y-k3k3K4gSh6f19Rd7pzqA371a6WT4Ut7MKScoI>>

Gebler, J., Novák, M., 2011: Pohled do vývoje cukrovarnictví (online) [cit. 2019-03-15], Dostupné z <<https://kuhv.vscht.cz/files/uzel/0017043/Pohled%20do%20v%C3%BDvoje%20cukrovarnictv%C3%AD.pdf>>.

Halanová, E., Janovský, I., Stříteský H., ©2011: cukrovarnictví, cukrovary a cukrovarnictví (online) [cit. 2019-03-15], Dostupné z <[https://www.nzm.cz/file/c0bfbff7c23f482d34cf6de01ad50d7b/1313/pas\\_47o.pdf](https://www.nzm.cz/file/c0bfbff7c23f482d34cf6de01ad50d7b/1313/pas_47o.pdf)>

HRDLIČKA M., 2006: BMTO GROUP – výroba čistíren odpadních vod, (online) [cit. 13.04.2018.], Dostupné z <<http://www.topolwater.com>>

Holba, M., 2011: Vhodné technologie recyklace fosforu z povrchových a odpadních vod (online) [cit. 2019-04-6], dostupné z <<https://voda.tzb-info.cz/vlastnosti-a-zdroje-vody/7128-vhodne-technologie-recyklace-fosforu-z-povrchovych-a-odpadnich-vod>>.

International Journal of Environmental 2014: Science and Development, Activated Sludge Process Overview (online) [cit. 2019-04-6], dostupné z <[http://ijesd.org/papers/455-P20003.pdf?fbclid=IwAR0U65P5xUfNJ9xaZBw8K7uqaBf\\_iw2LyhUX7ZiI2TlAKMxmw7PiMc7zBc](http://ijesd.org/papers/455-P20003.pdf?fbclid=IwAR0U65P5xUfNJ9xaZBw8K7uqaBf_iw2LyhUX7ZiI2TlAKMxmw7PiMc7zBc)>

MM Průmyslové spektrum 2001: Dávkování a doprava agresivních chemikálií (online) [cit. 2019-04-6], dostupné z <<https://www.mmspektrum.com/clanek/davkovani-a-doprava-agresivnich-chemikalii.html>>

Obec České Meziříčí, 2019: České Meziříčí (online) [cit. 2019-03-23], dostupné z <<https://www.ceskemezirici.cz/web/index.php>>.

### **9.3 Zákony, směrnice, vyhlášky**

Nařízení vlády 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

Zákon č. 254/2001 Sb., vodní zákon, v platném znění

## 10. Přehled použitých symbolů a zkratek

BSK <sub>5</sub>	biologická spotřeba kyslíku
Ca(OH) <sub>2</sub>	hydroxid vápenatý
CaCO <sub>3</sub>	uhličitan vápenatý
CaO	oxid vápenatý
Cl <sub>2</sub>	chlor
CO	oxid uhelnatý
CO <sub>2</sub>	oxid uhličitý
CuSO <sub>4</sub>	síran mědnatý
ČOV	čistírna odpadních vod
ČS	čerpací stanice (pitná voda)
ČSN	Československá státní norma, česká technická norma
ČSR	Československá republika
DdS	Diffusion des Savoires
DP	diplomová práce
EN	Evropské normy
EU	Evropská unie
H <sub>2</sub> S	sulfan (sirovodík)
CHSK	Chemická spotřeba kyslíku
CHSKCr	chemická spotřeba kyslíku chromu
KDP	Kontinuální Difuze Přidal
„m“	Maximální koncentrace, která je nepřekročitelná
N <sub>anorg</sub>	celkový anorganický dusík
N <sub>celk</sub>	celkový dusík
NH <sub>3</sub>	amoniak
(NH <sub>4</sub> ) <sub>2</sub> CO <sub>3</sub>	uhličitan amonný
NL	nerozpuštěné látky
N-NH <sub>4</sub> <sup>+</sup>	amoniakální dusík
O <sub>2</sub>	kyslík
Obr.	obrázek
OV	odpadní voda
Osa „x“	den kampaně
Osa „y“	Koncentrace CSK v mg/l
„p“	Přípustná hodnota koncentrace, která není ročním průměrem a může být překročena v povolené míře podle hodnot v příloze
P <sub>celk</sub>	fosfor celkový
pH	Potenciál vodíku vyjadřující kyselost vodných roztoků
Q <sub>24</sub>	Průtokový objem kapaliny, který poteče za 24 hodin
Q <sub>max. biologii</sub>	maximální průtok biologii
Q <sub>max. d.</sub>	maximální denní průtok kapaliny

$Q_{\max \cdot h}$ .	maximální hodinový průtok kapaliny
RL	rozpuštěné látky
Sb.	sbírky
SV	splašková voda
TV	technologická voda
Zák.	zákon

### **Cizí slovo**

balastní	(zeměd'.) nestrávitelný, neužitečné zatížení, přítěž
koagulant	srážedlo
koloidy	nejmenší půdní částice, vážou živiny
ospalence	rozptyl světla způsobený malými částicemi obsaženými v průhledné látce



## 11. Seznam obrázků a tabulek

Obr. 1: ČOV České Meziříčí (zdroj: vlastní, 2019).....	5
Obr. 2: Odběrná místa kalu (zdroj: vlastní, 2019) .....	7
Obr. 3: Test sedimentace (zdroj: vlastní, 2019).....	8
Obr. 4: Granulovaný kal (zdroj: vlastní, 2019).....	9
Obr. 5: Granulovaný kal (zdroj: vlastní, 2019).....	9
Obr. 6: Popis IC reaktoru (zdroj: (ČOV České Meziříčí 2011).).....	11
Obr. 7: Anaerobní schéma ČOV (zdroj: vlastní, 2019) .....	11
Obr. 8: Zlatý potok (zdroj: vlastní, 2019) .....	12
Obr. 9: Schéma aktivační ČOV (zdroj: vlastní, 2019).....	13
Obr. 10: Vzorek usazeného kalu a dosazovací nádrž (zdroj: vlastní, 2019).....	14
Obr. 11: Popis jednotlivých nádrží (zdroj: vlastní, 2019).....	15
Obr. 12: Původní vzorek vody bez úpravy (zdroj: vlastní, 2019).....	19
Obr. 13: Dávkování Brenntaflocu Al 1000 a organických koagulantů (zdroj: vlastní, 2019) .....	19
Obr. 14: Dávkování hlinitého koagulantu a polymerního anionického flokulantu (zdroj: vlastní, 2019).....	20
Obr. 15: Dávkování hlinitého koagulantu a polymerního kationického flokulantu (zdroj: vlastní, 2019).....	21
Obr. 16: Dávkování hlinitého koagulantu a organického koagulantu (zdroj: vlastní, 2019) .....	22
Obr. 17: Řepa přivezená do cukrovaru (zdroj: vlastní, 2019).....	30
Obr. 18: Pevný bod a kyneta (zdroj: vlastní, 2019) .....	30
Obr. 20: Síta na oddělení a zachytávání kořínků (zdroj: vlastní, 2019).....	32
Obr. 21: Pásový dopravník s elektromagnetickým separátorem (zdroj: vlastní, 2019) .....	32
Obr. 22: Bezpečnostní lanko (zdroj: vlastní, 2019) .....	33
Obr. 23: Řízkolisy (zdroj: vlastní, 2019) .....	35
Obr. 24: Mapa zdroj Google map (zdroj: vlastní, 2019).....	46
Obr. 25: Sedimentační cukrovarnické rybníky (Laguny) (zdroj: vlastní, 2019).....	49
Obr. 26: Schéma vodních okruhů a anaerobním/aerobním čištění v cukrovaru České Meziříčí (zdroj: ČOV České Meziříčí, 2019) .....	50
Obr. 27: Schéma vod cukrovaru (zdroj: vlastní, 2019).....	52
Obr. 28: Porovnání limitů s vypouštěnými hodnotami v anaerobii (data České Meziříčí 2018).....	58
Obr. 29: Porovnání limitů s vypouštěnými hodnotami v anaerobii (data České Meziříčí 2018).....	58
Obr. 30: Porovnání limitů s vypouštěnými hodnotami v anaerobii (data České Meziříčí 2018).....	59
Obr. 31: Porovnání limitů s vypouštěnými hodnotami v aerobii (data České Meziříčí 2018) .....	59

Obr. 32: Porovnání limitů s vypouštěnými hodnotami v aerobii (data České Meziříčí 2018) .....	60
-----------------------------------------------------------------------------------------------	----

Tabulka 1: Bilance množství a kvality vody na výstupu z aerobního stupně (zdroj: ČOV České Meziříčí).....	16
Tabulka 2: Emisní standardy průměrné přístupné hodnot koncentrace znečištění pro odpadní vody z výroby cukru (přírodního) (Nařízení vlády č. 401/2015 Sb.).....	28
Tabulka 3: Roztřídění provozních vod, jejich znovupoužití a vracení (Bretschneider 1980) .....	38
Tabulka 4: Celkové množství vypuštěné odpadní vody z ČOV .....	60
Tabulka 5: Hodnoty znečištění odpadních vod vypouštěných z ČOV cukrovaru České Meziříčí do recipientu .....	60

## 12. Přílohy

### Příloha 1: Fotodokumentace cukrovar České Meziříčí



Obr. 1: Uhlí, zdroj vlastní



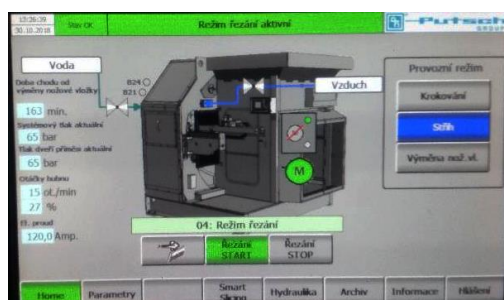
Obr.2: Pohled na cukrovar od sedimentačních cukrovarnických, zdroj vlastní



Obr.3: Extraktory DDS a BMA, zdroj vlastní



Obr.4: Varostroje, zdroj vlastní



Obr.5: Řezačka bubnová, zdroj vlastní



Obr.6: Nitrifikace, zdroj vlastní



Obr.7: Kotelna, zdroj vlastní



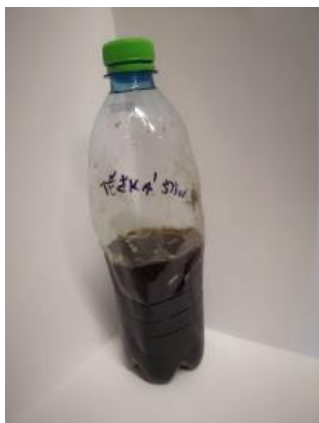
Obr.8: Gollerovy nože, zdroj vlastní



Obr.9: Difuze + vápno, zdroj vlastní



Obr.10: Lehká šťáva + šáma, zdroj vlastní



Obr.11: Těžká šťáva, zdroj vlastní



Obr.12: Melasa, zdroj vlastní