

ČESKÁ ZEMĚDĚLSKÁ UNIVERZITA V PRAZE



DIPLOMOVÁ PRÁCE

2021

Šárka Telecká

ČESKÁ ZEMĚDĚLSKÁ UNIVERZITA V PRAZE

FAKULTA ŽIVOTNÍHO PROSTŘEDÍ

KATEDRA APLIKOVANÉ EKOLOGIE



VYHODNOCENÍ INTENZIFIKACE
ČISTÍRNÝ ODPADNÍCH VOD LOM U MOSTU

DIPLOMOVÁ PRÁCE

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

Diplomant: Bc. Šárka Telecká

2021

ČESKÁ ZEMĚDĚLSKÁ UNIVERZITA V PRAZE

Fakulta životního prostředí

ZADÁNÍ DIPLOMOVÉ PRÁCE

Bc. Šárka Telecká

Krajinné inženýrství
Regionální environmentální správa

Název práce

Vyhodnocení intenzifikace čistírny odpadní vod Lom u Mostu

Název anglicky

Evaluation of treatment performance of the wastewater treatment plant Lom u Mostu afer refurbishment

Cíle práce

Cílem práce je:

- charakterizovat splaškové odpadní vody
- popsat základní způsoby čištění splaškových vod
- popsat čistírnu odpadních vod Lom u Mostu včetně její intenzifikace
- vyhodnotit intenzifikaci čistírny Lom u Mostu z hlediska účinnosti čištění

Metodika

V první části práce bude provedena rešerše na téma čištění splaškových vod. Druhá část práce se zaměření na popis čistírny odpadních vod v Lomu u Mostu a na její intenzifikaci. V závěrečné části bude provedeno vyhodnocení intenzifikace čistírny z hlediska účinnosti odstraňování základních chemických parametrů a bude vyhodnoceno, zda čistírna splňuje limity předepsané vodohospodářským orgánem.

Doporučený rozsah práce

60 stran včetně příloh

Klíčová slova

odpadní vody, čištění odpadních vod, intenzifikace, organické látky

Doporučené zdroje informací

Hlavínek, P., Novotný, D., 1996. Intenzifikace čistíren odpadních vod. NOEL 2000, Brno

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

Komínková, D., Benešová, L., Šťastná, G., 2014. Úpravy pitných a čištění odpadních vod. Česká zemědělská univerzita v Praze.

Pitter, P., 2009. Hydrochemie. 4. vydání. VŠCHT Praha.



Předběžný termín obhajoby

2020/21 LS – FŽP

Vedoucí práce

prof. Ing. Jan Vymazal, CSc.

Garantující pracoviště

Katedra aplikované ekologie

Elektronicky schváleno dne 2. 2. 2021

prof. Ing. Jan Vymazal, CSc.

Vedoucí katedry

Elektronicky schváleno dne 10. 2. 2021

prof. RNDr. Vladimír Bejček, CSc.

Děkan

V Praze dne 09. 03. 2021

Čestné prohlášení

Prohlašuji, že jsem diplomovou práci na téma: Vyhodnocení intenzifikace čistírny odpadních vod Lom u Mostu vypracovala samostatně a citovala jsem všechny informační zdroje, které jsem v práci použila, a které jsem rovněž uvedla na konci práce v seznamu použitých informačních zdrojů.

Jsem si vědoma, že na moji diplomovou práci se plně vztahuje zákon č. 121/2000 Sb., o právu autorském, o právech souvisejících s právem autorským a o změně některých zákonů, v platném znění, především ustanovení § 35 odst. 3 tohoto zákona, tj. o užití tohoto díla.

Jsem si vědoma, že odevzdáním diplomové práce souhlasím s jejím zveřejněním podle zákona č. 111/1998 Sb., o vysokých školách a o změně a doplnění dalších zákonů, v platném znění, a to i bez ohledu na výsledek její obhajoby.

Svým podpisem rovněž prohlašuji, že elektronická verze práce je totožná s verzí tištěnou a že s údaji uvedenými v práci bylo nakládáno v souvislosti s GDPR.

V Teplicích dne: 21. 2. 2021



Poděkování

Děkuji panu profesorovi Ing. Janu Vymazalovi, CSc. za vedení mé diplomové práce a zaměstnancům společnosti Severočeské vodovody a kanalizace, a.s. za poskytnutí důležitých dat a materiálů. Mým drahým a nejbližším za podporu a pochopení.

Abstrakt

Tato diplomová práce se zabývá charakteristikou odpadních vod a teoretickým popisem základních způsobů čištění odpadních vod na čistírnách odpadních vod.

Zabývá se tématem systému odkanalizování a čištění odpadních vod zájmové lokality v obci Lom u Mostu, v Ústeckém kraji, na severu Čech a popisem procesů čištění odpadních vod a návazností na platnou legislativu ve vodohospodářském oboru v souvislosti s provozem kanalizací a čistíren odpadních vod.

Na vybrané čistírně odpadních vod Lomu u Mostu, byla provedena intenzifikace, která je v diplomové práci popsána a shrnuta ve vyhodnocení z hlediska účinnosti čištění. Jsou porovnány návrhové parametry se skutečností, zpracovány bilanční hodnoty a konkrétní ukazatele pro vypouštění odpadních vod do vod povrchových.

Diplomová práce je zacílena na zpracování rešerše na téma čištění splaškových odpadních vod. Dále zahrnuje popis kanalizačního systému zájmové lokality a čistírny odpadních vod v Lomu u Mostu a její intenzifikaci. Porovnává stav před a po realizaci intenzifikace čistírny odpadních vod a na základě výsledků doporučuje opatření pro optimalizaci provozu čistírny odpadních vod.

Klíčová slova:

odpadní vody, čištění odpadních vod, intenzifikace, organické látky

Abstract

Dissertation describes wastewater characteristics and theoretical description of basic method of wastewater cleaning in wastewater treatment plants.

Main subjects are sewerage and wastewater treatment in locality of interest in village Lom u Mostu in region Usti in North Bohemia. Described are processes of water cleaning of wastewater with respect to valid legislation in water management field.

On selected wastewater treatment plant in Lom u Mostu was done intensification that is described in dissertation and summarized in term of efficiency of water cleaning. There are compared designed parameters to reality, formulated review of values and specific parameters for draining of wastewater to surface water.

Dissertation focus on topic of wastewater treatment. Also description of sewerage locality of interest in village Lom u Mostu and its intensification. Compared are status before and after implementation of intensification on wastewater treatment plant based on results recommend correction to optimize operation of wastewater treatment plant.

Key words:

wastewater, wastewater treatment plant, intensification, organic matter

Obsah

1.	Úvod	1
2.	Cíle práce	2
3.	Literární rešerše	3
3.1	Historie odpadních vod	3
3.2	Původ odpadních vod	4
3.3	Charakteristika odpadních vod	5
3.3.1	Odpadní vody splaškové.....	5
3.3.2	Odpadní vody srážkové.....	6
3.3.3	Odpadní vody průmyslové.....	6
3.3.4	Odpadní vody infekční.....	6
3.3.5	Odpadní vody oplachové.....	6
3.3.6	Odpadní vody balastní.....	7
3.3.7	Odpadní vody ostatní.....	7
3.4	Způsoby čištění odpadních vod	7
3.4.1	Čištění odpadních vod způsobem mechanickým.....	8
3.4.2	Čištění odpadních vod způsobem biologickým v aktivačních čistírnách.....	10
3.4.3	Čištění odpadních vod způsobem fyzikálně chemickým	16
3.4.4	Terciální čištění odpadních vod.....	17
3.4.5	Kalové hospodářství.....	17
3.4.6	Umělé mokřady pro čištění odpadních vod.....	21
3.5	Legislativa	23
3.5.1	Právní rámec.....	23
3.5.2	Vybrané právní předpisy.....	23
4.	Metodika	26
4.1	Zajišťování podkladů	26
4.2	Použité postupy	27
5.	Čištění odpadních vod v Lomu u Mostu	29
5.1	Minulost oblasti	29
5.2	Základní údaje oblasti	29
5.3	Popis stokové sítě města Lom u Mostu	30
5.3.1	Objekty na stokové síti.....	32
5.3.2	Limity znečištění vypouštěné do kanalizace.....	32
5.4	Popis čistírny odpadních vod Lom u Mostu	34
5.4.1	Popis původního stavu.....	34
5.4.2	Popis provedené intenzifikace.....	34
5.4.3	Základní specifikace po intenzifikaci.....	35
5.4.4	Stavební objekty a provozní soubory.....	36

6.	<i>Vyhodnocení procesu čištění odpadních vod</i>	40
6.1	Základní projektované parametry	40
6.2	Podmínky vodoprávního rozhodnutí	40
7.	<i>Výsledky</i>	43
7.1	Bilance vypouštěných odpadních vod z ČOV	43
7.2	Vyhodnocení účinnosti čištění odpadních vod	44
7.2.1	Výsledky za kalendářní rok 2018.....	46
7.2.2	Výsledky za kalendářní rok 2019.....	50
7.2.3	Výsledky za kalendářní rok 2020.....	54
7.3	Látkové zatížení	57
7.4	Vyhodnocení intenzifikace	59
7.5	Optimalizace provozu	61
7.5.1	Dávkování síranu železitého	62
7.5.2	Úprava dispozice nádrží.....	63
8.	<i>Diskuse</i>	64
8.1	Zatížení ČOV	64
8.2	Účinnost a výsledky čištění	64
8.3	Zlepšení jakosti vypouštěných odpadních vod	65
9.	<i>Závěr a přínos práce</i>	67
10.	<i>Přehled literatury a použitých zdrojů</i>	69
10.1	Literární zdroje	69
10.2	Legislativní zdroje	71
10.3	Internetové zdroje	72
10.4	Ostatní zdroje	73
11.	<i>Seznam tabulek</i>	74
12.	<i>Seznam grafů</i>	75
13.	<i>Seznam obrázků</i>	76
14.	<i>Přílohy</i>	77

Přehled použitých zkratk

BSK ₅	Biochemická spotřeba kyslíku pětidenní
ČOV	Čistírna odpadních vod
ČSOV	Čerpací stanice odpadních vod
ČSÚ	Český statistický úřad
ČÚZK	Český úřad zeměměřický a katastrální
EO	Ekvivalentní obyvatel
GIS	Geografický informační systém
CHSK _{Cr}	Chemická spotřeba kyslíku dichromanem
NL	Nerozpuštěné látky
P _{celk}	Fosfor celkový
SČVK	Severočeské vodovody a kanalizace, a.s.
SVS	Severočeská vodárenská společnost a.s.
TNV	Odvětvová technická norma vodního hospodářství

1. Úvod

Voda je pro lidstvo nepostradatelná, proto je klíčové zabývat se způsoby, jak využitou a znečištěnou vodu vrátit zpět do vodního cyklu tak, abychom nenarušili fungování životního prostředí.

Rozrůstáním měst, obcí, průmyslových a rozvojových zón, roste poptávka po zásobování vodou, jsou budovány další vodovodní řady pro dodávání vod, vytváří se i rozsáhlé sítě kanalizačních systémů, které vzniklé odpadní vody odvádějí.

V případě znečištěných odpadních vod je nezbytné, aby vody před vypuštěním do recipientů byly vyčištěny, na k tomu určených čistírnách odpadních vod, které odpovídají stále se zvyšujícímu kritériu na ochranu vodních toků, s cílem minimalizovat dopad na narušení fauny, flóry a další vzájemně propojené vztahy životního prostředí.

Velkým tématem je tedy stále zdokonalovat principy, jak dosáhnout dokonalejšího čištění odpadních vod a zlepšit jakost vypouštěných odpadních vod. Na tento fakt je navázána skutečnost, že limity vypouštěné odpadní vody musejí odpovídat platné legislativě. Z toho důvodu byla na čistírně odpadních vod v Lomu u Mostu provedena intenzifikace.

Diplomová práce se zabývá tématem čištění komunálních odpadních vod. Popisuje technologie provozu a výsledky dosahované jakosti vypouštěných vod intenzifikované čistírny odpadních vod v Lomu u Mostu. Vyhodnocuje její současný stav z hlediska účinnosti a s ohledem na plnění předepsaných limitů ukazatelů znečištění ve vypouštěných odpadních vodách daných legislativou a následně doporučuje další možné postupy řešení pro optimalizaci provozu čistírny odpadních vod.

2. Cíle práce

Cílem práce je, v části literární rešerše popsat témata zaměřená na souhrn teorie ohledně čištění splaškových odpadních vod.

Charakterizovat odpadní vody a popsat základní způsoby čištění splaškových odpadních vod.

Shrnutí platné legislativy vztahující se k problematice provozování čistírny odpadních vod.

Práce se zabývá popisem způsobu odkanalizování dané lokality a kanalizačním systémem odvádějící odpadní vody k čištění na čistírně odpadních vod v Lomu u Mostu.

Snahou je popsat čistírnu odpadních vod Lom u Mostu včetně její intenzifikace. Popsat stavební a technické objekty stavby v návaznosti na jednotlivé mechanické a technologické fáze procesů čištění komunálních odpadních vod.

Základním cílem je, provedení vyhodnocení provozu intenzifikované čistírny odpadních vod Lom u Mostu z hlediska účinnosti odstraňování základních chemických parametrů a vyhodnocení, zda čistírna odpadních vod splňuje limity předepsané vodohospodářským orgánem.

3. Literární rešerše

Působením lidské činnosti vznikají odpadní vody, u kterých je nutné zajistit vyčištění před vypouštěním do recipientu a zabránit tak zhoršování stavu vodních ekosystémů. I přesto, že z minulosti máme mnoho poznatků o faktech, které tyto činnosti zahrnují, je nutné se dále na tento obor zaměřit a rozšířit oblast činností zabývajících se ochranou vod (Bell, 2012).

3.1 Historie odpadních vod

Historie odpadních vod vytvářených činnostmi lidí, je nutně spojena s historií zásobování obyvatelstva vodou. Pokud bylo sídlo zásobováno vodou, mohly vznikat i vody odpadní, které byly různou činností znečištěny. Historie vodohospodářských staveb a využívání vodních zdrojů k různým účelům, sahá do starověku. Zmínky jsou o důmyslných zavlažovacích systémech Sumerů nebo Egyptanů cca 4 000 let př.n.l. Historie zásobování vodou, podle dostupných údajů sahá do 2000 let před náš letopočet. V Asýrii poblíž Bavianu se předpokládá nejstarší známý gravitační vodovod, který přiváděl vodu a byl postaven asi 2000 př.n.l. (Synáčková, 2014).

Vzhledem k odlišnému charakteru odpadních vod, než jak jsou nám známy dnes, bylo jejich odvádění a čištění na nulové úrovni. Splašky se vylévaly přímo na povrch či do povrchových vod. Z minulosti jsou známi případy, kdy zemřelo mnoho lidí při velkých epidemiích například cholery poté, co vypili kontaminovanou vodu ze studní či vodovodů. To byl jako jeden z hlavních důvodů, který zajistil, že lidé začaly řešit tuto problematiku (Bell, 2012).

Na českém území mohla být likvidace splašků spíše okrajově vyřešena tak, že hlavním sběračem odpadních vod byly ulice. Nejstarší informace o kanalizační stavbě se datují rokem 1310 a jedná se odvodnění domu v Praze v dnešní Nerudově ulici. Známa je klenutá stoka v Klementinu, od kostela sv. Jindřicha k Prašné bráně, dále zaústěna do městského příkopu cca rok 1660. V Praze byla výstavba kanalizace pro odvádění vod plánována v 18. století a dokončení první veřejné kanalizace se podařilo až na začátku 19. století (Synáčková, 2014).

Do provozu byla spuštěna první čistící stanice v Bubenči v roce 1905 a fungovala až do roku 1967, kdy byla na Císařském ostrově uvedena do provozu Ústřední čistírna odpadních vod. Stavby kanalizačních stokových sítí a následným čištění odpadních vod na čistírnách odpadních vod byly v širším měřítku ve městech, obcích a urbanizovaných částech budovány spíše až koncem 20. století, v době, dá se říct, nedávné (Synáčková, 2014).

V šedesátých a sedmdesátých letech minulého století byla technologie především zaměřena na čištění mechanické a biologické. Byly využívány pouze vnitrostátní dostupné postupy a vybavení, zahraniční technologie nebylo možné optimálně využít s ohledem na politickou situaci v zemi. Čistírny odpadních vod s modernější koncepcí se začaly stavět hlavně po roce 1990, většinou se jednalo o zahrnutí modernizace a intenzifikace na stávajících technologických linkách a doplňovala se skladba technologie také na odstraňování biogenních prvků. Využívání chemického srážení fosforu a odstraňování dusíku (Synáčková, 2014).

3.2 Původ odpadních vod

Odpadní vody pocházejí z obytných prostor, z domácností, úřadů, škol, domovů sociální péče, ubytovacích zařízení hotelového typu, soukromých provozoven, podniků, společností a jiných míst, vlivem lidské činnosti. Do kanalizace se převážně dostávají přes výlevky z kuchyní, toalet a koupelen. Ve většině případů se jedná o neustálý zdroj odpadních vod z různých opakujících se činností (Pytl a kol., 2004).

Dále pak odpadní vody pocházejí z odvodnění ulic urbanizovaného území, z obcí, kde povrchová převážně srážková voda odtéká uliční vpustí do kanalizace. Nebo vznikají oplachováním či mytím komunikací. Z průmyslových podniků různého charakteru vzniká odpadní voda, která byla použita v rámci technologických postupů výroby. Má původ i v zemědělské a jiné činnosti, kde probíhá nakládání s vodou, v jehož důsledku je voda znečišťována a stává se tak vodou odpadní. Zvláště je nutné zmínit, infekční odpadní vody, ty mají původ ve zdravotnických zařízeních, jako jsou nemocnice, sanatoria, laboratoře, vznikají při výzkumu a výrobách látek na očkování a mnoho dalších míst spojených s touto oblastí (Buttler a kol., 2011).

3.3 Charakteristika odpadních vod

Odpadní voda je vyprodukována obyvatelstvem a jedná se o vodu, u které byla zhoršena či změněna jakost. Co jsou odpadní vody, nám specifikuje legislativa vodním zákonem č. 254/2001 Sb., v platném znění, kde se uvádí, že 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) a jejich směsi se srážkovými vodami, jakož i jiné vody z těchto staveb, zařízení nebo dopravních prostředků odtékající, pokud mohou ohrozit jakost povrchových nebo podzemních vod. Odpadní vody jsou i průsakové vody vznikající při provozování skládek a odkališť nebo během následné péče o ně, s výjimkou vod, které jsou zpětně využívány pro vlastní potřebu organizace, a vod, které odtékají do vod důlních. Dalším bodem zvratu současně platné legislativy je aktuálně nová úprava znění legislativy v tom směru, že vodní zákon upravuje i vodu z dešťových srážek po vtoku do kanalizace. Zákon č. 254/2001 Sb., v platném znění, uvádí, že odvádí-li se odpadní voda a srážková voda společně jednotnou kanalizací, stává se srážková voda vtokem do této kanalizace vodou odpadní. O tomto rozhodnutí však v současnosti panují velké diskuse odborných skupin, zda tato úprava bude v zákoně předmětem úprav (Synáčková, 2004).

3.3.1 Odpadní vody splaškové

Splaškové vody pocházejí z kuchyní, koupelen, toalet. Obecně z občanské vybavenosti a z hygienických zařízení. Látky jsou v nich hrubě i jemně rozptýleny a postupně se mohou rozpouštět. Povaha látek je z velké části organická. Dále se v nich nacházejí mikroorganismy dostávající se do odpadních vod společně s fekáliemi. Tyto splaškové vody jsou charakteristické i svou nerovnoměrností vzniku v časové závislosti, dají se s mírnou jistotou predikovat. Jedná se o hodinovou, denní, ale též sezónní nerovnoměrnost (Švehla a kol., 2007).

Množství produkované jedním obyvatelem za den je specifické množství splaškových vod a je obdobné se spotřebou pitné vody. Průměrně se počítá s hodnotou 150 litrů za den. Tato hodnota, ale reálně velmi poklesla, záleží na více faktorech, v současnosti se přibližně se pohybuje okolo 90 litrů za den (Komínková a kol., 2014).

Pro označení množství znečištění vyprodukovaného jedním obyvatelem za den se používá název ekvivalentní obyvatel. Tato jednotka EO se používá při bilancování znečištění a návrhu čistíren odpadních vod. Hodnota BSK₅ pro jednoho ekvivalentního obyvatele je 60 g BSK₅ za den (Komínková a kol., 2014).

3.3.2 Odpadní vody srážkové

Tyto vody dopadají na zemský povrch z atmosférických jevů a dále pak odtékají po povrchu a dostávají se do kanalizace. Kontaktem s povrchem, například střech, komunikací, nebo se může jednat i kontakt s prostředím, například s ovzduším, získávají anorganické i organické znečištění. Vzhledem k acidifikaci atmosférických vod, přítomností oxidů síry a dusíku, se může měnit jejich charakter například ve snížení pH (Pitter, 2009).

3.3.3 Odpadní vody průmyslové

Podle pojmenování je evidentní, že jsou to vody využitě ve výrobních nebo procesních postupech průmyslových společností, případně se jedná o vody ze zemědělských provozů a výroben. Kvalitou jsou velmi různorodé a závisí na odvětví, ze kterého pocházejí. Z pravidla jsou tyto průmyslové odpadní vody čištěny na k tomu určených a svou technologií vyhovující, průmyslových čistírnách odpadních vod (Synáčková, 2014).

3.3.4 Odpadní vody infekční

V infekčních vodách se nacházejí choroboplodné zárodky a mohou obsahovat zvláště škodlivé látky i množství léčiv, která představují velká zdravotní rizika ohrožující zdraví. Nejčastěji pocházejí z nemocnic, tyto vody ze zdravotnických zařízení mohou mít rizika ve v tom, že se jedná o vody infekční, toxické a radioaktivní a je nutné je likvidovat samostatně na k tomu speciálně určených místech (Synáčková, 2014).

3.3.5 Odpadní vody oplachové

Svým objemem jsou spíše zanedbatelné a mají obdobnou kvalitu jakou vody srážkové. Jedná se vody použité k čištění zpevněných ploch (Synáčková, 2014).

3.3.6 Odpadní vody balastní

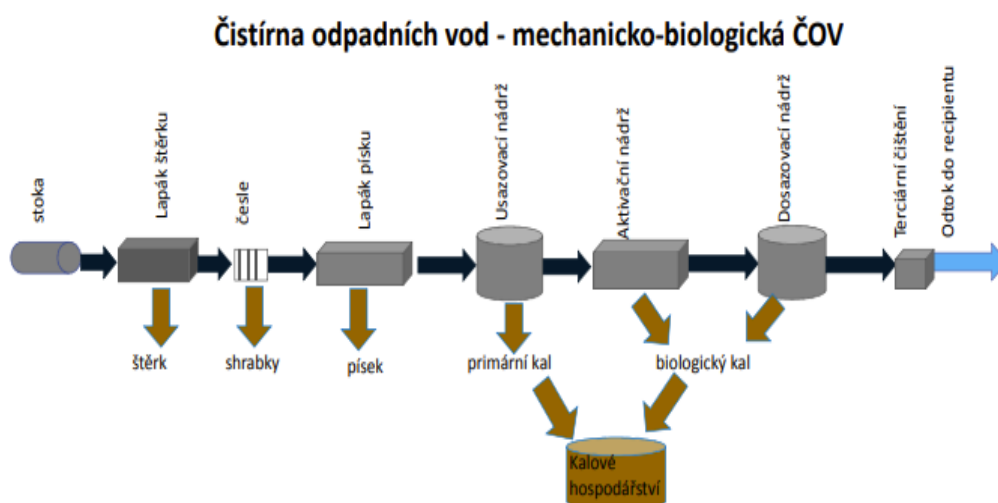
Tato balastní voda může pocházet z havárií vodovodů, poškozením hydrantů, případně se jedná o podzemní vodu, která se do kanalizace dostává netěsností stokových sítí či při stavbě inženýrských sítí. V kanalizaci jsou v podstatě nežádoucím jevem a jsou eliminovány (Synáčková, 2014).

3.3.7 Odpadní vody ostatní

Jsou to vody, které nelze zařadit do přecházejících vyjmenovaných skupin a vznikají za nepředvídatelných podmínek a okolností (Synáčková, 2014).

3.4 Způsoby čištění odpadních vod

Odpadní vody přitékají na čistírnu odpadních vod z kanalizačního systému hlavní sběrnou stokou. Čistírnou pak tyto vody procházejí technologickou linkou, přes mechanické předčištění, biologickou linku a dočištění, kde probíhají v různých po sobě jdoucích fázích, případně se kombinují procesy mechanické, fyzikální, chemické, biologické. Do recipientu je pak vyčištěná voda zpravidla vypouštěna v nejnižším bodě odtokem z čistírny odpadních vod. Základní schéma procesů čištění odpadní vody na čistírnách odpadních vod je uvedeno na obrázku 1. (Komínková a kol., 2014)



Obrázek 1: Základní schéma procesů čištění odpadní vody na čistírnách odpadních vod (Komínková a kol., 2014)

3.4.1 Čištění odpadních vod způsobem mechanickým

Mechanický způsob čištění odpadních vod je v principu separací částí nerozpuštěného znečištění v přítékající odpadní vodě a to usazením. Oddělené části jsou ve formě kalů dále separovány. Podle používaného zařízení dojde v mechanickém stupni ke snížení organického zatížení, tedy znečištění protékající odpadní vody. Čištění odpadních vod mechanickým způsobem má podstatný význam i pro snižování objemu nerozpuštěných látek, které se odstraňují. Na čistírnách odpadních vod, se jedná zpravidla o první stupeň čištění. Nerozpuštěné látky se podílí značnou měrou na objemu odpadních vod, a proto je nutné, tyto látky oddělit. K tomu slouží nejrůznější mechanická zařízení, jako jsou, lapáky štěrku, česle, síta, lapáky písku, lapáky tuku, odlučovače olejů a ropných látek, usazovací nádrže, dosazovací nádrže, pískové filtry a tak dále (Chudoba a kol., 1991).

Lapák štěrku

V lapáku štěrku, což je objekt mechanického předčištění na samém začátku čistírny a jeho účelem je omezit množství štěrku. Svou funkcí má odstraňovat těžké a objemné předměty sunoucí se proudem vody. Může se jednat také o kameny, dlažební kostky, cihly či jejich části a úlomky. Lapák štěrku chrání další části technologie čistírny odpadních vod, hlavně při velkých nárazových průtocích na kanalizaci zejména za deště. Stavebně se jedná o hlubokou jímku vybudovanou na příváděcí stoce a v důsledku zpomalení rychlosti proudění dojde k usazení těžkých předmětů na dně jímky. Čištění je prováděno většinou stacionárním pojízdným jeřábem s drapákem, který je spouštěn do jímky a sediment je pak odtěžen na k tomu určené místo a stává se pak jedním z odpadů vnikajících na ČOV a ručeným k likvidaci (Tillman, 1991).

Česle

Česle zachycují nečistoty a plovoucí objekty, podle postavení a vzdálenosti průlin, kterými prochází voda, rozlišujeme různé druhy podle typů, nejčastěji na česle hrubé nebo jemné. Ručně shrabované či mechanické. Dále mohou být doplněny například o samočištění pomocí regulovaného oplachu vodou, nebo o tepelný ohřev z důvodu předcházení zamrznání při provozování v zimním období nebo o pytlovací zařízení na shrabky, které brání i šíření zápachu. Důležitým faktorem, je sklon čelí a rychlost průtoku v místě nátoky na česle. Vždy je však principem zachycení nečistot a

přemístění shrabků mimo odpadní vodu a zajištění částečného odvodnění. Buď ponecháním na odvodňovacích žlabech, či pomocí šroubových lisů (Drinan a kol., 2013).

Zachycené shrabky jsou velmi rizikové z hlediska hygieny a jsou velmi infekčním odpadem, protože snadno zahnívají a mohou obsahovat choroboplodné zárodky. Mohu obsahovat hadry, papír, části plastů, nerozpadlé fekálie, kuchyňské zbytky, rostlinné části, části předmětů denní potřeby, atd., vždy jsou specifické pro dané spádové území například podle napojených producentů. Jako odpad jsou shromažďovány ve speciálních kontejnerech před samotnou likvidací (Chudoba a kol., 1991).

Lapák písku

Lapáky písku slouží k zachycení unášeného materiálu, který je obsažený v suspenzi odpadní vody. Snížením rychlosti proudění vody či změny cirkulace vzniklé při proudění se dosáhne sedimentace. Tímto způsobem jsou zachytávány drobnější pevné částice, jako je písek. Podle nátoky lze rozdělovat lapák písku na horizontální, například štěrbínový nebo komorový (Drinan a kol., 2013).

U vertikálního lapáku písku jsou odpadní vody přiváděny na dno a stoupají vzhůru, čímž se odděluje písek. Cirkulace se uplatňuje u vírových nebo provzdušňovaných lapáků písku. Klíčovým faktorem je rychlost průtoku, nižší rychlosti způsobí, že unášený materiál bude obsahovat organické látky a nebude tak dostatečně separovaný. Větší rychlost povede k unášení částic společně s primárním kalem, což je nežádoucí. Určení kritické rychlosti je tedy zásadní pro efektivní funkci zařízení. V akumulačním prostoru lapáku písku dochází k zachytávání písku, který se následně odtěží buď ručně či strojně. Množství zachyceného materiálu závisí na systému kanalizace, typu zástavby v odkanalizovaném území, ročním období a dalších faktorech (Drinan a kol., 2013).

Lapáky tuků,

Způsob zachytávání tuků je tvořen v nádrži normou stěnou. Tuky plovoucí na hladině se přirozeně nabalují na sebe a pak jsou mechanicky odstraňovány. Například se jedná o tukové aglomeráty, shluky v podobě kulovitých útvarů. Účinná je i separace na způsob flotace, kdy je pomocí provzdušňování tvořena pěna a ta stírána do jímky kde se tuky a oleje zachytávají (Chudoba a kol., 1991).

Tuky a oleje jsou v ideálním případě zachytávány již před vstupem do kanalizace v lapácích tuků instalovaných u producenta. Vznikají především v potravinářském průmyslu, jakou jsou například restaurační provozy nebo zpracovatelé masných výrobků. Neboť působí velké problémy na kanalizačních stokách zejména jejich zanášením a znemožňují procesy biologického čištění. Na čistírnách pak snižují výkon a poškozují funkci zařízení, jako jsou česle, čerpadla, lisy a negativně ovlivňují procesy čištění odpadních vod (Tillman, 1991).

Usazovací nádrže,

zde se zachytává zásadní množství látek, které lze usadit. Můžeme je rozdělit na primární - usazovací a sekundární – dosazovací nádrže. Usazovací nádrže zachycuje nerozpuštěné látky před biologickým stupněm čištění. Jsou velmi významné pro objem separovaných látek, kdy je odděleno okolo 60 % suspendovaných látek (Komínková, 2004).

Usazovací nádrže mají v prostoru dna shrabovací zařízení a zároveň při hladině stírací zařízení, které stírá plovoucí látky. Rozhodující je i směr průtoku v usazovacích nádržích, ten lze navrhnout jakou radiální – přes nátok středem nádrže k přepadům, vertikální průtok – vzhůru ze středu k přepadům či horizontální průtok, z jednoho na druhý konec nádrže (Chudoba a kol., 1991).

Důležitým faktorem je vhodné dimenzování nádrží na hydraulické a látkové zatížení a doba zdržení, z kterého vychází čistící efekt. Dosazovací nádrže jsou umístěny v závěru čistícího procesu a účelem je separace usaditelných vloček biologického kalu, který vznikl v biologickém stupni od vyčištěné vody. Dále je to odvedení zahuštěného kalu na recirkulaci do aktivní nádrže případně oddělení přebytečného kalu. Plovoucí nečistoty jsou z hladiny sbírány, případně jsou zachytávány normou stěnou (Hlavínek a kol., 2006).

Nádrže mohou být různých typů, ovlivňujícím faktorem je specifikace rozdělení a směru průtoku vod a též tvarů. Nejčastěji používané jsou tvary kruhové nebo pravoúhlé to je dáno, mimo jiné, i ohledem na dostupnost záboru prostoru a konstrukční možnosti konkrétních lokalit (Riffat, 2012).

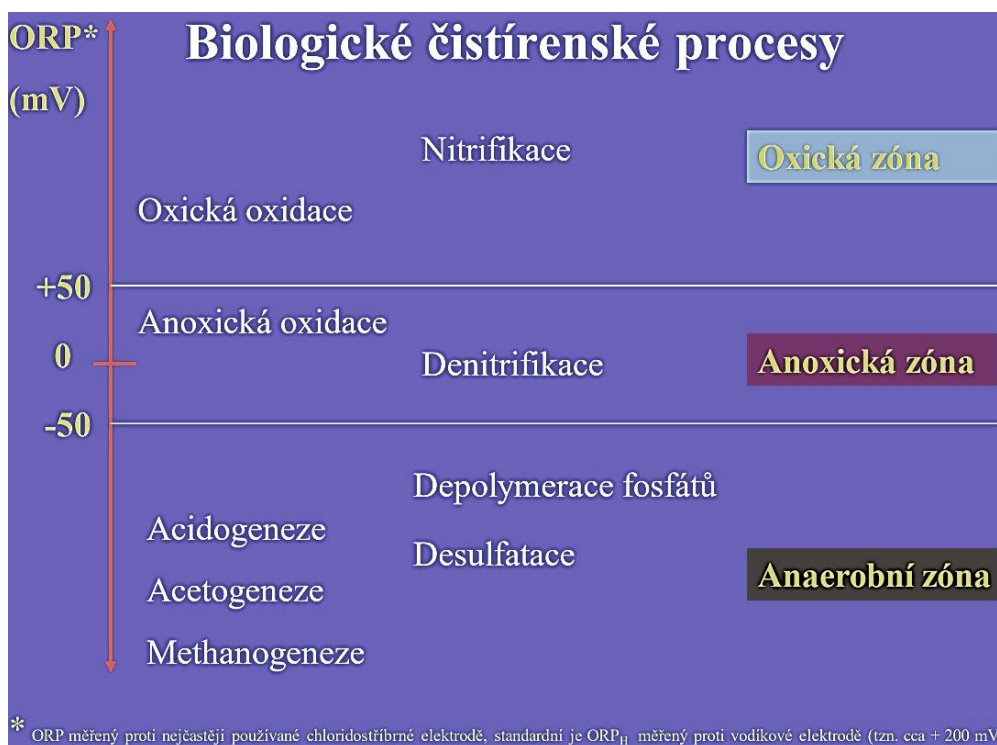
3.4.2 Čištění odpadních vod způsobem biologickým v aktivačních

čistírnách

Jedná způsob, při kterém se rozmnožují mikroorganismy a rozkládají organické látky pro získání energie pro vlastní existenci. Biologické čištění má za cíl shlukovat a rozkládat neusaditelné koloidní látky a stabilizovat organické látky. Tento proces funguje za podmínek s přístupem vzduchu nebo bez přístupu vzduchu. Samotný aktivační proces je nepřetržitá kultivace mikroorganismů v nesterilních podmínkách a probíhá na čistírnách odpadních vod v biologickém reaktoru. Kde aktivní složkou procesu je aktivní kal v aktivační nádrži, nebo například v biofiltru ve formě nárostů jako biofilm na určitém médiu. Základním principem biologických čistírenských procesů jsou biochemické oxidačně redukční reakce. Reakce se dělí podle konečného akceptoru elektronů a s tím související hodnotou oxidačně-redukčního potenciálu (Hlavínek a kol., 2006).

Redox potenciál popisuje stav oxidačně – redukčních reakcí, ty jsou základem biologických čistírenských procesů. Pro jejich rozdělení je rozhodující konečný akceptor elektronů. Biologické čistírenské procesy rozlišujeme na:

- Oxická - aerobní oblast, „kyslíkatá oblast“ je zde prostředí s hodnotou redox potenciálu nad +300 Milivoltů, (mV) přičemž konečným akceptorem elektronů je rozpuštěný kyslík. V této oblasti probíhá, probíhá nitrifikace a oxidace organických látek.
- Anoxická oblast „bez kyslíkatá oblast“ leží přibližně v rozmezí hodnot redox potenciálu -50 až +300 Milivoltů, (mV), akceptorem elektronů je dusičnanový a dusitanový dusík. Rozpuštěný kyslík není přítomen. V této oblasti probíhá hlavně biologická denitrifikace (anoxická oxidace, nitrátová respirace).
- Anaerobní oblast – začíná v prostředí s redox potenciálem nižším, než je -50 Milivoltů (mV). Organické látky jsou oxidovány kyslíkem obsaženým v anorganických sloučeninách, nejčastěji v síranech. Nejsou zde přítomny ionty dusičnanů, dusitanů a rozpuštěný kyslík. V tomto prostředí probíhá depolymerizace polyfosfátů, desulfatace, anaerobní acidogeneze, acetogeneze, methanogeneze, což je naznačeno na obrázku 2 (Pytl a kol., 2004).



Obrázek 2: Biologické čistírenské procesy podle prostředí s hodnotou redox potenciálu (Pytl a kol., 2004)

Na čistírnách odpadních vod bývá většinou biologické čištění, jako další stupeň procesu, který je zařazen za sekci hrubého předčištění. V aerobních podmínkách se uplatňují biochemické procesy podmíněné činností aerobních mikroorganismů. Ty v principu rozloží organické látky obsažené v odpadních vodách, oxidačními procesy, při přístupu kyslíku. Konečným produktem těchto složitých fází jsou oxid uhličitý a voda (Pytl a kol., 2004).

Aerobní proces

Proces je podmíněn zajištěním, správně nastaveného a zabezpečeného, přísunu kyslíku do reaktorů, aby bylo zabezpečeno potřebné množství mikroorganismu pro bezproblémový aerobní proces (Komínková a kol., 2014).

Proces s biomasou ve vznosu

Aktivačním procesem nazýváme proces s biomasou volně se nacházející ve vznosu odpadních vod. Tento je uplatňován asi v největší míře při čištění. V provzdušňované aktivační nádrži se vytvoří aktivovaný kal, což je přitékající odpadní voda, která je již

mechanicky předčištěna, dále je smíšena s recirkulovaným kalem, kde jsou organické látky, které jsou zdrojem pro růst buněk.

Obsah aktivačních nádrží nazýváme směsí aktivovaného kalu a čištěné odpadní vody. Aktivovaný kal obsahuje nerozložitelné organické látky, nižší organismy a mikroorganismy. Mikroorganismy jsou v kalu shlukovány a příčinou je zbytnění jejich buněčné blány vytvořením extracelulárních polymerů, složených převážně z polysacharidů, bílkovin a dalších látek. Mají funkci jako organické flokulanty a k tomuto dochází při provzdušňování odpadní vody. Zásadním hlediskem je stáří kalu, kdy do určité fáze dochází k nárůstu hmotnostního podílu extracelulárních polymerů (Komínková a kol., 2014).

Organismy aktivovaného kalu lze rozdělit na dvě skupiny. Skupina destruentů, ti zajišťují biochemický rozklad látek nacházejících se v kalu. Do této skupiny lze zařadit například bakterie, mikroskopické houby a bezbarvé sinice (Chudoba, 1991).

Skupina konzumentů využívá jiné organismy jako substrát a jde o zástupce mikrofauny, jednobuněční – protozoa (například nálevníci (Ciliata), mnohobuněční – metazoa (například želvušky (Tardigrada) obrázek 3. Výskyt těchto mikrofaun v aktivovaném kalu indikuje dobrý a stabilní čistící systém (Komínková a kol., 2014).



Obrázek 3: Želvuška Tardigrada (Meckese, a kol., 2013)

Bakterie aktivovaného kalu se vyskytují převážně ve formě velkých makroskopických útvarů, vloček, což je způsobeno i vláknitými mikroorganismy. Ty však musí být v optimálním množství. Naopak přemnožení některých vláknitých mikroorganismů, může negativně ovlivňovat biologický proces čištění a na biologické lince ovlivnit tvorbu nadměrné pěny v souvislosti s provzdušňovanými nádržemi. Velikostí vloček je docíleno lepší oddělení od kapalné fáze a snazší sedimentace. To je následně uplatněno v dalším postupu v dosazovacích nádržích při oddělování kalu (Komínková a kol., 2014).

Pro zajištění dobrých kultivačních podmínek aktivovaného kalu, je důležité sledování hodnot v provozovaném systému u těchto veličin, koncentrace kyslíku, redox potenciál, hodnota pH, teplota odpadních vod, koncentrace aktivovaného kalu, styk substrátu odpadní vody a biomasy (Pytl a kol., 2004).

Proces s přisedlou biomasou

Biologické čištění odpadních vod probíhající v reaktorech s přisedlou kulturou je charakteristický tím, že kultura mikroorganismů se vytváří na pevném podkladu nosiče v biologické bláně a v tomto biofilmu probíhá mikrobiální rozklad i děje sorpční, kde dochází k zadržení nerozpustných sloučenin. Podle kombinace a způsobu provozu, lze charakterizovat biofiltry či kolony skrápěné, ponořené, rotační biodiskové, dále pak kombinace těchto reaktorů. Jde o princip, který popisuje provozní způsoby kontaktu s odpadní vodou. Například u rotačních biokontaktorů je principem čištění působení směsné kultury mikroorganismů tvořících biologický povlak vytvořený na povrchu pomalu se otáčejících většinou plastových disků. Disky jsou částečně ponořeny v nádrži s odpadní vodou. Střídavé podmínky vzdušného a vodního prostředí jsou zdrojem živin pro biomasu. Je nutné zabezpečit kontinuální chod, ustálenost teploty vody a vhodnou cirkulaci vzduchu. (Pytl a kol., 2004).

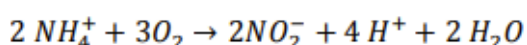
Odstraňování sloučenin dusíku v biologickém procesu

Koncentrace dusíku jsou jedním ze zásadních kritérií sledovaných ve vypouštěných odpadních vodách, cílem biologického procesu je odstraňování sloučenin dusíku a následná redukce. K tomu je využíván proces nitrifikace, který je biochemická oxidace na amoniakální dusík a dusičnany a dále přes denitrifikaci, která je biochemická redukce dusičnanů na oxidy dusíku a plynný dusík (Pytl a kol., 2004).

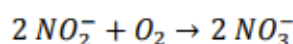
Nitrifikace

Popisuje princip, kdy je amoniak oxidován na dusičnany. K nitrifikaci dochází při biologickém aerobním čištění, probíhá-li za vhodných podmínek. Nitrifikace probíhá ve dvou fázích činností chemolitotrofních bakterií, které jako zdroj uhlíku využívají CO₂ (Komínková a kol., 2014).

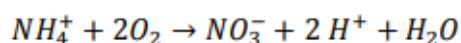
1. stupeň - Nitrosomonas



2. stupeň- Nitrobacter



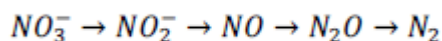
Celková reakce:



V prvním stupni (nitritačním) je oxidován amoniak na dusitany bakteriemi rodu Nitrosomonas a Nitrosococcus. Ve druhém stupni (nitratačním) jsou dusitany oxidovány bakteriemi rodu Nitrobacter a Nitricystis na dusičnany (Komínková a kol., 2014).

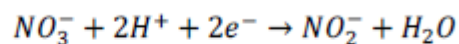
Denitrifikace

Proces, při kterém dochází k redukci dusičnanů přes dusitany a nižší oxidy dusíku až na elementární plynný dusík (Komínková a kol., 2014).

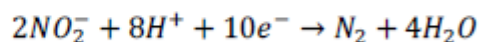


Denitrifikace probíhá za anoxických podmínek, tedy v prostředí bez molekulárního kyslíku, kdy dochází k redukci dusičnanů a dusitanů na oxid dusný, který je následně redukován na konečný produkt, kterým je dusík. Tento proces je výsledkem metabolické činnosti chemoorganotrofních aerobních bakterií, které při rozkladu organických látek využívají jako akceptor elektronů molekulární kyslík, ale v jeho nepřítomnosti jsou schopny využít jako náhradní akceptory elektronů dusitany a dusičnany, které redukují na N₂O a N₂ (Komínková a kol., 2014).

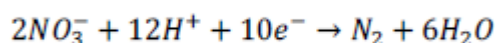
1. stupeň



2. stupeň



Celková reakce:



Denitrifikace probíhá ve dvou stupních, v prvním stupni dochází k redukci dusičnanů na dusitany a ty jsou pak v druhém stupni redukovány na oxid dusný a elementární dusík (Komínková a kol., 2014).

3.4.3 Čištění odpadních vod způsobem fyzikálně chemickým

Fyzikálně chemických způsobů lze využít u čištění odpadních vod pro odstraňování fosforu, organických látek nebo zlepšení oddělitelnosti kalů od vodné fáze. K metodám srážení a koagulace se jsou využity převážně hlinité nebo železité soli. Používají se flokulační činidla pro zajištění snazší oddělení kalů z odpadních vod, pro dosažení zlepšení jakosti vypouštěných odpadních vod z čistíren odpadních vod (Pytl a kol., 2004).

Koagulace

Při používání dávkování koagulantů je rozhodujícím faktorem účinné nadávkování a umístění dávkovací jednotky. Podle místa lze ovlivnit a zajistit předsrážení, tedy v případech umístění dávkování těsně před biologickou linku. Nebo zajistit dávkování přímo do provzdušňované zóny, kde probíhá společně srážení fosforu a biologické čištění protékajících vod. Pokud je místo zvoleno až na odtoku z dosazovacích nádrží, tedy následné srážení, je nutné uplatnit další terciální stupeň pro sedimentaci. (Pytl a kol., 2004).

Flokulace

Při flokulaci se využívají chemické látky, pro zlepšení separace aktivovaného kalu. Přidáním polymerních flokulantů dochází k vytvoření silné vazby mezi mikrovločkami

a vytváří se velikostně mohutnější a stabilnější shluky kalu a následkem je zvýšení hmotnosti vloček s příznivějšími vlastnostmi pro separaci při usazování. Polymerní organické flokulanty je vhodné zavádět před dosazovací nádrže. Vždy je nutné ověřit efekt použitých typů a kombinací a brát ohledy i na ekonomickou stránku věci (Komínková a kol., 2014).

3.4.4 Terciální čištění odpadních vod

Pro zajištění stále se zpřísnujících legislativních požadavků, na jakost ve vypouštěných odpadních vodách z čistíren odpadních vod, které vyplývá z principu ochrany recipientů, je východiskem zařazení na ČOV třetí stupeň čištění odpadních vod (Komínková a kol., 2014).

Pro dočišťování odpadních vod lze využít řadu metod, které se uplatňují v oboru vodárenství například pro úpravu vod, jako jsou filtry, mikrosíta, sorpční procesy na aktivním uhlí, ozonizace a dezinfekce UV zářením. V praxi jsou též využívány způsoby jako pískové filtry, nebo srážení fosforu (Komínková a kol., 2014).

Terciální čištění se používá především pro odstranění mikroorganismů a látek. Nejčastější efekt má terciální stupeň čištění v zachycení například zbytkových nerozpuštěných látek, farmak nebo fosforu. Jsou vhodnou formou ochrany toků při nežádoucích únicích kalů z dosazovacích nádrží. A zachycení jistých nepředvídatelných nerovnoměrností, spojených s provozováním čistírny odpadních vod (Foller a kol., 2017).

3.4.5 Kalové hospodářství

Čištění odpadních vod je vždy spojeno s produkcí kalů. Jedná se o všechny příměsi, které jsou zachyceny a usazovány v zařízeních po mechanickém a biologickém a fyzikálně chemickém čištění. Poměr těchto látek ovlivňuje charakter odpadních vod, ať už jsou to městské, průmyslové, z potravinářské či zemědělské produkce a podobně. Složení závisí například na technologickém procesu, specifické spotřebě vody, metodách čištění a na jiných podmínkách (Kunst, 2002).

Pro využití redukce kalu na biologických čistírnách odpadních vod lze využít více buněčné organismy. Odpadní vody obsahují bakterie, houby, plísňe jako zástupce destruentů, protozoa a metazoa, larvy hmyzu jako zástupce konzumentů.

V aktivačním systému jsou konzumenti zastoupeni převážně prvoky a příležitostně mnohobuněčnými organismy, ve skrápěných biofiltrech je populace mnohobuněčných významně početnější. Bývá pravidlem, že nárůst biomasy u skrápěných biofiltrů je dramaticky nižší než v aktivačním systému. U mnohobuněčných zástupců je produkci biomasy nižší, ale zároveň se projeví na více mineralizovaném kalu, při kterém je organický uhlík přeměněn na CO₂. To způsobuje snížení produkce biomasy a k vylepšení odvodnitelnosti a sedimentačních vlastností kalu. Nevýhodou mineralizace kalu za pomoci mnohobuněčných organismů je zvýšení fosfátů a dusičnanů (Reising a kol., 1997).

V komunálních odpadních vodách vykazují kaly větší stejnorodost. Obsah kapalin v kalu určuje velikost částic pevné fáze a obsah organické hmoty. Čím jsou částice menší a čím je vyšší obsah organické hmoty, tím více je kapalin v kalu. Klasifikací se rozlišují tři druhy vazby vody – volná (mezi částicemi), koloidně vázaná (vázána na povrch částic) a kapilární (Komínková a kol., 2014).

Způsoby odstranění vody z kalu tedy vyžaduje kombinace postupů. Pro vodu volnou, která se vyskytuje mezi částicemi, je vhodná technologie jako usazování a zahušťování. Voda koloidně vázaná na povrch částic adhezivními silami vyžaduje způsoby jako odstředování nebo tlakovou filtraci. Kapilární voda je vázána k povrchům částic nejtěsněji, jsou nutné speciální metody například sušení, zplynování či termickým rozkladem (Otterpohl, 1999).

Zahušťování

V procesu zahušťování dojde k odstranění volné vody a kal stále zůstane v tekuté konzistenci. Zmenší se objem, který lze čerpáním dále dopravovat. Využívá se gravitačních zařízení, zahušťovací plochy – nádrže. Dále je možné provést flotační zahušťování, mikrobublanky plynu, které vynášejí částice na povrch kapaliny (Komínková a kol., 2014).

Odvodnění

Způsoby zpracování kalů vedou ke zmenšování objemu a ke zlepšení struktury, tedy základní způsoby jsou zaměřeny na odvodňování kalů. To probíhá na kalových polích, kalojemech. Strojně je prováděno na odstředivkách nebo lisech. Lisy mohou být šnekové, síto-pásové, komorové, membránové a další (Komínková a kol., 2014).

Sušení

Pro postupy sušení je mnoho typů rotační, bubnové, válcové, s ložem ve vlnosu, rozprašovací, protiproudové, komorové, pásové. Procesem procházející kal je ve výsledku granulován a obsah sušiny je cca 90 %. Dochází k velké redukci objemu a zároveň k hygienizaci (Komínková a kol., 2014).

Spalování

Jedná se o destrukční metodu, která zahrnuje využití energie. Kal je využit jako palivo a vzniká popel, který může být využit či skládkován. Metody mohou být různé. Mokrý spalování při mokré oxidaci kalu při kritické oblasti teploty vody a kritickém tlaku (Dohányos, 2013).

Pyrolýza

Jedná se o likvidaci kalu při teplotě cca 1000 °C za nepřítomnosti kyslíku. Při pyrolýze dochází k chemické destrukce organických látek teplem bez přítomnosti kyslíku. Produkty pyrolýzy jsou plynné například oxid uhličitý, oxid uhelnatý, vodík, methan a další, kapalné kondensáty a tuhý zbytek. Pyrolýzní plyn a kapalný podíl se spalují. Tuhé zbytky je možné skládkovat (Dohányos, 2006).

Surový kal obsahuje koncentrovaný materiál, ve kterém je předpokládána přítomnost patogenních mikroorganismů, toxických chemických látek a těžkých kovů. Patogenní mikroorganismy jsou obsaženy v exkrementech infikovaných lidí a zvířat, což mohou být viry například způsobující hepatitidy, Koliformní bakterie Salmonela, Escherichia coli a tak dále. Z chemických látek jsou to zejména polychlorované bifenyly nebo adsorbovatelné organicky vázané halogeny. Z těžkých kovů se můžou vyskytovat prvky kadmia, chromu, mědi, rtuti, olova a jiných (Komínková a kol., 2014).

Stabilizace je způsob, kterým se kal upravuje. Stupeň stabilizace charakterizuje určitá míra vlastností kalu a vhodnost pro jeho určitý další způsob využitelnosti. Obecně by stabilizovaný kal, neměl způsobovat škody, a tedy i nepoškodovat životní prostředí. Neměl by kontaminovat vodu, půdu a vyvolávat obtíže na smysly lidí. Například by neměl způsobovat negativní zápach. Kal by měl být upravený a nemělo by docházet

již k jeho dalšímu biologickému rozkladu. Minimalizací lehce rozložitelných organických látek lze docílit aerobní anebo anaerobní fermentací. Hlavním cílem by měla být hygienizace kalu, ten by měl prodělat takovou úpravou, že počty indikátorů patogenních mikroorganismů budou sníženy na požadovanou legislativní hodnotu (Chudoba, 1991).

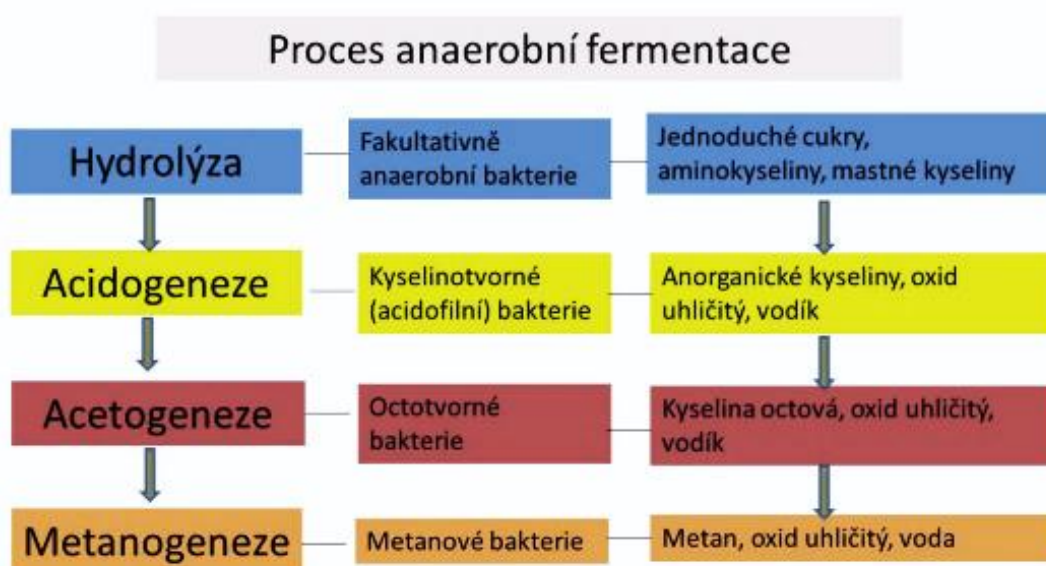
Aerobní stabilizace kalů z čistírny odpadních vod

Aerobní biologická stabilizace - mezofilní, probíhá obvykle v otevřených nádržích, termofilní (autotermní), vyžaduje uzavřené reaktory často jako předstupeň anaerobní stabilizace (Chudoba, 1991).

Anaerobní stabilizace kalů z čistírny odpadních vod

Čistírenské kaly se rozdělují na primární, přebytečný a aktivovaný. Anaerobní biologická stabilizace kalu je proces anaerobního vyhnívání organických látek. Jedná se o navazující procesy, na kterých se podílí skupiny anaerobních mikroorganismů. Produkované látky jedné skupiny se poté stávají substrátem pro další skupinu (Chudoba, 1991).

Postupný rozklad se dá rozdělit do čtyř základních stupňů. Hydrolýza – v této fázi hydrolytické organismy striktně nevyžadují bezkyslíkaté prostředí. Acidogeneze druhá fáze rozkladu na jednodušší organické látky. Acetogeneze, označována jako mezifáze, a dochází zde ke štěpení substrátu na vodík, oxid uhličitý a kyselinu octovou. Metanogeneze je již konečnou fází procesu a obsahuje metanogenní organismy, které rozkládají methanol, kyselinu mravenčí, metylamin, oxid uhličitý, vodík, oxid uhelnatý, kyselinu octovou. V této poslední fázi dochází k tvorbě bioplynu jako produktu a dále vzniká vyhnílý kal a kalová voda. Znázornění je uvedeno na obrázku 4 (Chudoba, 1991).

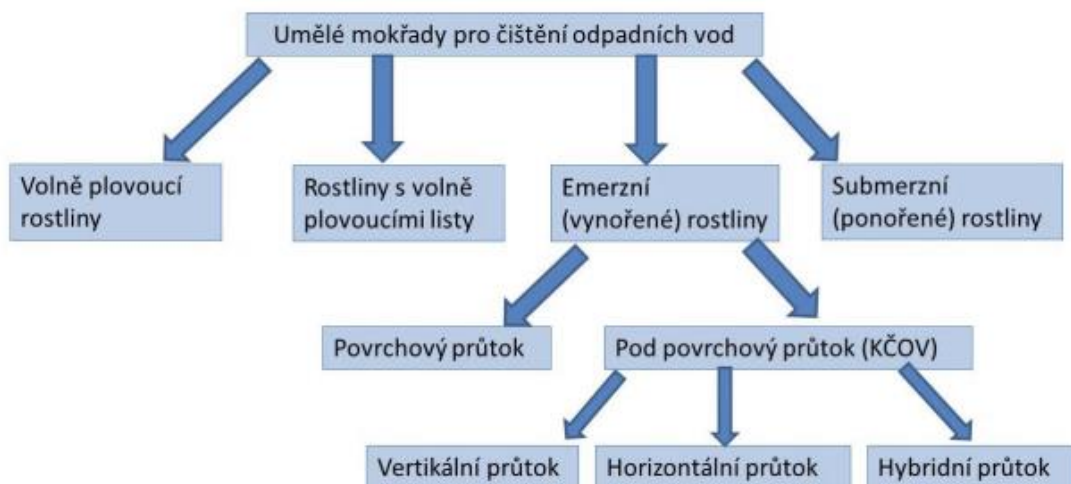


Obrázek 4: Schéma anaerobní digesce (Komínková a kol., 2014)

Způsob stabilizace kalu, ovlivňuje hmotnostní a objemový úbytek organické hmoty, tím, že je uvolněna značná část organického uhlíku v plynné formě. V metanu, oxidu uhličitém a uvolněním vody, původně vázaných chemicky i fyzikálně. Dochází k potlačení ostatních složek fauny a flóry, která se vyskytovala v kalu. Produktem anaerobní biologické stabilizace je tedy bioplyn, vyhnílý kal a kalová voda. Výhodou procesu je, že dochází ke snížení patogenů a bioplyn lze dále využít například jako zdroj na výrobu tepla (Komínková a kol., 2014).

3.4.6 Umělé mokřady pro čištění odpadních vod

Umělé mokřady jsou systémy, které jsou navrženy a budovány tak, aby bylo možné využívat, v přírodě se přirozeně vyskytující samočistící procesy, pro čištění odpadních vod. Jsou to procesy, které probíhají vzájemnou interakcí vegetace a mikrobiálních společenstev v půdním, vodním a mokřadním prostředí. Pro čištění odpadních vod jsou tak využity přírodní způsoby, ale v kontrolovaných podmínkách. Na obrázku 5 jsou prezentovány způsoby dělení umělých mokřadů (Vymazal, 2004).



Obrázek 5: Rozdělení umělých mokřadů pro čištění odpadních vod (Vymazal, 2004)

Kořenové čistírny odpadních vod

Pro čištění a dočištění komunálních odpadních vod, lze využívat vegetační kořenové čistírny. K přednostem toho způsobu, je v možnostech zakomponování do přírodního prostředí a v ideálním případě mají i pozitivní estetickou hodnotu a nemají rušivý vliv na krajinu. Výhodou je i celkem jednoduché stavební a technické provedení. Energetická náročnost vlastního provozování je minimální, a to se kladně odráží na ekonomické stránce provozu. K hlavním nedostatkům je nutné uvést, že v zimním období při nízkých teplotách je čistící účinek negativně ovlivněn a dále jsou to poměrně velké nároky na plochu, která je potřeba pro čistírnu vymezit (Vymazal, 2009).

Využívání kořenových čistíren odpadních vod, je prováděno v praxi přibližně pět desítek let. Na našem území se s provozováním KČOV začalo v roce 1989. Tento způsob čištění, je využíván v největší míře pro zneškodňování odpadních vod s menší návrhovou kapacitou. V České republice je Nejrozšířenějším typem uspořádání s vynořenými rostlinami a podpovrchovým tokem (Vymazal, 2009).

Pro správnou funkci kořenové čistírny odpadních vod je podmínkou zařadit v první fázi mechanické předčištění, vhodné jsou česle a část pro usazení například lapák štěrku, písku, štěrbínová nádrž, které zachytí hrubé nečistoty (Komínková, 2014).

Část vegetačního tělesa obsahuje filtrační lože, které nese zásadní funkci a použité materiály musí být vhodně vybrány, aby plnily svou funkci. Většinou se využívají

vyprané šěrky, drcené kamenivo nebo kačírtek. Pro sběrné a rozvádějící zóny se využívají větší frakce 50–200 milimetrů. Pro distribuci vody jsou využity rozvodné potrubí a následně sběrné potrubí z materiálu plast či kamenina. Velikost potřebné plochy vegetačních polí, pro splaškové odpadní vody, je užívána hodnota pět metrů čtverečních na jednoho ekvivalentního obyvatele (Cooper, 1993).

Vegetace, kterou je osázeno vlastní filtrační lože plní klíčové funkce pro poskytnutí vhodných podmínek pro mikroorganismy, které se vykytují na povrchů kořenů a oddenků a přívádění kyslíku do kořenové zóny dále plní i funkci izolace při nepříznivých klimatických podmínkách zejména v zimním období. Mokřadní rostliny, které jsou nejčastěji používány jsou rákos obecný (*Phragmites australis*), orobinec širokolistý (*Typha latifolia*), chrastice rákosovitá (*Phalaris arundinacea*), kosatec žlutý (*Iris pseudacorus*) (Vymazal, 2004).

3.5 Legislativa

3.5.1 Právní rámec

Legislativa týkající se vodního hospodářství v České republice je součástí právní ochrany kompletní oblasti životního prostředí a spadá tedy pod předpisy, které upravují ochranu složek životního prostředí. Základ je zakotven v zákoně č. 1/1993 Sb., Ústava České republiky, kde se uvádí, že stát dbá o šetrné využívání přírodních zdrojů a ochranu přírodního bohatství. Dále je zde zákon č. 2/1993 Sb., Listina základních práva a svobod, kde je zohledněno právo na příznivé životní prostředí. Oporu najdeme i v zákoně č. 17/1992 Sb., o životním prostředí. A jelikož je naše země součástí politiky Evropské unie a je povinností začleňovat do státních právních předpisu tuto legislativu, je pro nás závazná směrnice Evropského parlamentu a Rady 2000/60/ES ustanovující rámec pro činnost Společenství v oblasti vodní politiky.

3.5.2 Vybrané právní předpisy

V konkrétnější podobě, v oblasti odvádění a čištění odpadních vod a nakládání s opady z provozu čistíren odpadních vod, to jsou i následující zákony, které prošly mnoha novelami a další jsou připravovány.

Zákon č. 254/2001 Sb., o vodách a o změně některých zákonů, v platném znění. Kde účelem tohoto zákona je chránit povrchové a podzemní vody, stanovit podmínky pro hospodárné využívání vodních zdrojů a pro zachování i zlepšení jakosti povrchových i podzemních vod, vytvořit podmínky pro snižování nepříznivých účinků povodní a sucha a zajistit bezpečnost vodních děl.

A zásadní legislativu pro provozování je také zákon č. 274/2001 Sb., o vodovodech a kanalizacích pro veřejnou potřebu a o změně některých zákonů, v platném znění, a jednou z podmínek v něm uvedených je, že platí pro vodovody a kanalizace, pokud je trvale využívá alespoň padesát fyzických osob, nebo průměrná denní produkce z ročního průměru pitné či odpadní vody za den je minimálně deset metrů krychlových.

Zákon č. 185/2001 Sb., o odpadech, který byl nově nahrazen zákonem č. 541/2020 Sb., o odpadech. Kde účelem tohoto zákona je zajistit vysokou úroveň ochrany životního prostředí a zdraví lidí a trvale udržitelné využívání přírodních zdrojů předcházením vzniku odpadů a nakládáním s nimi v souladu s hierarchií odpadového hospodářství za současné sociální únosnosti a ekonomické přijatelnosti. Dále je zmíněn cíl, umožnění přechodu k oběhovému hospodářství.

Související zásadní zákony z oboru vodovodů a kanalizací:

Zákon č. 89/2012 Sb., občanský zákoník, v platném znění.

Zákon č. 262/2006 Sb., zákoník práce, v platném znění.

Zákon č. 309/2006 Sb., o zajištění dalších podmínek BOZP, v platném znění.

Zákon č. 258/2000 Sb., o ochraně veřejného zdraví, v platném znění.

Zákon č. 224/2015 Sb., o prevenci závažných havárií, v platném znění.

Zákon č. 350/2011 Sb., o chemických látkách a chemických směsích a o změně některých zákonů (chemický zákon), v platném znění.

Zákon č. 133/1985 Sb., o požární ochraně, v platném znění.

Zákon č. 541/2020 Sb., o odpadech, v platném znění.

Zákon č. 201/2012 Sb., o ochraně ovzduší, v platném znění.

Zákon č. 76/2002 Sb., o integrované prevenci a o omezování znečištění, o integrovaném registru znečišťování a o změně některých, v platném znění.

Zákon č. 100/2001 Sb., o posuzování vlivů na životní prostředí a o změně některých souvisejících zákonů, v platném znění.

K zákonům je nutné doplnit, že jejich provádění a naplňování je uskutečňováno prostřednictvím prováděcích předpisů. Jedná se o nařízení vlády, vyhlášky, a další předpisy. Ty jsou většinou vydávány úřady v oboru působnosti životního prostředí, zemědělství, pro místní rozvoj, zdravotnictví.

Jmenovat je nutné i tyto další právní předpisy a právní normy, které souvisejí s provozováním čistíren odpadních vod. Právních předpisů je mnohem větší počet, zde je zmíněn pouze omezený výčet legislativních nástrojů, nic méně zásadních.

Nařízení vlády č. 57/2016 Sb., o ukazatelích a hodnotách přípustného znečištění odpadních vod a náležitostech povolení k vypouštění odpadních vod do vod podzemních, v platném znění.

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

Vyhláška č. 448/2017 Sb., kterou se mění vyhláška č. 428/2001 Sb., kterou se provádí zákon č. 274/2001 Sb., o vodovodech a kanalizacích pro veřejnou potřebu a o změně některých zákonů (zákon o vodovodech a kanalizacích), v platném znění.

Vyhláška č. 328/2018 Sb., o postupu pro určování znečištění odpadních vod, provádění odečtů množství znečištění a měření objemu vypouštěných odpadních vod do vod povrchových.

ČSN 75 6401: Čistírny odpadních vod pro více než 500 ekvivalentních obyvatel.

ČSN 75 6402: Čistírny odpadních vod do 500 ekvivalentních obyvatel.

ČSN 75 6101: Stokové sítě a kanalizační přípojky.

TNV 75 6011: Ochrana prostředí kolem kanalizačních zařízení.

Právní předpisy procházejí neustálou změnou a úpravy zasahují velmi zásadně do práv a povinností vlastníků a provozovatelů vodohospodářské infrastruktury. Proto je nutné legislativní úpravy sledovat ve Sbírce zákonů ČR. Stejnopisy Sbírky zákonů a Sbírek mezinárodních smluv jsou zveřejňovány prostřednictvím Ministerstva vnitra na k tomu určených webových stránkách.

4. Metodika

4.1 Zajišťování podkladů

Zájmové území bylo zvoleno tak, aby bylo dostupné svou územní polohou. Nachází v severních Čechách v Ústeckém kraji, okrese Most ve městě Lom u Mostu. Jedná se o vodohospodářskou infrastrukturu města, konkrétně čistírnu odpadních vod Lom u Mostu, ve které jsou zneškodňovány odpadní vody z přilehlé urbanizované aglomerace.

Pro téma, které jsem si pro diplomovou práci zvolila, bylo nejprve nutné zmapovat dostupné možnosti získávání informací a podkladů pro problematiku vodohospodářského oboru v zájmové oblasti. Prostudování a seznámení se s vlastnickými a provozními vztahy, principem správy a výstavby vodohospodářské infrastruktury dané lokality.

Prostudovat souvislosti navazujících vztahů profesních a oborových organizací a sdružení. Jejichž činnosti jsou orientovány na podporu vzdělávání, v přenesené působnosti i zastupují odborné skupiny při jednáních se státními orgány ve věcech legislativních, technické normalizace či vytváření ekonomických pravidel. Jakými jsou například SOVAK – Sdružení oborů vodovod a kanalizací.

Prostudovat dostupné dokumenty a materiály úřadů státní správy, pověřených vykonávat tuto správu v dané zájmové oblasti vodního hospodářství.

Zorientovat se v problematice nakládání s odpadními vodami a následným čištěním odpadních vod na čistírnách odpadních vod v daném regionu, kterou zahrnuje zájmová oblast. Kontaktování daných organizací a zjišťování dostupných materiálů vhodných pro vypracování diplomové práce.

4.2 Použité postupy

V rámci daných možností bylo sledováno zájmového území, které se provádělo v terénu, v areálu čistírny odpadních vod, v průběhu různých období. Bylo prováděno dohledávání písemných informací o aglomeraci a konkrétních objektech. Byl aplikován průzkum na základě porovnávání dostupných mapových podkladů z veřejných databází a byl zohledněn faktor místní znalosti lokality. V průběhu sledovaného období byly pořízeny fotografie čistírny odpadních vod Lom u Mostu použité v této práci.

Byly využity veřejně dostupné archivní materiály, dostupné přes internet. Dále dohledávání smluvních dokumentů přes databázi veřejných zakázek.

Získání souhlasu k nahlédnutí do dokumentace provozní společnosti dané lokality včetně dostupných informací o kvalitě odpadních vod, které jsou využity pro zpracování vyhodnocování. Dále pak byly využity zveřejňované dokumenty samotného vlastníka a provozovatele vodohospodářské infrastruktury.

Lokalita se nachází v aglomeraci města Lom u Mostu, a proto byly informace získávány i z veřejných portálů měst a obcí dané zájmové oblasti a dostupné informace z portálů státní správy měst Lomu u Mostu, Litvínova, Mostu a Oseka.

Pro zpracování grafických znázornění zájmového lokality, byly využity mapové podklady dostupné na webových stránkách úředního orgánu státní správy Český úřad zeměměřický a katastrální s využitím zákresu přes geodetický informační systém - GIS.

Dále bylo pracováno s využitím historických mapových podkladů z databáze geoportál ČÚZK. Informace z veřejných mapových portálů.

Podklady o kvalitě a množství vod byly zjišťovány na základě osobního jednání a písemné žádosti o poskytnutí dokumentů u provozní společnosti Severočeské vodovody a kanalizace, a.s.

Na základě poskytnutých dat o měření kvality a množství vod, bylo provedeno vyhodnocení intenzifikace čistírny odpadních vod z hlediska účinnosti odstraňování základních chemických parametrů. Byly vyhodnocovány, ukazatele BSK₅, CHSK_{Cr}, NL, N-NH₄⁺ a celkový fosfor. Veličiny jako látkové a hydraulické zatížení a účinnosti procesu čištění. Vyhodnocen provoz a plnění limitů daných platným rozhodnutím vydaným vodohospodářským orgánem. Pro názorné a přehledné zpracování výsledků a posouzení účinnosti čištění a zatížení čistírny odpadních vod v Lomu u Mostu byl využit program Microsoft Office Excel a grafické znázorňovací aplikace.

5. Čištění odpadních vod v Lomu u Mostu

5.1 Minulost oblasti

Místo zájmu se nachází na úpatí svahů Krušných hor. Historická osada zde vznikla na podkrušnohorské cestě koncem dvanáctého století a od té doby je trvale osídleno. Od roku 1938 je vyhlášeno městem Lom u Mostu. Do roku 1989 hrozila městu likvidace v důsledku těžby hnědého uhlí. Oblast se nachází v severočeské hnědouhelné pánvi. Tato skutečnost se dotkla celkového stavu města. Lepší vyhlídky a další rozvoj získalo město po revoluci v roce 1989. Rozhodnutím vytvořit na hranici města tak zvaný ochranný pilíř a zastavit v této lokalitě další těžbu uhlí. To bylo zásadní pro záchranu města v historických hranicích a možnost rozvoje (ČSÚ, 2020).

5.2 Základní údaje oblasti

Zájmové území se nachází v severních Čechách v Ústeckém kraji, okrese Most ve městě Lom u Mostu. Jedná se o vodohospodářskou infrastrukturu města, konkrétně čistírnu odpadních vod Lom u Mostu, ve které jsou zneškodňovány odpadní vody z napojené kanalizační soustavy z přilehlé urbanizované aglomerace.

V současné době, vzhledem k výhodné poloze v blízkosti měst Most, Litvínov a velkých podniků, jako jsou například chemické závody Unipetrol u Litvínova, se město zařadilo mezi lokality pro stavby rodinných domků. Součástí města je k.ú. Loučná. V Lomu u Mostu jsou dostupné všechny nezbytné služby, od mateřské školky, základní školy, policejní stanice, přes lékaře a ústav sociální péče až po kulturní dům. Zásobení pitnou vodou je realizováno z vodovodního přivaděče z úpravny vody v Meziboří.

Město se skládá ze dvou částí, územně je rozděleno na části Lom a Loučná. Město dohromady má přibližně 3 700 obyvatel a přes 800 domů. Vodohospodářská infrastruktura, která se týká kanalizační sítě obce, je také rozdělena na dvě části. Každá část má kanalizační síť zakončenou samostatnou mechanicko-biologickou čistírnou (ČSÚ, 2018).

Místně příslušná horní část obce je zakončena čistírnou odpadních vod Loučná a odvádí odpadní vody převážně z katastrálního území Loučná. Místně příslušná dolní část Lom u Mostu se nachází v nadmořské výšce okolo 300 m.n.m. Územím protékají potoky Lomský, Radčický, Loučenský. V případě Radčického potoka se jedná o přeloženou částí původního toku z důvodu odvedení vod z důlní oblasti.

V tomto regionu severních Čech, působí Severočeská vodárenská společnost a.s. Její správa vodohospodářské infrastruktury pokrývá Ústecký a Liberecký kraj. Provozování vodohospodářského majetku ve vlastnictví Severočeské vodárenské společnosti je smlouvou svěřeno provozní společnosti Severočeské vodovody a kanalizace, a. s. Tato zájmová oblast je na obrázku číslo 6 (SVS, 2019).



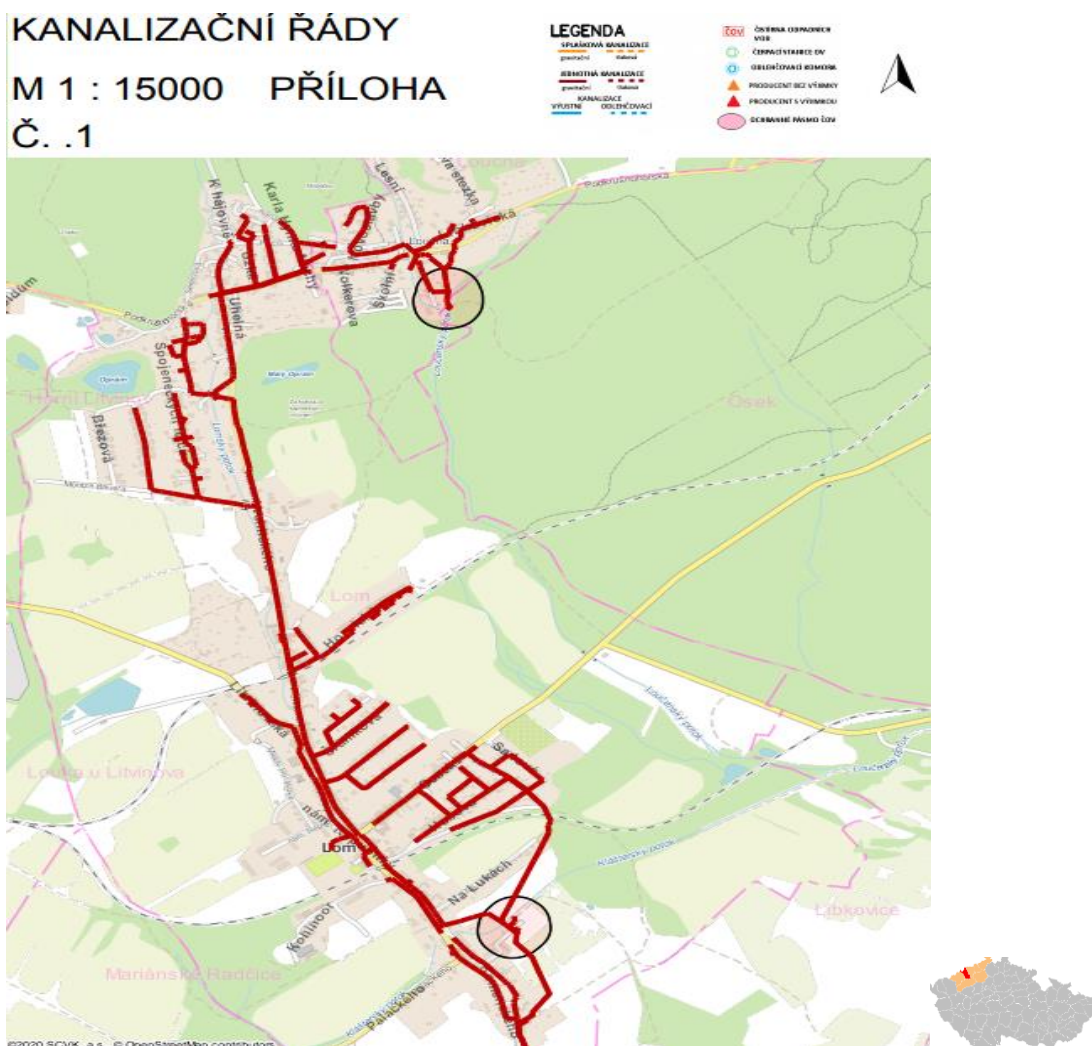
Obrázek 6: Zájmová oblast správy Severočeská vodárenská společnost a.s. v Ústeckém a Libereckém kraji (SVS, 2019)

5.3 Popis stokové sítě města Lom u Mostu

Stokovou síť města Lom u Mostu tvoří soustava splaškové a jednotné gravitační kanalizace v kombinaci s výtlačnými řady a tlakovou kanalizací. Kanalizace je zaústěna do čistírny odpadních vod Lom u Mostu. Kanalizační systém vychází z trasy rozvětveného páteřního kanalizačního sběrače „A“ zakončeného na v ČOV (SČVK, 2004).

Ve své trase se kanalizace větví na stoky „AA“ až „AW“, vedené převážně osami ulic. A zahrnuje tři čerpací stanice odpadních vod včetně výtlačných řadů. Z dolní části odkanalizované zástavby města jsou odpadní vody přečerpávány ČSOV Lom u Mostu, výtlačným řadem „V1“, vede ulicemi Komenského a poté volným terénem k ČOV Lom u Mostu kde se napojuje stoka „A“ před čistírnou odpadních vod.

Výtlačný řad „V2“ je veden z čerpací stanice v ulici Šrámkova a dále se napojuje do stoky „AK“. Vzhledem k velkým výškovým rozdílům terénu je nutné odpadní vody přečerpávat i z ulice Hornická a dále jsou odpadní vody odváděny stoku „AL“. Na kanalizační síti, která je na obrázku 7, jsou tři odlehčovací stoky s odlehčovacími komorami, se zaústěním do Radčického a Lomského potoka. Z čistírny odpadních vod jsou odváděny vyčištěné vody do recipientu Radčický potok (SčVK, 2004).



Obrázek 7: Kanalizační síť Lom u Mostu (SčVK , 2020)

5.3.1 Objekty na stokové síti

Čerpací stanice odpadních vod Lom u Mostu

Objekt je situován na samostatném pozemku v oploceném areálu, na jižní straně obce u silnice Komenského směrem na Libovice. Je umístěn v zatravněném terénu na hranici s lesním porostem. ČSOV je osazena strojně stíranými česly. Dále jej tvoří čerpací komora, ve které jsou osazena dvě čerpadla společně s armaturou výtlačku. S touto komorou je přelivem spojena havarijní komora.

Čerpací stanice odpadních vod Lom u Mostu – Šrámkova

Situována je na konci ulice Šrámkova v zatravněném terénu jako neoplocený objekt se vstupem do šachty v úrovni terénu. Součástí je pilíř elektroměrového rozvaděče. ČSOV sestává z obetonované plastové mokré jímky a je osazena dvěma čerpadly odpadních vod. Měření hladiny je zajištěno plovákovým hladinoměrem.

Čerpací stanice odpadních vod Lom u Mostu – Hornická

Je situována na konci ulice Hornická u přílehlé komunikace, není oplocena a součástí je pilíř elektroměrového rozvaděče. Jedná se o podzemní objekt plastové obetonované jímky. ČSOV je vybavena česlicovým košem, dvěma čerpadly včetně vodících tyčí, kabelovými rozvody elektro instalace a ultrazvukovým hladinoměrem.

5.3.2 Limity znečištění vypouštěné do kanalizace

Vypouštění odpadních vod do veřejného kanalizačního systému obce Lom u Mostu od producentů je podmíněno stanovenými limity míry jejich znečištění a množství stanovených platným kanalizačním řádem.

Odpadní vody s obsahem zvláště nebezpečných látek, do kanalizačního systému být vypouštěny nesmí. Například látky ohrožující zdraví, bezpečnost či látky radioaktivní nebo infekční.

Případné nadlimitní hodnoty jsou projednávány s vlastníkem, respektive s provozovatelem kanalizace. V dalších případech se dále postupuje podle platného zákona a na základě povolení vodoprávních úřadů.

Přehled ukazatelů a požadované hodnoty míry znečištění stanovené kanalizačním řádem je uveden na obrázku číslo 8 (SČVK, 2020).

Ukazatele	Symbol	Požadované hodnoty	Jednotka
Chem. spotřeba O ₂ dichromanem	CHSK _{Cr}	800	mg . l ⁻¹
Biochem. spotřeba O ₂ pětidenní	BSK ₅	400	mg . l ⁻¹
Nerozpuštěné látky	NL	350	mg . l ⁻¹
Fosfor celkový	P _{celk}	10	mg . l ⁻¹
Reakce vody	pH	6,0 – 9,0	
Amoniakální dusík	N- NH ₄ ⁺	45	mg . l ⁻¹
Dusík celkový	N _{celk}	70	mg . l ⁻¹
Rozpuštěné anorg. soli	RAS	1 200	mg . l ⁻¹
Sírany	SO ₄ ²⁻	400	mg . l ⁻¹
Chloridy	Cl ⁻	150	mg . l ⁻¹
Fluoridy	F ⁻	2	mg . l ⁻¹
Tenzidy anionaktivní	PAL-A	6	mg . l ⁻¹
Tenzidy neionogenní	PAL-N	6	mg . l ⁻¹
Extrahovatelné látky	EL	60	mg . l ⁻¹
Uhlovodíky C ₁₀ -C ₄₀	C ₁₀ -C ₄₀	7	mg . l ⁻¹
Kyanidy celkové	CN _{celk.}	0,2	mg . l ⁻¹
Kyanidy toxické	CN _{tox}	0,05	mg . l ⁻¹
Fenoly jednosytné (těkající s vodní parou)	FN _p	5	mg . l ⁻¹
Celkové železo	Fe	10	mg . l ⁻¹
Rtuť	Hg	0,05	mg . l ⁻¹
Nikl	Ni	0,1	mg . l ⁻¹
Měď	Cu	0,1	mg . l ⁻¹
Chrom celkový	Cr _{celk.}	0,3	mg . l ⁻¹
Chrom šestimocný	Cr ⁶⁺	0,05	mg . l ⁻¹
Olovo	Pb	0,1	mg . l ⁻¹
Arzén	As	0,1	mg . l ⁻¹
Zinek	Zn	0,5	mg . l ⁻¹
Selen	Se	0,05	mg . l ⁻¹
Molybden	Mo	0,1	mg . l ⁻¹
Kobalt	Co	0,05	mg . l ⁻¹
Kadmium	Cd	0,05	mg . l ⁻¹
Stříbro	Ag	0,1	mg . l ⁻¹
Vanad	V	0,05	mg . l ⁻¹
Adsorb. organicky vázané halogeny	AOX	0,1	mg . l ⁻¹
Barva – spektrofotometricky spektr. absorpční koeficient Hg λ 436 nm spektr. absorpční koeficient Hg λ 525 nm spektr. absorpční koeficient Hg λ 620 nm	λ 436 nm λ 525 nm λ 620 nm	5,5 3,5 2,5	m ⁻¹
Teplota	T	30	°C

Obrázek 8: Jakost odpadních vod stanovená kanalizačním řádem (SČVK, 2004)

5.4 Popis čistírny odpadních vod Lom u Mostu

5.4.1 Popis původního stavu

Původní čistírna odpadních vod Lom u Mostu byla uvedena do provozu v roce 1998. Odpadní vody byly na ČOV přiváděny dvěma přítoky, gravitačně shybkou přes Radčický potok a výtlačkem zavedeným do kanalizační šachty před areálem. Nátokem přes česle ve venkovním provedení, natékala odpadní voda gravitačně přes ruční česle v provozním objektu. Za lapákem písku natékaly předčištěné odpadní vody do čerpací stanice, ze které byly čerpány potrubím do biologického stupně přes rozdělovací objekt, jak představuje fotodokumentace uvedená v příloze 1, 2, 3, a 4.

Přes rozdělovací objekt byl nátok odpadní vody čerpán na biologický reaktor Oxiclar, který byl tvořen dvojicí denitrifikačních nádrží, dvojicí nitrifikačních nádrží, dvojicí separátoru kalu a jedním kalojemem se zahušťovacím zařízením kalu Reovit. Objekt nádrží byl nadsazený nad terén a zpřístupněn po ocelovém schodišti a lávce. ČOV byla za lapákem písku vybavena obtokem, který byl zaústěn do odtoku vyčištěné vody. Měření bylo na společné části vyústění a poté voda odtékala do recipientu. Provozní budova, byla velmi vážně staticky narušena a obsahovala části pro dmychárnu, elektro zařízení a zázemí pro obsluhu. Celý areál byl oplocen a připojen na elektrickou energii, rozvod pitné vody, a telekomunikační přípojku (SčVK, 2018).

5.4.2 Popis provedené intenzifikace

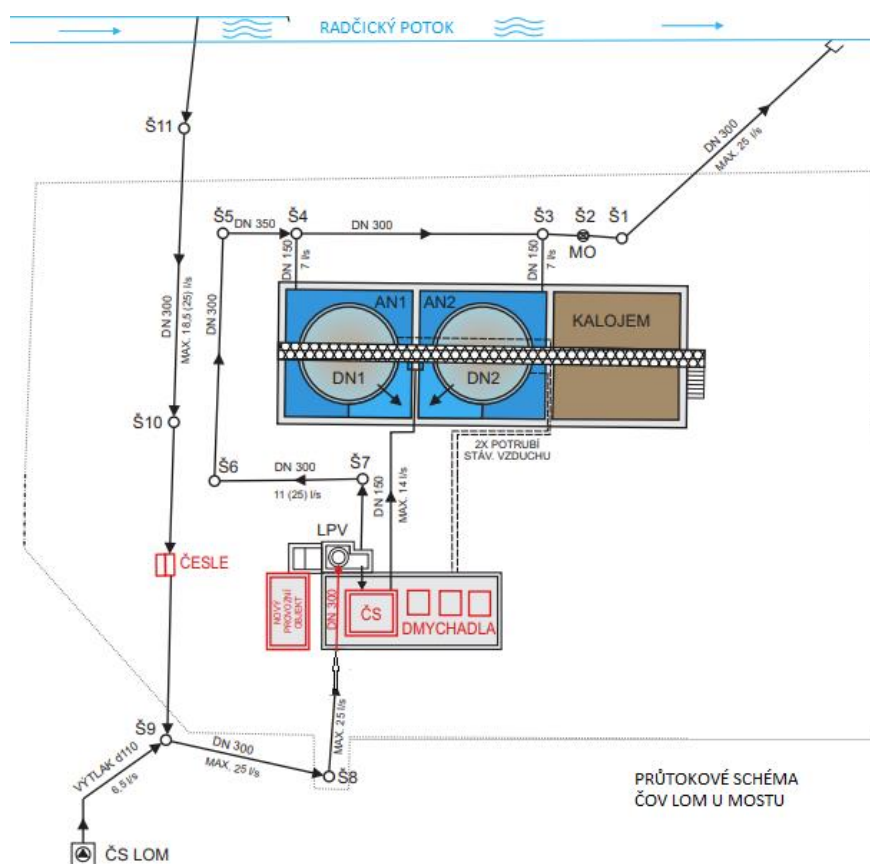
Předmětem rekonstrukce byla výstavba nového hrubého předčištění ve venkovním provedení, nové vystrojení lapáku písku. Byla provedena demontáž strojních česlí v provozním objektu, demolice stávající nevyhovující a staticky narušené budovy provozního objektu. Bylo provedeno umístění nové provozní buňky a umístění nových dmychadel ve venkovním provedení s protihlukovou izolací. Stávající biologický stupeň, včetně ostatních částí ČOV byly zachovány, jak představuje fotodokumentace uvedená v příloze 5, 6, 7, 8, 9, 10, 11 a 12.

Intenzifikace stavby ČOV Lom u Mostu byla zahájena a prováděna v průběhu roku 2017 a dokončena na konci téhož roku. Dále navazoval zkušební provoz a stavba byla zkolaudována v červnu roku 2018.

Z důvodu nestability objektu vzhledem k podloží a značnému poškození nosných zdí, byla provedena demolice původních částí hrubého předčištění včetně provozního objektu a kompletní části dmychárny. Intenzifikace byla prováděna za provozu čistírny odpadních vod.

5.4.3 Základní specifikace po intenzifikaci

Na čistírnu odpadních vod jsou odpadní vody z města Lom u Mostu přiváděné kombinovanou soustavou splaškové a jednotné kanalizace. ČOV sestává z mechanického předčištění, které zahrnuje: lapák štěrku, jemné strojně stírané česle, lis na shrabky, obtok s ručními česlemi, lapák písku. Kompaktní biologický stupeň rozdělený na dvě biologické linky, denitrifikace, nitrifikace s vestavěným separátorem aktivovaného kalu. ČOV je vybavena kalojemem s volnou hladinou. Součástí ČOV je provozní buňka se sociálním zařízením a elektrorozvodnou. Vyčištěné vody jsou odváděny přes měrný objekt do recipientu. Areál ČOV je oplocen a přístup je z místní komunikace. Průtokové schéma je na obrázku 9.



Obrázek 9: Průtokové schéma ČOV Lom u Mostu po intenzifikaci (SČVK 2019)

5.4.4 Stavební objekty a provozní soubory

Objekt hrubého předčištění tvoří strojně stírané česle s integrovaným lisem. Na začátku objektu hrubého předčištění je prohlubeň lapáku šterku. Šterk je těžen a odvážen fekálním vozem, pro tento účel je v plném zakrytí ze sklolaminátu zhotoven otvíratelný přístupový poklop. Za prohlubní lapáku šterku následuje hlavní žlab přítoku a obtokový žlab.

Strojní česle

Do hlavního žlabu jsou osazeny strojně stírané česle s integrovaným lisem na shrabky, ve venkovním provedení. Pro provoz v zimním období jsou zateplené, vyhřívané. Česle jsou o průlině 6 mm, hloubka v místě česlí cca 1700 mm. Výsypka jemných česlí navazuje na násypku integrovaného lisu na shrabky s promýváním.

Výpad z lisu na shrabky je osazený pytlovacím zařízením, to zajišťuje ochranu před zápachem a zlepšuje hygienické podmínky v okolí. Shrabky z česlí jsou shromažďovány ve vanovém kontejneru s vyjímatelným mezidnem z polypropylenových roštů krytých filtrační textilií umožňující odtok dešťové vody z kontejneru. Zadní čelo, nahoru vyklápěné kolem horních závěsů, je utěsněno gumovým profilem. Před a za česlemi v hlavním kanále jsou zhotoveny drážky s nerezovými profily ve stěně žlabu, pro hrazení pomocí fošen, u důvodu údržby provozu.

Vedle hlavního žlabu je vybudován obtokový žlab o hloubce 1400 mm, ve kterém jsou umístěny ruční česle o průlině 30 mm, včetně odkapového perforovaného žlábků pro shrabky. Hloubka žlabu v místě ručních česlí cca 1400 mm.

Vertikální lapák písku

Přítok do lapáku písku je potrubím. Lapák písku je vystrojen nerezovou vestavbou, pro těžení hydrosměsi, pro čištění fekálním vozem a cyklickým rozvířováním. Do lapáku písku je usazen uklidňující válec, na který je napojeno přítokové potrubí.

Lapák písku je dále opatřen přívodem tlakového vzduchu pro rozvíření písku, na jehož potrubí je osazen uzávěr pro seřízení výkonu. Tlakový vzduch pro rozvířování lapáku písku, je odebírán z rozvodu tlakového vzduchu dmychadel.

Čerpací stanice

Z lapáku písku natéká mechanicky předčištěná voda do rozdělení na dvě linky s možností odstavení jedné ze dvou linek. Komora má vyspádované dno ke zde osazeným čerpadlům. Jsou zde osazena tři čerpadla.

Přečerpávací komora je krytá odnímatelnými rošty, pro možnost čištění je čerpací jímka opatřena stupadly. Podlaha v jímce je vyspádována směrem k čerpadlům.

Biologická část

Odpadní vody jsou čerpány na biologický stupeň, biologický reaktor Oxclar, který je ve dvojlínkovém provedení a je tvořen denitrifikací, nitrifikací a vnořenou dosazovací nádrží vždy v každé lince. Nádrže jsou dvě o půdorysném vnitřním rozměru cca 8,5 x 8,5 m a hloubce 4,5 m, hloubka vody cca 4 m. Každá nádrž je vybavena přepážkami, které ji rozdělují na denitrifikaci a nitrifikaci a vestavěnou dosazovací nádrž.

Každá nádrž denitrifikace je vybavena míchadlem, jemnobublinným aeračním systémem, ve střídavém režimu bez souběhu míchání a aerace. Nádrže nitrifikace jsou vystrojeny jemnobublinným aeračním systémem a je v nich osazeno měření koncentrace rozpuštěného kyslíku a teploty. Aerační systém sestává z roštu s trubkovými provzdušňovacími elementy.

Obě dosazovací nádrže jsou tvořeny pravidelným dvanáctibokým komolým jehlanem s průměrem opsané kružnice cca 6 m a průměrem ve dně cca 1 m.

Dosazovací nádrž

Přítok do dosazovací nádrže je z konce nitrifikace otvorem při dně. Otvorem prochází potrubí odběru přebytečného kalu, které je napojeno do dna čerpací jímky čerpadla přebytečného kalu. V obdobné výšce je vedeno stěnou i potrubí mamutky vratného kalu do denitrifikace. Ve středu nádrže se nachází trychtýř mamutky odběru plovoucích látek, které jsou zaústěny do nitrifikace.

Odtok vyčištěné vody je děrovaným potrubím pod hladinou odváděn přes měrný objekt do recipientu. Odtah plovoucích nečistot je v ručním režimu. Odtah přebytečného kalu je v ručním režimu. Vratný kal je čerpán mamutkou.

Kalové hospodářství

Nádrž kalojemu má společnou stěnu s nádrží biologie a je o půdorysném rozměru cca 8,5 x 8,5 m a hloubce 4,5 m, max. provozní hloubky 4,0 m. Z kalojemu je na vnější stěnu vyvedeno potrubí osazené uzavírací armaturou pro těžení a odvoz kalu fekálním vozem.

Kal z nitrifikační části je řešen osazenou šachticí s kalovým čerpadlem, kam je přiváděn kal ze spodní části separace. Čerpadlem je přebytečný kal odtahován. Dále je čištěná voda vedena do separace.

Kal z vnořené dosazovací nádrže je separován. Separace probíhá dosazovací nádrží, která má tvar pláště pravidelného dvanáctibokého jehlanu. V dolní části je hydraulicky uzpůsobená pro fluidní filtraci kalu kalovým mrakem a pro jeho vnitřní recirkulaci. Na dně dosazovací nádrže je uložené potrubí, kterým je odčerpáván vratný kal do denitrifikace. Výška hladiny se řídí nastavením přepadové hrany v šachtičce, do které je odváděna vyčištěná voda z odtokových trubek. Uprostřed hladiny je osazen sběrač plovoucích nečistot, tyto jsou podle potřeby sběračem odtahovány zpět do aktivace.

Celkový objem kalojemu je 289 m³. Přebytečný kal je do nádrže dopravován čerpadlem. Kal je podle potřeby odčerpáván savicí fekálního vozu a odvážen na k tomu určenou ČOV.

Dmychadla

Dmychadla jsou umístěna na volném prostranství, vedle čerpací stanice na vybudovaném betonovém základu a jsou opatřena protihlukovými kryty ve venkovním provedení. Dmychadla jsou regulována na základě vyhodnocení měření kyslíkových sond, umístěné v aktivační nádrži. Potrubí od dmychadel k napojenému místu je vedeno nad terénem. Jedná se o tři dmychadla, tedy pro každou biologickou linku jedno se společným rezervním v případě poruchy.

Tlakový vzduch pro lapák písku je odebírán z rozvodu pro biologickou linku vsazenou odbočkou s uzavírací armaturou. Měření tlaku zajišťují tlaková čidla osazené na výtlačích k aktivačním nádržím.

Měrný objekt

Na odtokovém žlabu z ČOV je, pro měření množství vyčištěné odpadní vody, vybudována měrná šachta, která je osazena Parshallovým žlabem. Množství protékající vody je kontinuálně měřeno ultrazvukovou sondou, jejíž signál ukazující okamžitý stav hladiny je vyveden v místnosti obsluhy na kontrolním panelu. Měrný objekt slouží i pro odběr vzorků vyčištěné odpadní vody.

Provozní buňka

Pro potřeby obsluhy a elektroinstalační rozvody je v areálu ČOV osazena buňka s venkovními rozměry cca 3 m x 5 m, výšky 2,5 m. Buňka nemá okna a je zde místo pro obsluhu ČOV a místnost, která zahrnuje WC kombi a umyvadlo. Součástí buňky je nucené odvětrání místností. Buňka je vytápěna. Ohřev vody je zajištěn průtokovým ohřívačem.

6. Vyhodnocení procesu čištění odpadních vod

Sledování a vyhodnocování účinnosti čištění odpadních vod je velmi důležitou a nezbytnou součástí provozování. V rámci provozu čistírny odpadních vod se vyhodnocuje mnoho dalších činností, ale tato je podstatou funkce čistírny.

Pro vyhodnocení jsou zásadní projektové parametry dané vodohospodářské stavby a platné povolení k vypouštění odpadních vod, ve které jsou definovány podmínky a uložená měření stanovená dle platné legislativy.

6.1 Základní projektované parametry

Projektované parametry čistírny odpadních vod Lom u Mostu, vycházejí z potřeby dané aglomerace, z které jsou komunální odpadní vody odváděny kanalizačním systémem na ČOV. Množství a kvalita odpadních vod předpokládaná projektem je v bilanční kapacitě stavby navržena na stav zatížení do 1958 ekvivalentních obyvatel.

Množství odpadních vod je stanoveno:

průměrné roční množství bezdeštných vyčištěných vod je 319 448 m³ za rok

průměrné denní množství bezdeštných vyčištěných vod je 875 m³ za den

maximální přítok na ČOV je 90 m³ za hodinu

maximální přítok na aktivační nádrž 14 l/s (litrů za sekundu)

Hodnoty přiváděného znečištění:

Biochemická spotřeba kyslíku pětidenní, BSK_{5-denní} 117,50 kg za den;

Chemická spotřeba kyslíku dichromanem, CHSK_{Cr} 235,00 kg za den;

Nerozpuštěné látky, 107,69 kg NL za den;

Amoniakální dusík, N-NH₄⁺, 15,60 kg za den.

6.2 Podmínky vodoprávního rozhodnutí

Pro ČOV Lom u Mostu je vydáno povolení k vypouštění odpadních vod do vod povrchových. Množství a kvalita vypouštěných odpadních je uvedena v platném povolení vydaném Městským úřadem Litvínov, které bylo vydáno dne 14. 1. 2013 pod číslem jednacím. OŽP/14152013/MAJ/231.2/J-2340.

Platnost povolení je do 31. 12. 2022. Což vychází z platné legislativy, kde je stanoveno, že platnost povolení je maximálně na dobu deseti let.

Maximální množství vypouštěných odpadních vod je stanoveno v hodnotách; Q průměrné 25 l/s; Q maximální měsíční 38000 m³/měsíc; Q maximální 320000 m³/rok. Emisní limity pro provoz ČOV jsou uvedeny v tabulce číslo 1. Hodnota emisního limitu „p“ je přípustná koncentrace znečištění. Tento limit může být překročen v průběhu roku dvakrát. Hodnota emisního limitu „m“ je maximální koncentrace, která je nepřekročitelná. U amoniakálního dusíku je stanoven „průměr“. Je to hodnota ročního aritmetického průměru výsledků rozborů za kalendářní rok (SČVK, 2013).

Emisní limity pro provoz ČOV:

ukazatel	Hodnota "p" mg/l	hodnota "m" mg/l	balance t/r
CHSK _{Cr}	80	120	20,5
BSK ₅	25	40	6,4
NL	25	40	6,4
N-NH ₄ ⁺	(průměr) 20	40	6,4

Tabulka 1: Emisní limity vypouštění odpadních vod z ČOV Lom u Mostu (SČVK, 2013)

Minimálně dvanáctkrát za rok se sledují ukazatele:

CHSK_{Cr} – chemická spotřeba kyslíku dichromanem, je hmotnostní koncentrace kyslíku spotřebovaného k oxidaci látek obsažených ve vodě (Pittel, 2009).

BSK₅ - biochemická spotřeba kyslíku (BSK) je definována jako hmotnostní koncentrace rozpuštěného kyslíku v roztoku, která byla spotřebována během biochemické oxidace organických látek za stanovených podmínek. Slouží jako nepřímý ukazatel množství biologicky rozložitelných organických látek ve vodě (Pittel, 2009).

Dále se dle rozhodnutí sleduje ukazatel amoniakální dusík N-NH_4^+ a nerozpuštěné látky NL. Rozbory jsou prováděny akreditovanou laboratoří. Archivace těchto dat je nutná minimálně po dobu pěti let.

Četnost sledování jakosti vypouštěných odpadních vod je 12krát za rok a typ vzorků je stanoven „A“, dvouhodinový směsný vzorek. Pro měření vypouštěných odpadních vod je stanoveno kontinuální měření, průtokoměrem na odtoku z ČOV. Místem pro vypouštění vyčištěných odpadních vod je přeložka Radčického potoka ústícího do toku Loučenský potok, hydrologické pořadí 1-14-01-053, pravý břeh.

7. Výsledky

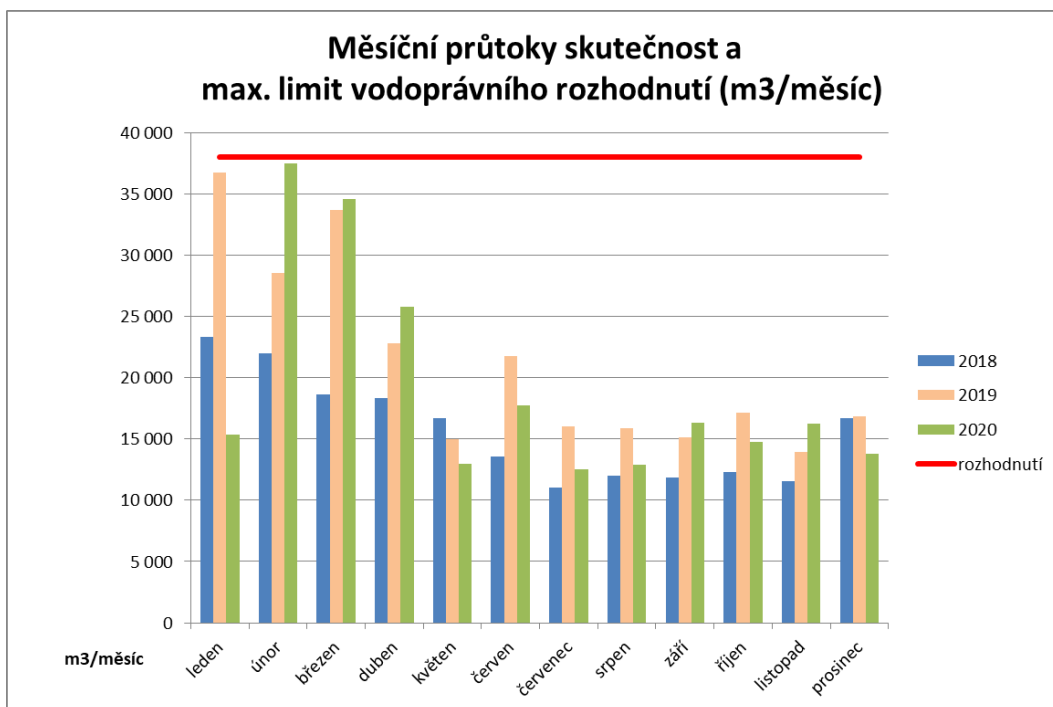
V této části práce jsou zpracovány výsledky rozborů odpadních vod pořízených na čistírně odpadních vod Lom u Mostu. Vyhodnocení zahrnuje bilanci hydraulického a látkového zatížení ČOV a porovnání skutečných hodnot s platným vodoprávním povolením a projektovými parametry intenzifikované ČOV.

Údaje jsou zpracovány za období tří let. Jedná se o roky 2018, 2019 a 2020. Vyhodnocení vychází ze vzorků odebíraných akreditovaným odběrem, automatickým odběrákem, dle stanovení platného vodoprávního rozhodnutí, jako typ A – dvouhodinových směsných vzorků získaných sléváním 8 dílčích vzorků stejného objemu odebraných v intervalu 15 minut. Analýza jednotlivých vzorků byla prováděna v akreditované laboratoři dle metodik a postupu technických norem.

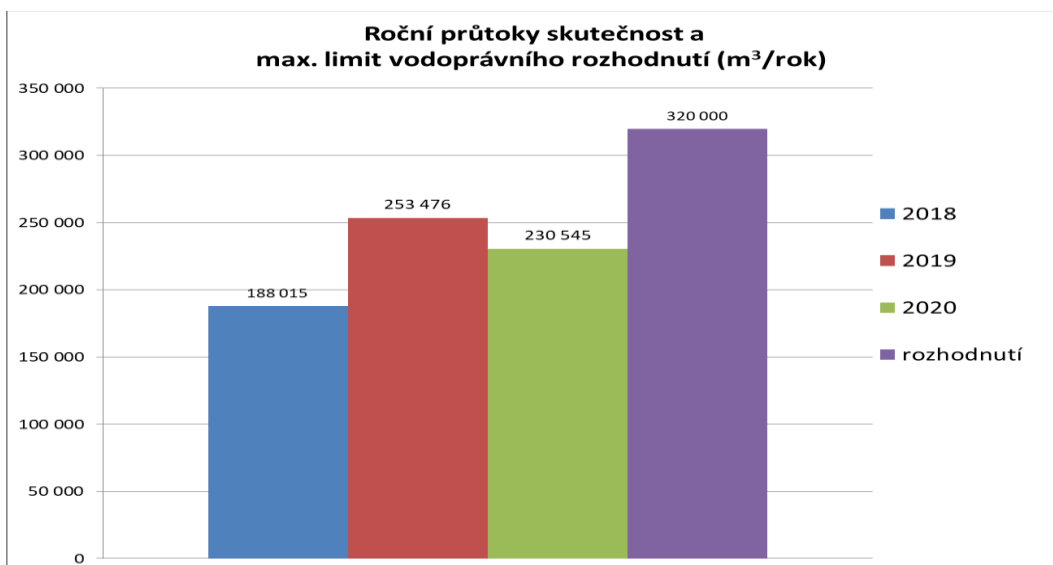
7.1 Bilance vypouštěných odpadních vod z ČOV

V tabulce je uvedeno skutečné množství vypouštěné vody z čistírny odpadních vod Lom u Mostu do recipientu v roce 2020, 2019 a 2018. Jsou vyhodnocena měsíční minima a maxima v průběhu roku. Měření vychází z kontinuálního měření na Parshallově žlabu.

V Grafu 1 a 2, je uvedeno skutečné množství vypouštěné vody z čistírny za sledované období a hodnoty jsou porovnány s maximálním limitem povoleného vypouštění za rok, uvedeném ve vodoprávním rozhodnutí. Ve všech letech vypouštěné množství nepřekračuje limity vodoprávního rozhodnutí.



Graf 1: Skutečné množství vypouštěných vod do recipientu v roce 2018, 2019, 2020 porovnané s platným vodoprávním rozhodnutím



Graf 2: Skutečné množství vypouštěných vod do recipientu v roce 2018, 2019 a 2020 porovnané s platným vodoprávním rozhodnutím

7.2 Vyhodnocení účinnosti čištění odpadních vod

Na základě podmínek platného vodoprávního rozhodnutí o povolení k nakládání s vodami, byly porovnány přípustné a maximální hodnoty emisních limitů, jedná se o

ukazatele, dle platného vodoprávního rozhodnutí, BSK₅, CHSK_{Cr}, NL, N-NH₄⁺.
 Výsledky z čistírny odpadních vod Lom u Mostu zahrnují roky 2018, 2019 a 2020.

rok	2018			
název výusti	ČOV Lom u Mostu			
proteklé množství [m3/rok]	188 015			
Vyhodnocení na základě naměřených hodnot	CHSKCr	BSK5	NL	N-NH4+
průměr [mg/l]	31,68	5,71	5,75	4,41
roční množství [t/rok]	5,96	1,07	1,08	0,83
účinnost čištění [%]	94,90	98,31	97,42	92,31

rok	2019			
název výusti	ČOV Lom u Mostu			
proteklé množství [m3/rok]	253 476			
Vyhodnocení na základě naměřených hodnot	CHSKCr	BSK5	NL	N-NH4+
průměr [mg/l]	28,25	3,29	3,87	3,12
roční množství [t/rok]	7,16	0,83	0,98	0,79
účinnost čištění [%]	95,01	98,92	98,15	92,52

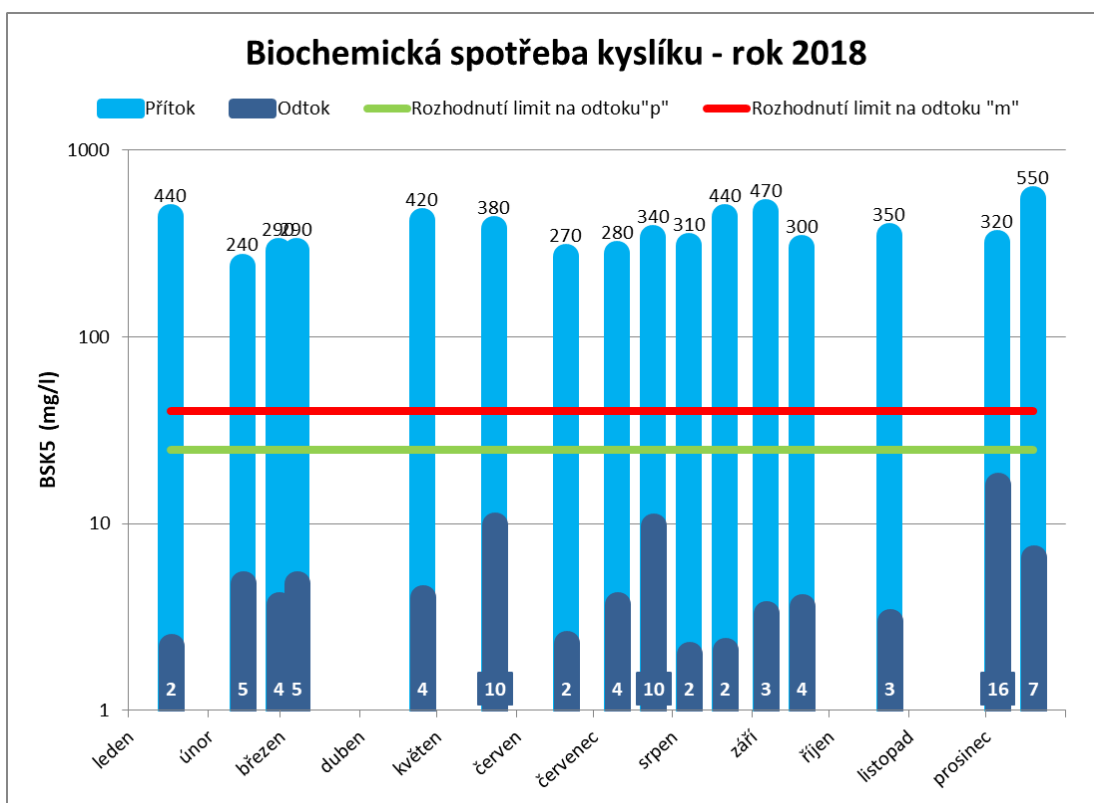
rok	2020			
název výusti	ČOV Lom u Mostu			
proteklé množství [m3/rok]	230 545			
Vyhodnocení na základě naměřených hodnot	CHSKCr	BSK5	NL	N-NH4+
průměr [mg/l]	40,92	9,11	8,33	13,96
roční množství [t/rok]	9,43	2,10	1,92	3,22
účinnost čištění [%]	93,32	98,12	99,12	71,76

Tabulka 2: Vyhodnocení účinnosti čištění dle skutečnosti za roky 2018; 2019 a 2020

7.2.1 Výsledky za kalendářní rok 2018

Za období kalendářního roku 2018, jsou vyhodnoceny výsledky z počtu šestnácti vzorků odpadních vod, odebraných na přítoku a odtoku ČOV. Maximální hodnota na přítoku, v ukazateli BSK₅ byla dosažena v měsíci prosinci 550 mg/l a průměrná jakost je 356 mg/l za kalendářní rok. Vypouštěné odpadní vody z ČOV, dosáhly maximální hodnoty v měsíci listopadu, 16 mg/l, průměrně dosažená jakost je 5,7 mg/l za kalendářní rok. Bilance ročního množství vypuštěného BSK₅ z ČOV za rok je 1,07 t/rok. Vypočítaná účinnost čištění je 98 procent.

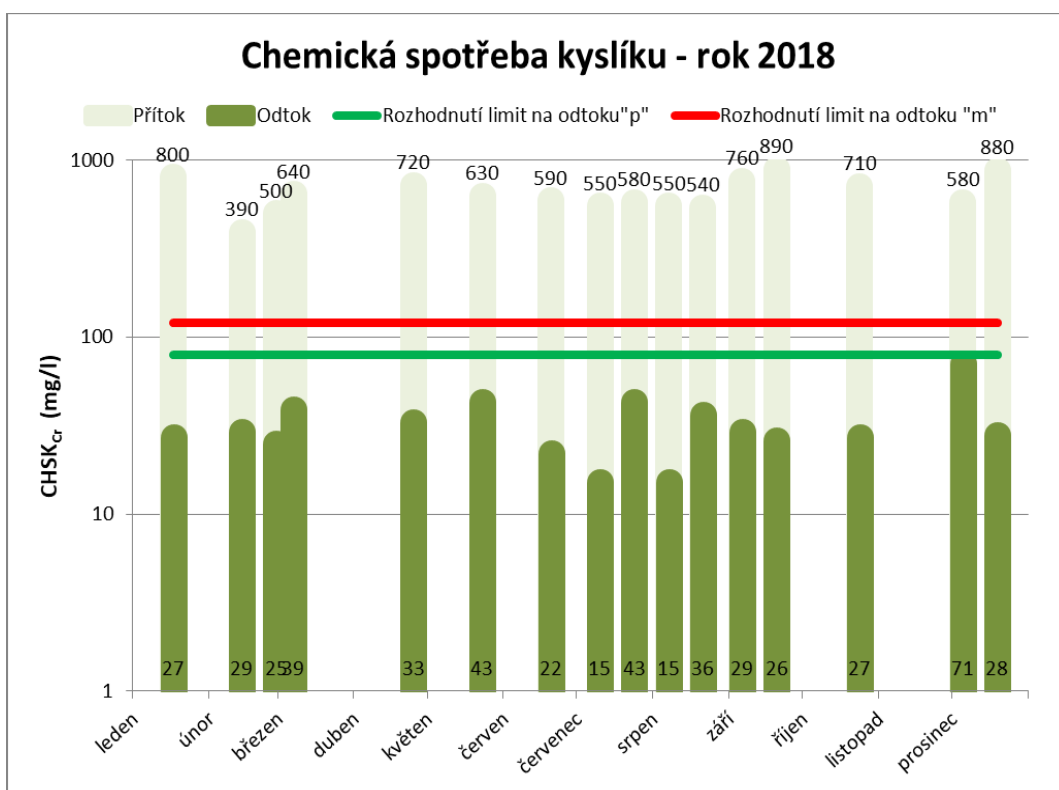
Hodnoty biochemické spotřeby kyslíku pěti-denní v odpadních vodách na přítoku a odtoku z ČOV, jsou porovnány s přípustnou a maximální koncentrací vypouštění, dle vodoprávního rozhodnutí stanoveného pro tuto ČOV. Jedná se o koncentrace BSK₅ na přítoku a odtoku na ČOV Lom u Mostu v roce 2018. (Koncentrace jsou porovnány s hodnotami „p“ a „m“ z vodoprávního rozhodnutí, stejný postup je zaveden i v další části této práce.). Z grafu 3 vyplývá, že hodnota emisních standardů nebyla ani jednou překročena.



Graf 3: Biochemická spotřeba kyslíku za rok 2018, dle vodoprávního rozhodnutí

Hodnota chemické spotřeby kyslíku dichromanem na přítoku byla maximální v měsíci září 890 mg/l a průměrná jakost je 622 mg/l za kalendářní rok. Na odtoku z ČOV, dosáhly maximální hodnoty v měsíci listopadu, 71 mg/l, průměrně dosažená jakost je 32 mg/l za kalendářní rok. Bilance ročního množství vypuštěného z ČOV za rok je 5,9 t/rok. Vypočítaná účinnost čištění je 95 procent.

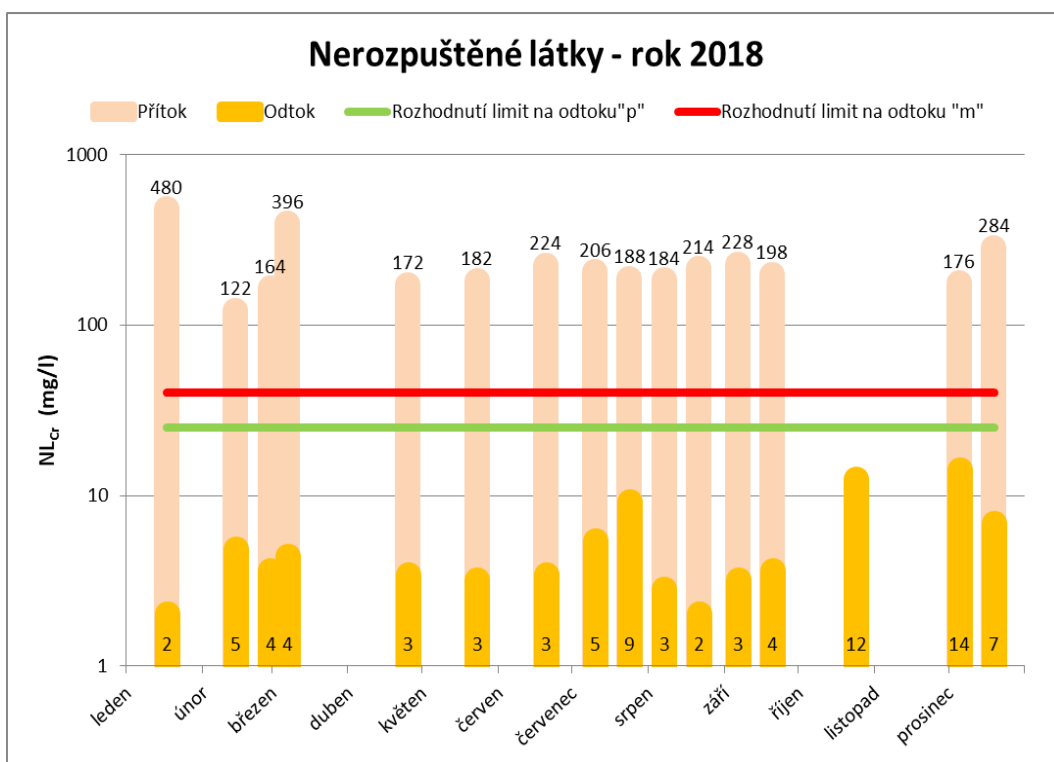
Naměřené hodnoty na přítoku a odtoku z ČOV, jsou srovnány s přípustnou a maximální koncentrací vypouštění, dle vodoprávního rozhodnutí stanoveného pro tuto ČOV. Z grafu 4 vyplývá, že hodnota emisních standardů nebyla ani jednou překročena.



Graf 4: Chemická spotřeba kyslíku dichromanem za rok 2018, dle vodoprávního rozhodnutí

Hodnota nerozpuštěných látek na přítoku byla maximální v lednu 480 mg/l a průměrná jakost je 222 mg/l za kalendářní rok. Na odtoku z ČOV, dosáhly maximální hodnoty v měsíci prosinci, 14 mg/l, průměrně dosažená jakost je 5,7 mg/l za kalendářní rok. Bilance ročního množství vypuštěného z ČOV za rok je 1,1 t/rok. Vypočítaná účinnost čištění je 97 procent.

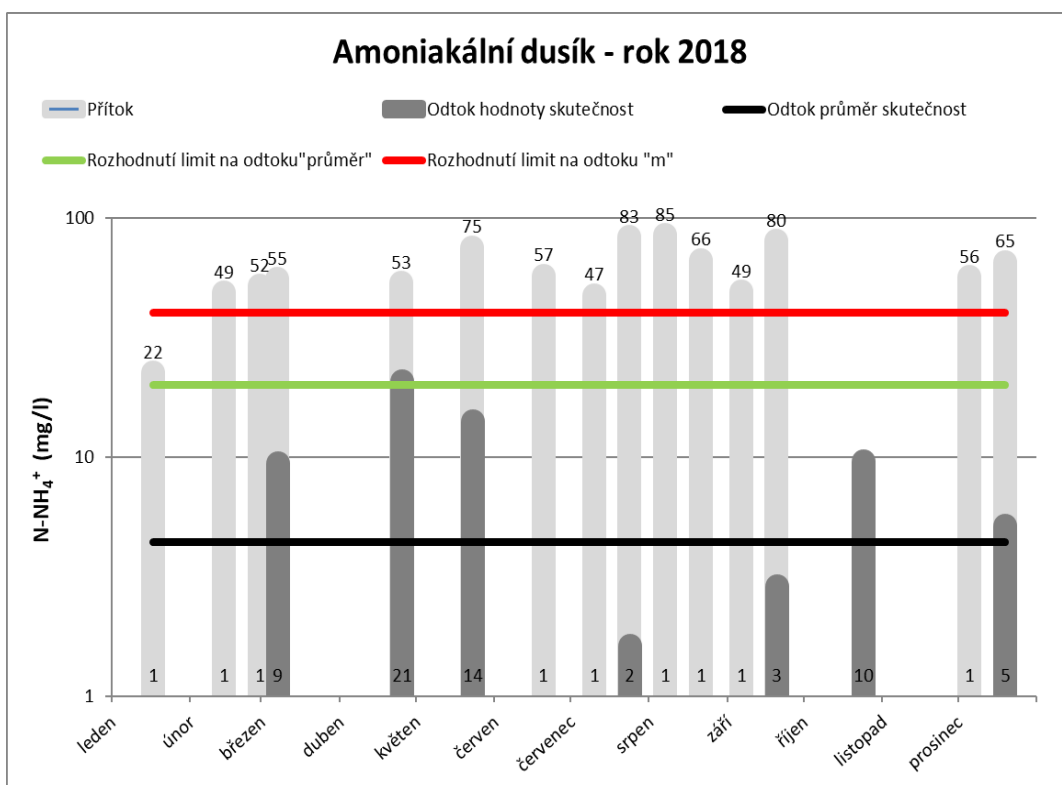
Naměřené hodnoty na přítoku a odtoku z ČOV, jsou srovnány s přípustnou a maximální koncentrací vypouštění, dle vodoprávního rozhodnutí stanoveného pro tuto ČOV. Z grafu 5 vyplývá, že hodnota emisních standardů nebyla ani jednou překročena.



Graf 5: Nerozpuštěné látky za rok 2018, dle vodoprávního povolení

Hodnota amoniakálního dusíku na přítoku byla maximální v srpnu 85 mg/l a průměrná jakost je 57 mg/l za kalendářní rok. Na odtoku z ČOV, dosáhly maximální hodnoty v měsíci květnu 20 mg/l, průměrně dosažená jakost je 4,4 mg/l za kalendářní rok. Bilance ročního množství vypuštěného z ČOV za rok je 0,8 t/rok. Vypočítaná účinnost čištění je 92 procent.

Naměřené hodnoty na přítoku a odtoku z ČOV, jsou srovnány s přípustnou a maximální koncentrací vypouštění a roční aritmetický průměr, dle vodoprávního rozhodnutí stanoveného pro tuto ČOV. Z grafu 6 vyplývá, že hodnota emisních standardů nebyla ani jednou překročena.



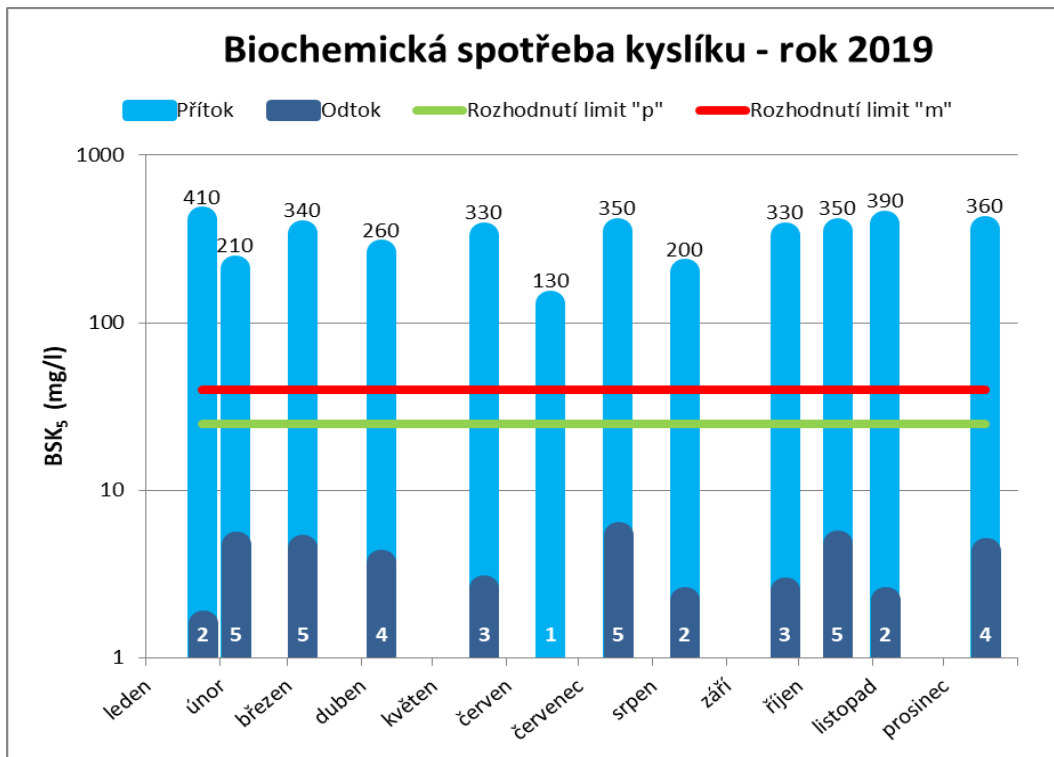
Graf 6: Amoniakální dusík za rok 2018, dle vodoprávního rozhodnutí

7.2.2 Výsledky za kalendářní rok 2019

Za období kalendářního roku 2019, jsou vyhodnoceny výsledky v počtu dvanácti vzorků odpadních vod, odebraných na přítoku a odtoku ČOV.

Maximální hodnota na přítoku, v ukazateli biochemická spotřeba kyslíku pětidenní byla dosažena v měsíci lednu 410 mg/l a průměrná jakost je 130 mg/l za kalendářní rok. Na odtoku z ČOV, dosáhly maximální hodnoty v měsíci červenci 5,4 mg/l, průměrně dosažená jakost je 3,3 mg/l za kalendářní rok. Bilance ročního množství vypuštěného BSK₅ z ČOV za rok je 0,38 t/rok. Vypočítaná účinnost čištění je 99 procent.

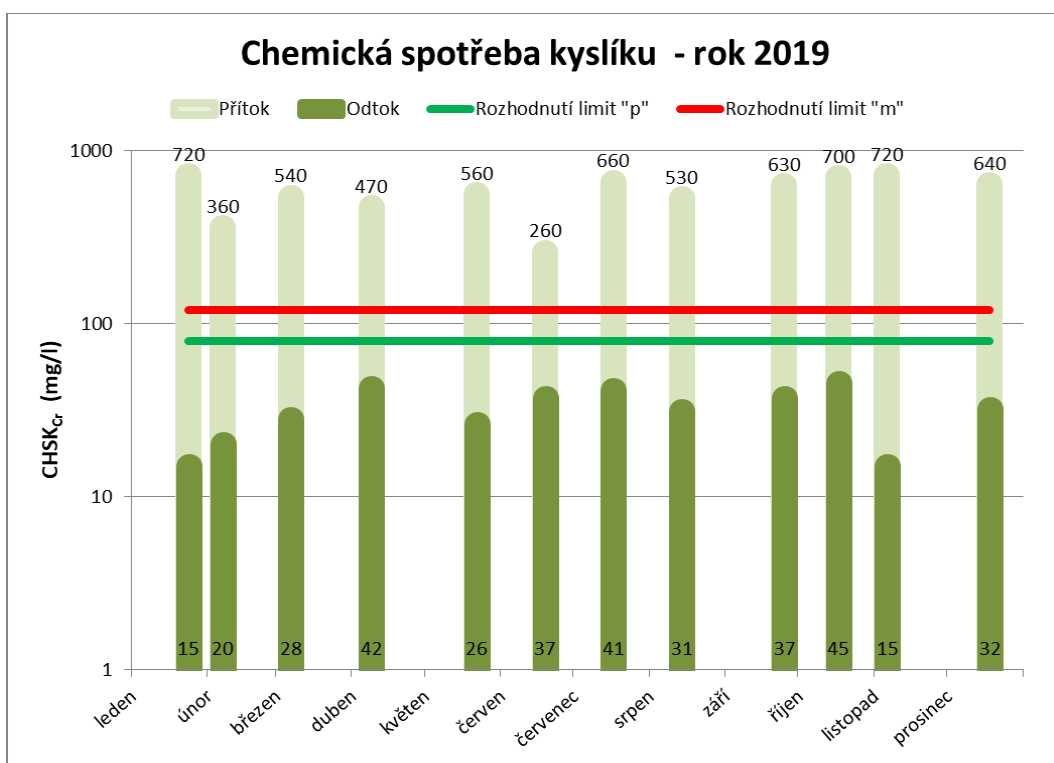
Hodnoty biochemické spotřeby kyslíku pěti-denní v odpadních vodách na přítoku a odtoku z ČOV, jsou srovnány s přípustnou a maximální koncentrací vypouštění, dle vodoprávního rozhodnutí stanoveného pro tuto ČOV. Z grafu 7 vyplývá, že hodnota emisních standardů nebyla ani jednou překročena.



Graf 7: Biochemická spotřeba kyslíku za rok 2019, dle vodoprávního rozhodnutí

Hodnota chemické spotřeby kyslíku dichromanem na přítoku byla maximální v měsíci lednu 720 mg/l a průměrná jakost je 566 mg/l za kalendářní rok. Na odtoku z ČOV, dosáhly maximální hodnoty v měsíci říjnu, 45 mg/l, průměrně dosažená jakost je 28 mg/l za kalendářní rok. Bilance ročního množství vypuštěného z ČOV za rok je 7,16 t/rok. Vypočítaná účinnost čištění je 95 procent.

Naměřené hodnoty na přítoku a odtoku z ČOV, jsou srovnány s přípustnou a maximální koncentrací vypouštění, dle vodoprávního rozhodnutí stanoveného pro tuto ČOV. Z grafu 8 vyplývá, že hodnota emisních standardů nebyla ani jednou překročena.

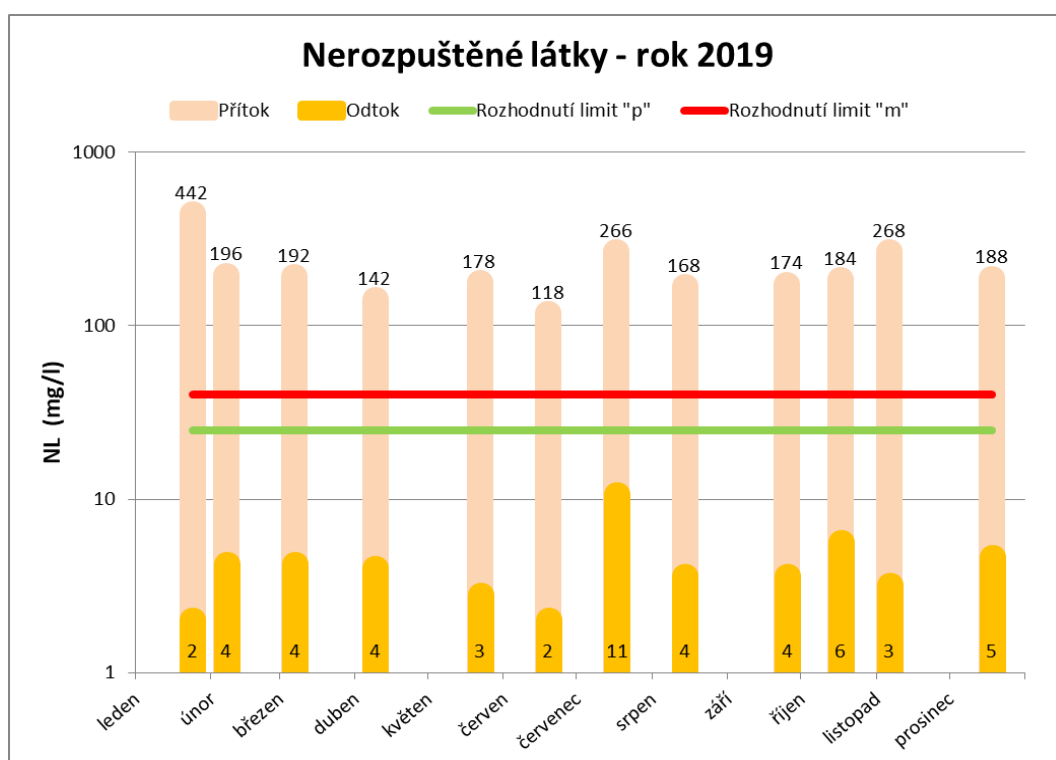


Graf 8: Chemická spotřeba kyslíku dichromanem za rok 2019, dle vodoprávního rozhodnutí

Hodnota nerozpuštěných látek na přítoku byla maximální v lednu 442 mg/l a průměrná jakost je 210 mg/l za kalendářní rok. Na odtoku z ČOV, dosáhly maximální hodnoty v měsíci červenci, 11 mg/l, průměrně dosažená jakost je 3,8 mg/l za

kalendářní rok. Bilance ročního množství vypuštěného z ČOV za rok je 0,98 t/rok. Vypočítaná účinnost čištění je 98 procent.

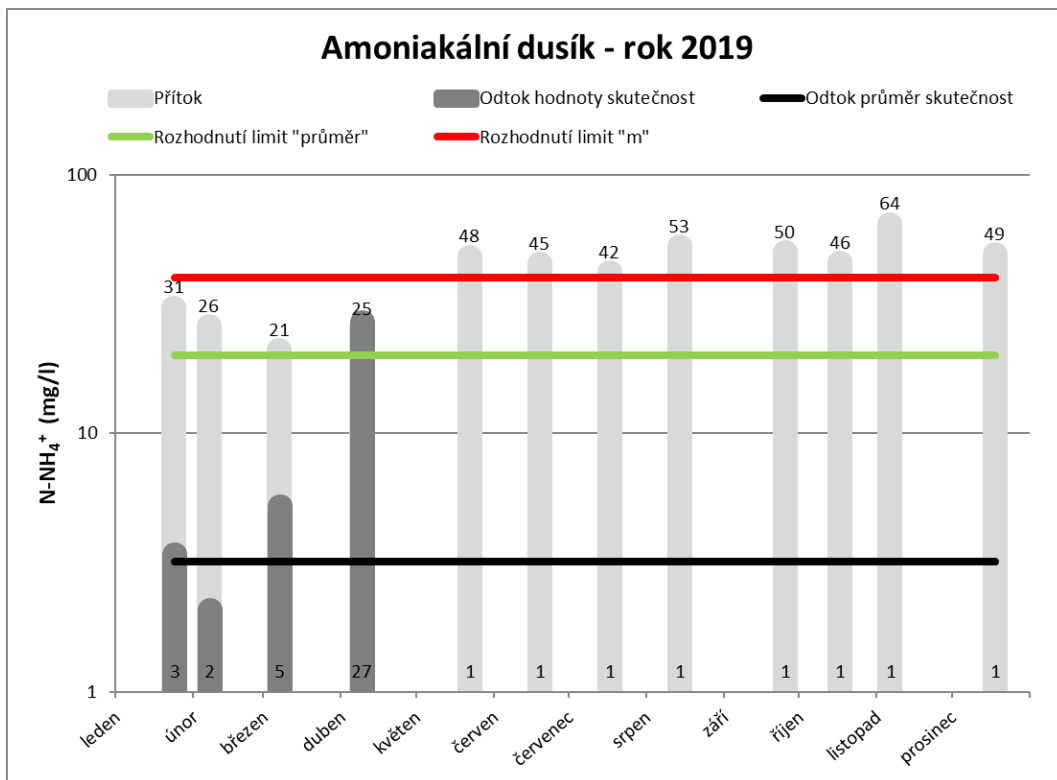
Naměřené hodnoty na přítoku a odtoku z ČOV, jsou srovnány s přípustnou a maximální koncentrací vypouštění, dle vodoprávního rozhodnutí stanoveného pro tuto ČOV. Z grafu 9 vyplývá, že hodnota emisních standardů nebyla ani jednou překročena.



Graf 9: Nerozpuštěné látky za rok 2019, dle vodoprávního povolení

Hodnota amoniakálního dusíku na přítoku byla maximální v listopadu 64 mg/l a průměrná jakost je 42 mg/l za kalendářní rok. Na odtoku z ČOV, dosáhly maximální hodnoty v měsíci květnu 27 mg/l, od června do prosince byly hodnoty cca 1 mg/l. Průměrně dosažená jakost N-NH₄⁺ na odtoku je 3,2 mg/l za kalendářní rok. Bilance ročního množství vypuštěného z ČOV za rok je 0,79 t/rok. Vypočítaná účinnost čištění je 93 procent.

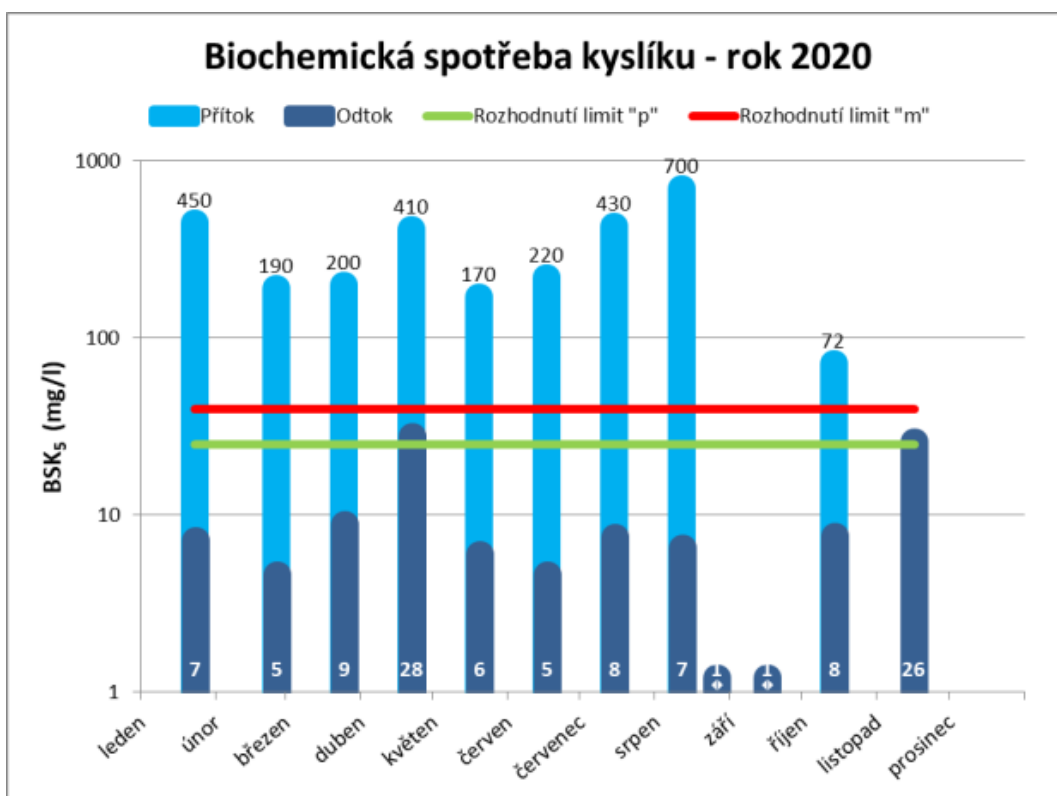
Naměřené hodnoty na přítoku a odtoku z ČOV, jsou srovnány s přípustnou a maximální koncentrací vypouštění a roční aritmetický průměr, dle vodoprávního rozhodnutí stanoveného pro tuto ČOV. Z grafu 10 vyplývá, že hodnota emisních standardů nebyla ani jednou překročena.



Graf 10: Amoniakální dusík za rok 2019, dle vodoprávního rozhodnutí

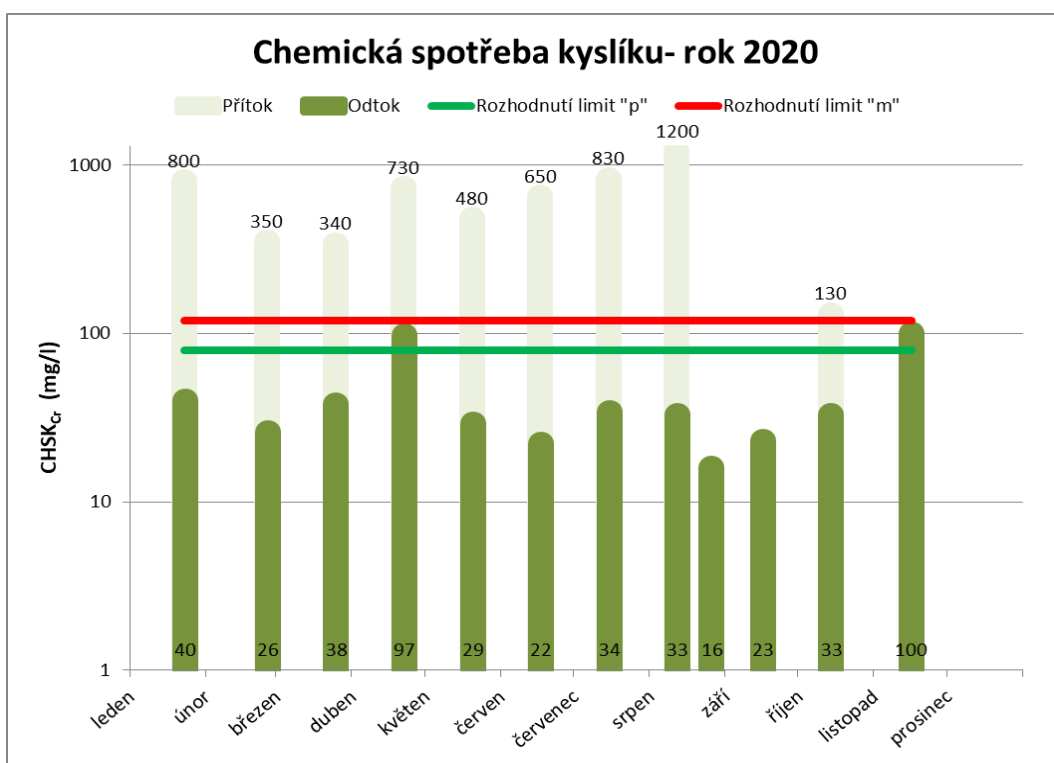
7.2.3 Výsledky za kalendářní rok 2020

Za období kalendářního roku 2020, jsou vyhodnoceny výsledky odebraných vzorků odpadních vod v počtu devíti na přítoku a dvanácti na odtoku ČOV. Maximální hodnota na přítoku, v ukazateli biochemická spotřeba kyslíku pětidenní byla dosažena v měsíci srpnu 700 mg/l a průměrná hodnota je 315 mg/l za kalendářní rok. Na odtoku z ČOV, dosáhly maximální hodnoty v měsíci dubnu 28 mg/l a v listopadu 26 mg/l, tyto dva vzorky překročily hodnotu emisního limitu „p“ přípustné koncentrace znečištění uvedeného ve vodoprávním rozhodnutí. Tento limit může být překročen v průběhu maximálně dvakrát za rok. Průměrně dosažená jakost je 9,1 mg/l za kalendářní rok. Bilance ročního množství vypuštěného BSK₅ z ČOV za rok je 2,1 t/rok. Vypočítaná účinnost čištění je 98 procent. I když byly dvakrát překročeny hodnoty emisního limitu „p“, byly dodrženy emisní standardy, byly dodrženy podmínky platného vodoprávního povolení.



Graf 11: Biochemická spotřeba kyslíku za rok 2020, dle vodoprávního rozhodnutí

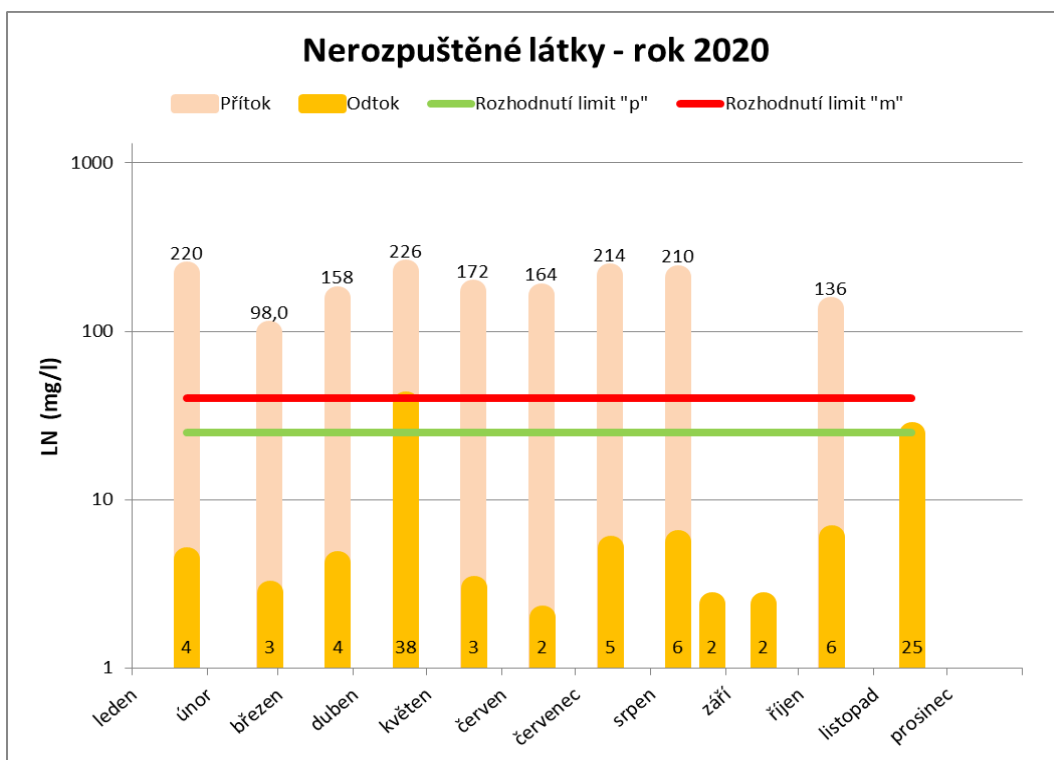
Hodnota chemické spotřeby kyslíku dichromanem na přítoku byla maximální v měsíci srpnu 1200 mg/l a průměrná jakost je 612 mg/l za kalendářní rok. Na odtoku z ČOV, dosáhly maximální hodnoty v měsíci dubnu 97 mg/l a v listopadu 100 mg/l, tyto dva vzorky překročily hodnotu emisního limitu „p“ přípustné koncentrace znečištění uvedeného ve vodoprávním rozhodnutí. Tento limit může být překročen v průběhu maximálně dvakrát za rok. Průměrně dosažená hodnota je 41 mg/l za kalendářní rok. Bilance ročního množství vypuštěného z ČOV za rok je 9,43 t/rok. Vypočítaná účinnost čištění je 93 procent. Dvakrát byly překročeny hodnoty překročitelného emisního limitu „p“, ale emisní standardy a podmínky platného vodoprávního povolení byly dodrženy, jak je patrné z grafu 12.



Graf 12: Chemická spotřeba kyslíku dichromanem za rok 2020, dle vodoprávního rozhodnutí

Hodnota nerozpuštěných látek na přítoku byla maximální v dubnu 226 mg/l a průměrná jakost je 177 mg/l za kalendářní rok. Na odtoku z ČOV, dosáhly maximální hodnoty v měsíci dubnu 37,5 mg/l a v listopadu 24,5 mg/l, tyto dva vzorky překročily hodnotu emisního limitu „p“ přípustné koncentrace znečištění uvedeného ve vodoprávním rozhodnutí. Tento limit může být překročen v průběhu maximálně dvakrát za rok. Průměrně dosažená jakost je 8,3 mg/l za kalendářní rok. Bilance

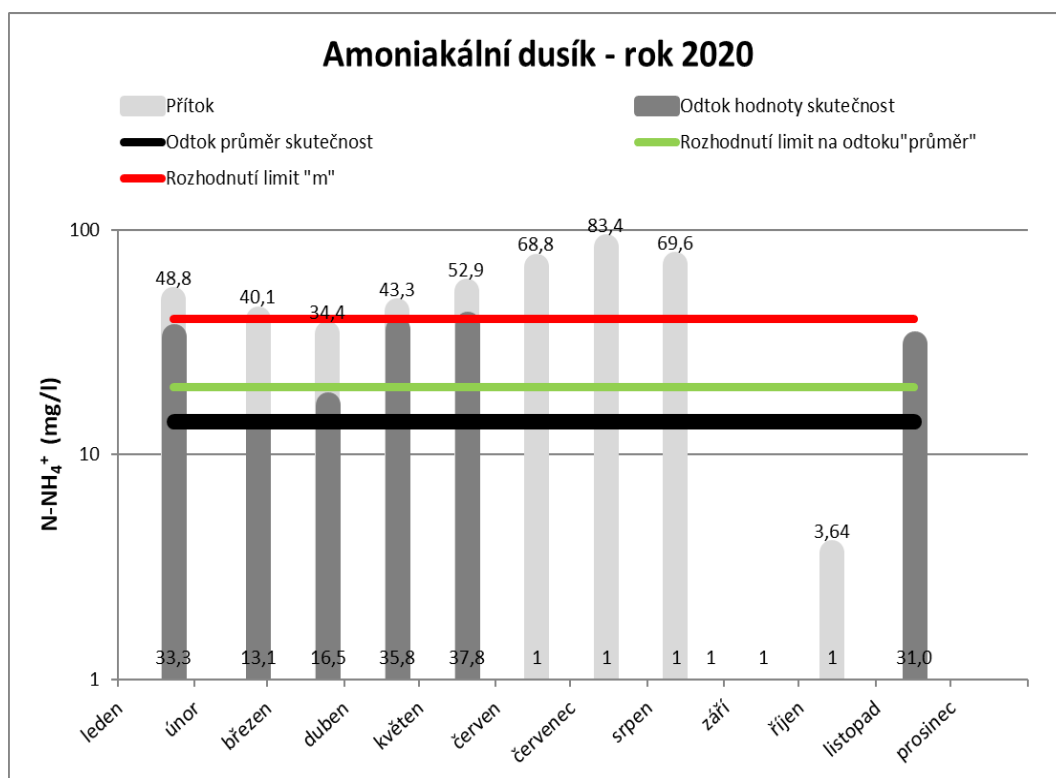
ročního množství vypuštěného z ČOV za rok je 1,9 t/rok. Vypočítaná účinnost čištění je 99 procent. Dvakrát byly překročeny hodnoty překročitelného emisního limitu „p“, ale emisní standardy a podmínky platného vodoprávního povolení byly dodrženy, jak je patrné z grafu 13.



Graf 13: Nerozpuštěné látky za rok 2020, dle vodoprávního povolení

Hodnota amoniakálního dusíku na přítoku byla maximální v červenci 83,4 mg/l a průměrná hodnota je 49,4 mg/l za kalendářní rok. Na odtoku z ČOV, dosáhly maximální hodnoty v měsíci květnu 37,8 mg/l, průměrně dosažená jakost je 13,9 mg/l za kalendářní rok. Bilance ročního množství vypuštěného z ČOV za rok je 3,22 t/rok. Vypočítaná účinnost čištění je 71 procent.

Naměřené hodnoty na přítoku a odtoku z ČOV, jsou srovnány s přípustnou a maximální koncentrací vypouštění a roční aritmetický průměr, dle vodoprávního rozhodnutí stanoveného pro tuto ČOV. Z grafu 14 vyplývá, že hodnota emisních standardů nebyla ani jednou překročena.



Graf 14: Amoniakální dusík za rok 2020, dle vodoprávního povolení

7.3 Látkové zatížení

Na základě výpočtů skutečných bilančních hodnot a porovnáním s projektovanými bilančními hodnotami sledovaných ukazatelů na přítoku bylo spočítáno skutečné zatížení ČOV pro jednotlivé roky 2018, 2019 a 2020. Jedná se o období po provedené intenzifikaci.

Na základě výpočtů ekvivalentních obyvatel z průměru hodnoty BSK₅ na přítoku a celkového množství vypouštěných odpadních vod za období roku 2020 vyšlo 3324 napojených EO,

což představuje 170 % z projektované kapacity ČOV (1958 EO).

Dle naměřených hodnot v ukazateli CHSK_{Cr} bylo vypočítáno EO 3222,

což představuje 165 % z projektované kapacity ČOV.

Sumář výsledků za roky 2018, 2019 a 2020 sledovaných ukazatelů na odtoku a jejich porovnání s hodnotami stanovenými v rozhodnutí je uvedeno v následující tabulce 3.

Rok 2018		CHSK _{Cr}	BSK ₅	NL	N-NH ₄ ⁺
přítok - skutečnost	mg/l	622	337	222	57
	t/rok	117	63	42	11
	kg/den	320	174	114	30
	EO	2670	2893	2079	2683
přítok - projekt	EO	1958	1958	1958	1958
	kg/den	235	118	108	16
naplnění kapacity	%	136	148	106	137

Rok 2019		CHSK _{Cr}	BSK ₅	NL	N-NH ₄ ⁺
přítok - skutečnost	mg/l	566	305	210	42
	t/rok	143	77	53	11
	kg/den	393	212	146	29
	EO	3275	3530	2647	2632
přítok - projekt	EO	1958	1958	1958	1958
	kg/den	235	118	108	16
naplnění kapacity	%	167	180	135	134

Rok 2020		CHSK _{Cr}	BSK ₅	NL	N-NH ₄ ⁺
přítok - skutečnost	mg/l	612	316	178	49
	t/rok	141	73	41	11
	kg/den	387	199	112	31
	EO	3222	3324	2039	2839
přítok - projekt	EO	1958	1958	1958	1958
	kg/den	235	118	108	16
naplnění kapacity	%	165	170	104	145

Tabulka 3: Porovnání skutečného látkového zatížení s projektem ČOV – naplnění kapacity

7.4 Vyhodnocení intenzifikace

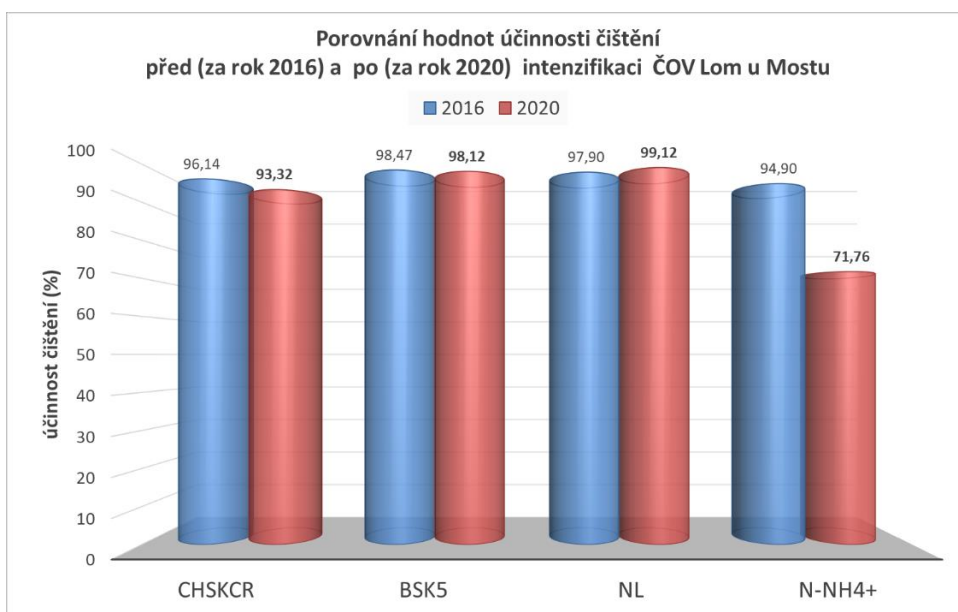
Pro možnost porovnání výsledků účinku čištění odpadních vod před a po intenzifikaci ČOV Lom u Mostu, je současně vyhodnoceno také období roku 2016. V roce 2016 byly hodnoty emisních limitů a podmínky platného vodoprávního povolení dodrženy. Na základě skutečných hodnot byly dopočítány průměrné hodnoty, v ukazatelích BSK₅, CHSK_{Cr}, NL, N-NH₄⁺. Dále byly vyhodnoceny bilance ročního vypouštěného množství a účinnost čištění. Hodnoty jsou uvedeny v tabulce 4.

rok	2016			
název výusti	ČOV Lom u Mostu			
proteklé množství [m ³ /rok]	244 294			
Vyhodnocení na základě naměřených hodnot	CHSK _{Cr}	BSK ₅	NL	N-NH ₄ ⁺
průměr [mg/l]	19,08	3,71	3,63	2,94
roční množství [t/rok]	4,66	0,91	0,89	0,72
účinnost čištění [%]	96,14	98,47	97,90	94,90

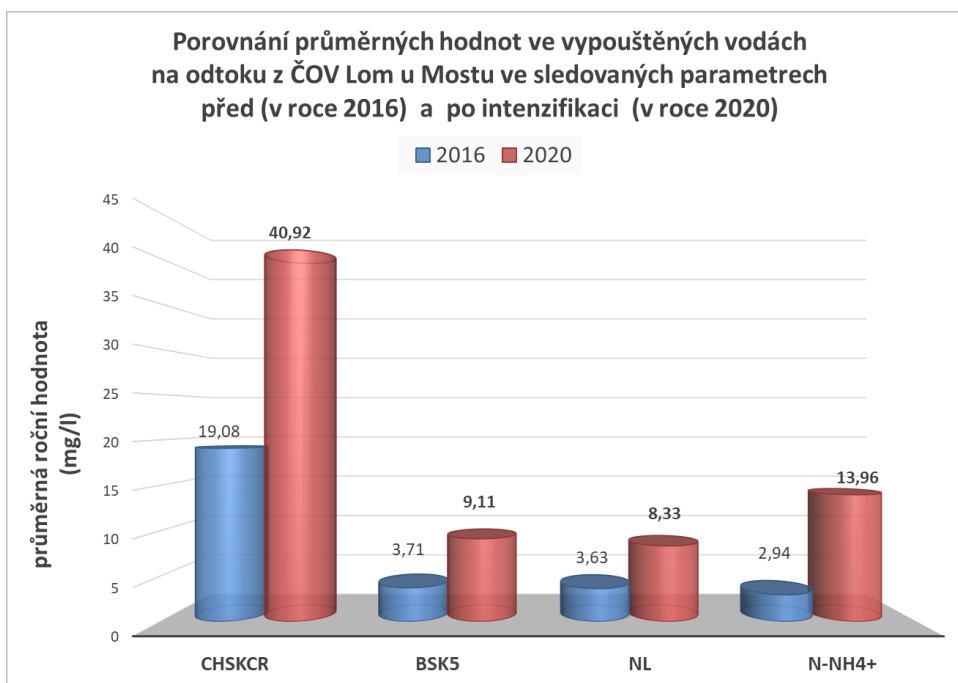
Tabulka 4: Vyhodnocení účinnosti čištění dle skutečnosti za rok 2016

Zjištěné údaje za rok 2016 byly porovnány s údaji za rok 2020. Tím byl porovnán stav účinnosti čištění před a po provedené intenzifikaci ČOV. Ze sledovaných hodnot, dosažené účinnosti čištění je patrné, že účinnost čištění se výšila v parametru nerozpuštěných látek a to v z původních 97,90 procent na 99,12 procent. U ostatních parametrů ale došlo k poklesu účinnosti, u amoniakálního dusíku z původních 94,90 procent na 71,76 procent. Hodnoty porovná graf 15.

Porovnáním průměrných ročních hodnot roku 2016 a 2020 v ukazatelích BSK₅, CHSK_{Cr}, NL, N-NH₄⁺, ve vypouštěných vodách ukazuje, že nedošlo ke snížení průměrných koncentrací ve sledovaných parametrech. Hodnoty porovná graf 16. Z výsledků je patrné, že provedená intenzifikace je ovlivněna stoupajícím látkovým zatížením ČOV.



Graf 15: Porovnání hodnot účinnosti čištění před a po intenzifikaci ČOV Lom u Mostu

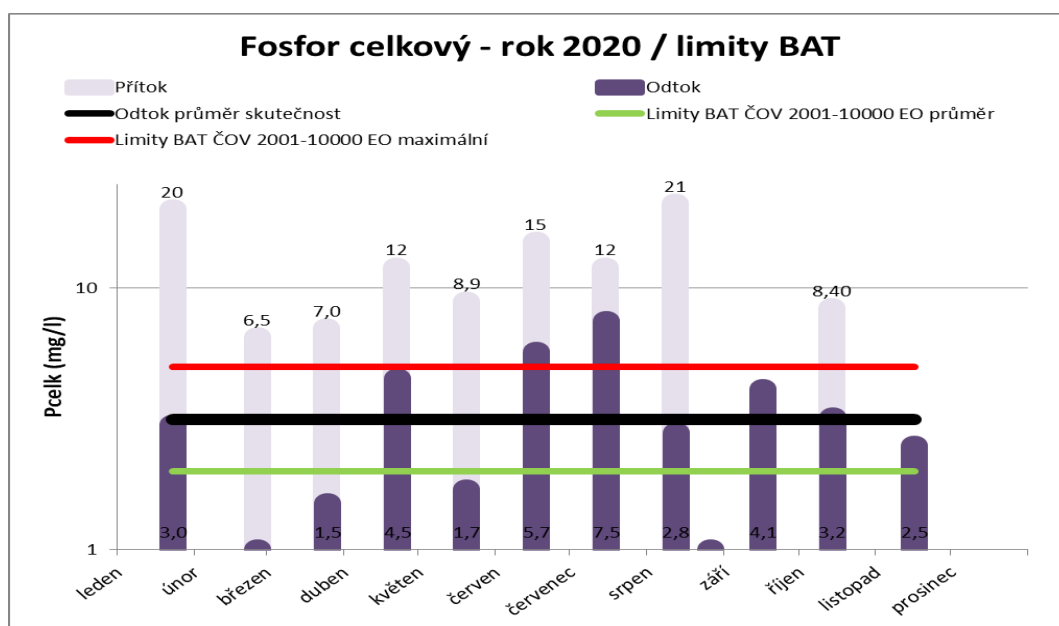


Graf 16: Porovnání průměrných hodnot ve vypouštěných vodách na odtoku z ČOV Lom u Mostu před a po intenzifikaci

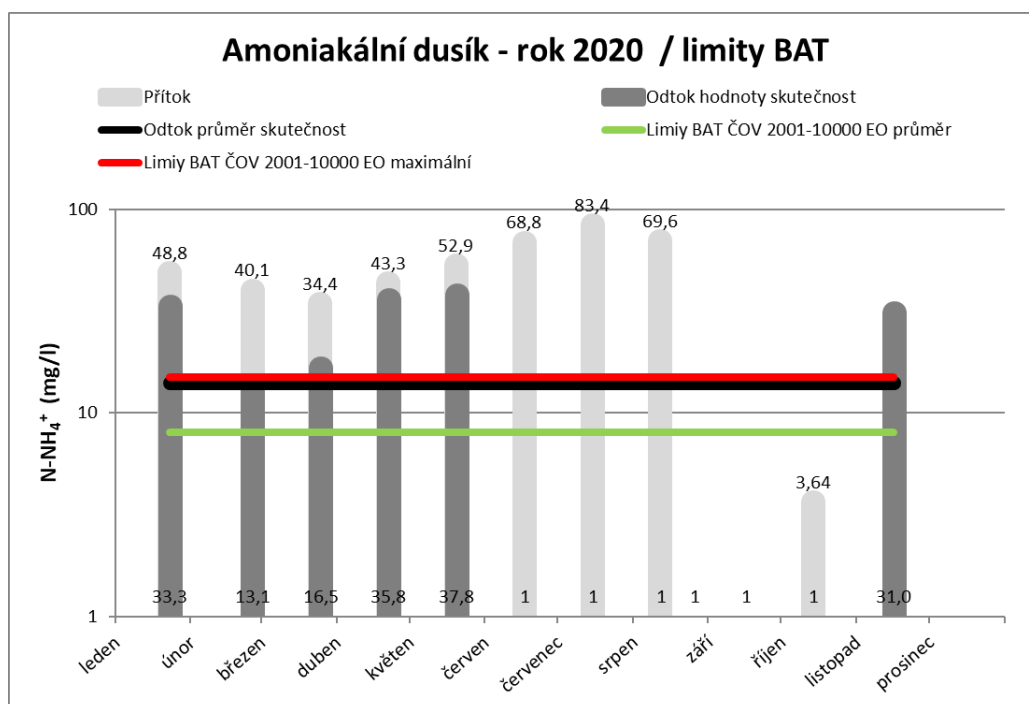
7.5 Optimalizace provozu

Na základě prověřovaných skutečností ohledně látkového zatížení ČOV Lom u Mostu vycházejí hodnoty zatížení oproti projektovaným parametrům dle BSK₅, v roce 2020 na 170 % a v průběhu tří let zpětně v průměru na 165 %. Uvedená projektová kapacita ČOV je dle vodoprávního rozhodnutí 1958 EO, ale dle vykázaných údajů byla skutečnost v roce 2018 = 2893 EO; v roce 2019 = 3530 EO; v roce 2020 = 3324 EO.

V případě zohlednění stávajícího stavu, by muselo dojít k změně stanovených hodnot dle emisních standardů, kde jsou pro kategorii ČOV 2001 – 10000 EO přísnější limity a je nutné sledovat a dodržovat další stanovený ukazatel celkový fosfor. Pro P_{celk}, jsou v této kategorii přípustné hodnoty, průměr 2 mg/l a 5 mg/l pro maximální hodnoty. Pokud porovnáme, legislativní požadavky uvedené v příloze 7 k nařízení vlády č. 401/2015 Sb., kde jsou uvedeny podmínky pro nejlepší dostupné technologie v oblasti zneškodňování odpadních vod, a současné dosahované hodnoty ve vypouštěných odpadních vodách z ČOV, tento stav by nevyhověl a došlo by k překročení legislativních požadavků a teoreticky podmínek vodoprávního rozhodnutí v parametru celkový fosfor a u amoniakálního dusíku. Hodnoty porovnávají grafy 15 a 16.



Graf 17: Fosfor celkový za rok 2020, porovnání dle přílohy 7 Nařízení vlády č. 401/2015 Sb.



Graf 18: Amoniakální dusík za rok 2020, dle přílohy 7 Nařízení vlády č. 401/2015 Sb.

Vzhledem k uvedenému, by bylo nutné upravit technologii na nízko zatěžovanou aktivaci se stabilní nitrifikací a simultánním strážním fosforu solemi železa případně doplněnou o terciální dočištění odtoku.

Pro komplexní řešení je nutné minimalizovat nátok balastních vod na ČOV a provádět systematické kontroly kanalizační sítě v rámci napojené aglomerace, se současnou údržbou zejména pak kritických částí u odlehčovacích komor a shybky. Důvodem je zamezení překračování hydraulického zatížení čistírny odpadních vod.

7.5.1 Dávkování síranu železitého

Pro strážení fosforu by bylo možné využít dávkování síranu železitého se skladováním ve dvouplášťové nádrži a dávkovacím zařízením ve venkovním provedení, osazené na k tomu uzpůsobeném, bezpečnostním faktorům vyhovujícím, podkladě.

7.5.2 Úprava dispozice nádrží

Pro řešení vysokého látkového zatížení by bylo možné upravit dispozici současných nádrží biologické linky. Současné provedení vnořených dosazovacích nádrží vybudovat nově, mimo aktivaci na dosud volném prostranství v rámci areálu ČOV. Jako dvoulinkové provedení dosazovacích nádrží se svislými stěnami s vertikálním průtokem a se strojním vyklížením kalu.

Vzniklý prostor v aktivační lince v biologické části, by byl celý využit pro rozšíření částí nitrifikace ve dvou linkovém provedení. Současný velkoobjemový kalojem by byl přepažen, vestavěnými dvěma kolmo na sebe jdoucími příčkami. Vzniklé čtyři prostory by byly využity, jak pro část denitrifikace, tak pro kalové hospodářství.

Nádrže pro denitrifikaci by bylo možné přesunout do prostoru dvou částí současného kalojemu. A zbylá část by byla využita pro zahuštění kalu a následné uskladnění kalu. Tak by byl v co největší míře využit současný stavební prostor a současně navýšena kapacita ČOV a mělo být dojití snížení koncentrace celkového dusíku v odtoku.

8. Diskuse

8.1 Zatížení ČOV

Město Lom u Mostu, jehož kanalizační systém a čistírna odpadních vod je tématem této práce, se nachází na hraně území vymezeného pro těžbu hnědého uhlí v severních Čechách. Z důvodů politických rozhodnutí, o prolamovaných limitech pokračování těžby na dole Bílina a posouváním hranice těžební jámy směrem k městu, je v této aglomeraci komplikovanější rozhodování o investičních opatřeních do budování vodohospodářské infrastruktury. Minulá desetiletí nenaznačovala rozvoj této oblasti a výhled byl spíše opačný. Na základě vyhodnoceného skutečného zatížení čistírny odpadních vod Lom u Mostu, je nárůst prokazatelný v látkovém přetížení ČOV a dle průměrných údajů se za poslední roky pohybuje na sto sedmdesáti procentech projektovaného zatížení. Dle dostupných údajů od provozovatele, je tato aglomerace zařazena mezi rizikově vyhodnocené lokality, s potencionálním stop stavem, kde je omezeno a na základě dalších údajů je nutné prověřovat možnosti, napojování nových producentů na kanalizační síť.

Na základě těchto údajů, by bylo vhodné pokračovat a dále se zabývat posouzením, reálné projektované a skutečně dosahované kapacity ČOV a uvést v soulad skutečnost a legislativní náležitosti povolení k vypouštění odpadních vod.

8.2 Účinnost a výsledky čištění

Z hlediska účinnosti čištění, byla prokázána účinnost na velmi dobré úrovni a téměř ve všech případech byla výsledkem více jak devadesáti procentní účinnost čištění. Pouze u amoniakálního dusíku bylo procento úbytku ve vypouštěných odpadních vodách sedmdesát procent, a to v roce 2020. Jak je uvedeno v tabulce 5.

Z dat vytvořených pro porovnání sledovaných chemických parametrů na přítoku a odtoku je však patrná rozkolísanost provozní účinnosti, což by mohlo poukazovat na provozní nestabilitu i vzhledem ke kolísání zatížení například způsobené nátokem balastních vod nebo ovlivněním vod srážkových.

Emisní limit v letech 2018 a 2019 překročen nebyl. K překročení emisního limitu „p“ došlo pouze v roce 2020. Dvakrát byly překročeny hodnoty u BSK₅ překročitelného emisního limitu „p“. Jedenkrát byly překročeny hodnoty u CHSK_{Cr} a NL překročitelného emisního limitu „p“. Emisní standardy a podmínky platného vodoprávního povolení byly dodrženy.

Na základě porovnávaných dat z období před a po provedené intenzifikaci ČOV, bylo prokázáno, že účinnost čištění je obdobná jako před provedenou intenzifikací a v ukazatelích BSK₅, CHSK_{Cr}, NL, N-NH₄⁺, ve vypouštěných vodách na odtoku z ČOV nedošlo ke snížení průměrných koncentrací ve sledovaných parametrech. Z výsledků je patrné, že provedená intenzifikace je ovlivněna stoupajícím látkovým zatížením ČOV.

ČOV Lom u Mostu účinnost čištění [%]				
rok / ukazatel	CHSK _{Cr}	BSK ₅	NL	N-NH ₄ ⁺
2018	94,90	98,31	97,42	92,31
2019	95,01	98,92	98,15	92,52
2020	93,32	98,12	99,12	71,76

Tabulka 5: Hodnoty účinnosti čištění po provedené intenzifikaci ČOV Lom u Mostu

8.3 Zlepšení jakosti vypouštěných odpadních vod

Pokud by byla zohledněna velikostní kategorie ČOV 2001 až 10000 ekvivalentních obyvatel, je tedy správné vyžadovat doplnění technologie o odstraňování sloučenin dusíku, i když by byl stále sledován pouze v ukazateli amoniakální dusík a nově i v ukazateli celkový fosfor. Bez chemického strážení fosforu nelze předpokládat dodržení legislativních limitů.

Proto je doporučeno zavedení chemického srážení fosforu. Nevýhodou by, ale bylo zvýšení provozních nákladů, například při pořizování solí či následného zvýšení produkce kalů, respektive následná likvidaci kalů.

I u stavebně technologické úpravy nádrží biologické části a u dimenzování dosazovacích nádrží, lze předpokládat nemalé investiční náklady, i provozně náročné investice. Výsledky však naznačují, že bez těchto úprav nelze plnit legislativní požadavky nařízení vlády. Hlavní motivací by však měla být zlepšená jakost vypouštěných odpadních vod do recipientu.

9. Závěr a přínos práce

Diplomová práce se zabývá problematikou čištění komunálních odpadních vod a práci lze rozdělit na několik základních částí, jak v rovině teoretické, tak praktické. V první, teoretické části práce, byla provedena rešerše na téma čištění odpadních vod se zaměřením na vody splaškové, dále práce charakterizuje odpadní vody a popisuje základní způsoby čištění komunálních vod. V závěru teoretické části je přehledná informace o platné legislativě související s vodohospodářským oborem.

Praktická část se zabývá již konkrétní aglomerací v severních Čechách, v okrese Most, na území města Lom u Mostu, kde je popsán systém kanalizační sítě, s popisem následného čištění odpadních vod na čistírně odpadních vod Lom u Mostu včetně její intenzifikace. Tato část se také zabývá vyhodnocením intenzifikované čistírny odpadních vod Lom u Mostu z hlediska účinnosti čištění odpadních vod.

Vyhodnocení procesu čištění odpadních vod a výsledky jsou shrnuty v závěrečné, praktické části práce, kde je popsáno provedené vyhodnocení intenzifikace čistírny z hlediska účinnosti odstraňování základních chemických parametrů v průběhu let 2018, 2019 a 2020. Hodnocení probíhalo na základě skutečných výsledků analytické kontroly odpadní vody naměřené za dobu tří let, s porovnáváním limitů a podmínek předepsaného a platného vodoprávního povolení k vypouštění odpadních vod do vod povrchových. Vyhodnocení prokázalo, že hodnoty emisních ukazatelů a množství vypouštěných odpadních vod, včetně bilančních limitů, tak jak jsou stanoveny platným vodoprávním rozhodnutím, byly dodržovány a nedošlo k jejich překročení.

Vyhodnocení intenzifikace ČOV, které bylo na základě porovnání dat původního stavu, před provedenou intenzifikací a stavem následným, prokázalo zvýšení účinnosti čištění v parametru nerozpuštěných látek. U ostatních parametrů došlo k mírnému poklesu účinnosti. Porovnáním průměrných ročních hodnot roku 2016 a 2020, v ukazatelích BSK_5 , $CHSK_{Cr}$, NL , $N-NH_4^+$, bylo prokázáno, že nedošlo ke snížení průměrných koncentrací ve vypouštěných vodách. Z výsledků je patrné, že provedená intenzifikace měla kladný dopad, ale je ovlivněna stoupajícím látkovým zatížením ČOV.

Zároveň byla posuzována kapacita čistírny odpadních vod z hlediska projektových kapacit s ohledem na účinnosti čištění, hydraulické a látkové zatížení. Skutečné vykazované údaje ukázaly vysoké látkové zatížení čistírny a definovaly naplnění kapacity na cca 170 % a zatížení 3300 EO. Zde je patrný nesoulad s legislativním zařazením kategorie ČOV podle počtu napojených ekvivalentních obyvatel do kategorie do 2000 EO. Na základě tohoto nového zjištění, byla práce zaměřena i na rozšířené posouzení emisních limitů amoniakálního dusíku a celkového fosforu, kde výsledky prokázaly nemožnost dodržení limitů nařízení vlády č. 401/2015 Sb., pro kategorii ČOV od 2001 – 10000 EO. A to, že byl výsledek prokázán, může být bráno i jako přínos této práce, který lze v budoucnu využít pro vyhodnocení v rámci provozních a vlastnických účelů u této konkrétní stavby.

V práci je též uvedeno nastínění možných východisek pro zlepšení současného stavu. A dále je navržen postup provedení optimalizace technologických částí. V tomto tedy vidím, mimo jiné, hlavní přínos práce a také to, že vytvořené výsledky lze fakticky využít pro vlastníka vodohospodářské infrastruktury jako jeden z podkladů pro zpracování projektové dokumentace investičního záměru.

Posuzované výsledky prokázaly, že intenzifikace čistírny odpadních vod v Lomu u Mostu splňují všechny stanovené limity předepsané vodoprávním rozhodnutím, ale zároveň poukázala na to, že rekonstrukce nebyla dostatečná. A je nutné pokračovat v intenzifikaci, která spočívá zabezpečení odstraňování forem dusíku a fosforu tak, aby byl uveden soulad skutečného stavu a platné legislativy a nedocházelo k přetěžování technologie čistírny odpadních vod. Věřím, že práce přispěje, i k hlavnímu cíli, tedy minimalizovat negativní dopad vypouštěných odpadních vod na stav vody v recipientu a tím dojde ke zlepšení stavu životního prostředí.

10. Přehled literatury a použitých zdrojů

10.1 Literární zdroje

- Bell, S., 2012: Urban water systems in transition. Emergence, Complexity and Organization 14, 45-58 s., ISSN 15213250.
- Beran, J., 2009: Základy vodního hospodářství. Česká zemědělská univerzita v Praze, Praha, 146 s., ISBN 978-80-213-1875-5.
- Buttler, D., Davies, J.W., 2011: Urban drainage. CRC Press, Taylor & Francis Group, 568 s., ISBN 9780415306065.
- Cooper, P., F., 1993: The use of reed bed systems to treat domestic sewage, The European design and operations for reed bed treatment systems, in Moshiri GA (ed) Treatment wetlands for water quality improvement. Institute for Coastal and Estuarine Research University of West Florida, Pensacola, 203–217 s.
- Dohányos, M., 2006: Efektivní využití a likvidace čistírenských kalů. Biom.cz, ISSN: 1801-2655.
- Drinan, J. E., Spellman, F.R., 2013: Water and Waste Water Treatment. A Guide for the Nonengineering Professionals, CRC Press. Taylor & Francis Group, Boca Raton, 300 s., ISBN 1498761372.
- Foller, J., Eyer, M., Tůma, L., 2017: Třetí stupeň ČOV možná řešení a účinnost. Blansko, Řešení extrémních požadavků na čištění odpadních vod, Sborník z konference ENVI-PUR, únor 2017.
- Hlavínek, P., Novotný, D., 1996: Intenzifikace čistíren odpadních vod. NOEL 2000, Brno, ISBN 80-86020-01-0.
- Hlavínek, P.; Mičín, J.; Prax, P.; Mífek, R.; Hlušík, P., 2006: Stokování a čištění odpadních vod. VUT v Brně, FAST, 274 s.
- Chudoba, J., Dohányos, M., Wanner, J., 1991: Biologické čištění odpadních vod. SNTL, Praha, 465 s., ISBN 80-03-00611-2.

- Komínková, D., Benešová L., Šťastná G., 2014: Úprava pitných a čištění odpadních vod. Česká zemědělská univerzita v Praze, Praha, 90 s.
- Otterpohl, R., Albold A, and Oldenburg M., 1999: Source control in urban sanitation and waste management, ten systems with reuse of resources. Water Science and Technology 39, 153-160 s.
- Pitter, P., 2009: Hydrochemie. 4. vydání., Vysoká škola chemicko-technologická v Praze, Praha, ISBN 978-80-7080-701-9.
- Pytl, V., a kol., 2004: Příručka provozovatele čistírny odpadních vod. Praha, Medim, spol. s r.o. pro SOVAK - Sdružení oboru vodovodů a kanalizací ČR, Praha, 206 s., SBN80-239-2528-8.
- Riffat, R. (2013). Fundamentals of Wastewater Treatment and Engineering. CRC Press. Taylor & Francis Group. Boca Raton, 359 s., ISBN-10 0415669588.
- Synáčková, M., 2011: Základy vodního hospodářství. Česká zemědělská univerzita v Praze, Praha, 96 s.
- Synáčková, M., 2014: Vodárenství a stokování. Česká zemědělská univerzita v Praze, Praha, 99 s.
- Švehla, P. a kol., 2007: Odpadní vody. Česká zemědělská univerzita v Praze, Praha, 142 s., ISBN 978-80-213-1716-1.
- Tillman G. M., 1991: Primary treatment at wastewater treatment plants. Lewis Publishers, Inc., Chelsea, 115 s., ISBN 9780873714280.
- Vymazal, J., 2004: Kořenové čistírny odpadních vod. ENKI, o.p.s., Třeboň, 14 s.
- Vymazal, J., 2009: Kořenové čistírny odpadních vod: Dvacet let zkušeností v České republice. Vodní hospodářství 4, 113-118 s.

10.2 Legislativní zdroje

- Nařízení vlády č. 401/2015 Sb., o ukazatelích a hodnotách přípustného znečištění povrchových vod a odpadních vod, náležitostech povolení k vypouštění odpadních vod do vod povrchových a do kanalizací a o citlivých oblastech, v platném znění.
- Směrnice Evropského parlamentu a Rady 2000/60/ES ze dne 23. října 2000 ustavující rámec pro činnost Společenství v oblasti vodní politiky.
- Vyhláška č. 383/2001 Sb., o podrobnostech nakládání s odpady, v platném znění.
- Water Framework Directive 2000/60/EU, 2000: Of the European Parliament and of the council of 23 October 2000 establishing a framework for Community action in the field of water policy.
- Zákon č. 185/2001 Sb., o odpadech a o změně některých dalších zákonů, v platném znění.
- Zákon č. 254/2001 Sb., o vodách a o změně některých zákonů (vodní zákon), v platném znění.
- Zákon č. 274/2001 Sb., o vodovodech a kanalizacích pro veřejnou potřebu, v platném znění.

10.3 Internetové zdroje

- Český statistický úřad, 2020: Vývoj obyvatelstva České republiky, (online) [cit.2020.12.26], dostupné z <https://vdb.czso.cz/vdbvo2>.
- Kunst S., Mennerich A., Wichern M., 2002: Wastewater Treatment. In, Kunst S., Kruse T., Burmester A. (eds) Sustainable Water and Soil Management. Springer, Berlin, Heidelberg. https://doi.org/10.1007/978-3-642-59390-1_6.
- Lišková M., 1954: Berní rula. Kraj Žatecký (online) [cit.2020.11.10], dostupné z <https://město-lom.cz>.
- Meckese O., Ottawa N., 2013: Eye of Science, Wissenschaft im mikroskopischen Detail (online) [cit. 2021.01.02] <http://www.radionz.co.nz/national/programmes/afternoons/audio/201851143/cr-itter-of-the-week-the-tardigrade>.
- Severočeská vodárenská společnost a.s., 2019: Výroční zpráva, (online) [cit. 2020 11.12.] dostupné z <https://www.svs.cz/files/vz/svsvz2019>.
- Severočeské vodovody a kanalizace, a.s., 2020: Kanalizační řád města Lom u Mostu, (online) [cit.2019.01.08], dostupné z <http://app.scvk.cz/res/sewerage>.
- Severočeské vodovody a kanalizace, a.s., 2020: Kvalita vody, (online) [cit.2020.10.08], dostupné z <https://www.scvk.cz/vse-o-vode>.

10.4 Ostatní zdroje

- Městský úřad Litvínov 2013, Rozhodnutí o povolení k vypuštění odpadních vod z čistírny odpadních vod pro město Lom u Mostu, Rozhodnutí zn. MELT 41206/2012OŽP/MAJ/231.2/J-2340, ze dne 14. 1. 2013, dokumentace, nepublikováno: Severočeské vodovody a kanalizace, a.s., Teplice, 6 s.
- Městský úřad Litvínov 2014, Stavební povolení čistírny odpadních vod pro město Lom u Mostu, Rozhodnutí ZN.: OSÚ/12114/2014/WEL/J-2340, ze dne 16. 4. 2014, dokumentace, nepublikováno: Severočeské vodovody a kanalizace, a.s., Teplice, 8 s.
- Severočeské vodovody a kanalizace, a.s., 2018: Provozní řád ČOV Lom u Mostu. Severočeské vodovody a kanalizace, a.s., Teplice, 38 s.

11. Seznam tabulek

TABULKA 1: EMISNÍ LIMITY VYPOUŠTĚNÍ ODPADNÍCH VOD Z ČOV LOM U MOSTU (SČVK, 2013)	41
TABULKA 2: VYHODNOCENÍ ÚČINNOSTI ČIŠTĚNÍ DLE SKUTEČNOSTI ZA ROKY 2018; 2019 A 2020	45
TABULKA 3: POROVNÁNÍ SKUTEČNÉHO LÁTKOVÉHO ZATÍŽENÍ S PROJEKTEM ČOV – NAPLNĚNÍ KAPACITY.....	58
TABULKA 4: VYHODNOCENÍ ÚČINNOSTI ČIŠTĚNÍ DLE SKUTEČNOSTI ZA ROK 2016.....	59
TABULKA 5: HODNOTY ÚČINNOSTI ČIŠTĚNÍ PO PROVEDENÉ INTENZIFIKACI ČOV LOM U MOSTU	65

12. Seznam grafů

GRAF 1: SKUTEČNÉ MNOŽSTVÍ VYPOUŠTĚNÝCH VOD DO RECIPIENTU V ROCE 2018, 2019, 2020 POROVNANÉ S PLATNÝM VODOPRÁVNÍM ROZHODNUTÍM	44
GRAF 2: SKUTEČNÉ MNOŽSTVÍ VYPOUŠTĚNÝCH VOD DO RECIPIENTU V ROCE 2018, 2019 A 2020 POROVNANÉ S PLATNÝM VODOPRÁVNÍM ROZHODNUTÍM	44
GRAF 3: BIOCHEMICKÁ SPOTŘEBA KYSLÍKU ZA ROK 2018, DLE VODOPRÁVNÍHO ROZHODNUTÍ	46
GRAF 4: CHEMICKÁ SPOTŘEBA KYSLÍKU DICHROMANEM ZA ROK 2018, DLE VODOPRÁVNÍHO ROZHODNUTÍ	47
GRAF 5: NEROZPUŠTĚNÉ LÁTKY ZA ROK 2018, DLE VODOPRÁVNÍHO POVOLENÍ	48
GRAF 6: AMONIAKÁLNÍ DUSÍK ZA ROK 2018, DLE VODOPRÁVNÍHO ROZHODNUTÍ	49
GRAF 7: BIOCHEMICKÁ SPOTŘEBA KYSLÍKU ZA ROK 2019, DLE VODOPRÁVNÍHO ROZHODNUTÍ	50
GRAF 8: CHEMICKÁ SPOTŘEBA KYSLÍKU DICHROMANEM ZA ROK 2019, DLE VODOPRÁVNÍHO ROZHODNUTÍ	51
GRAF 9: NEROZPUŠTĚNÉ LÁTKY ZA ROK 2019, DLE VODOPRÁVNÍHO POVOLENÍ	52
GRAF 10: AMONIAKÁLNÍ DUSÍK ZA ROK 2019, DLE VODOPRÁVNÍHO ROZHODNUTÍ	53
GRAF 11: BIOCHEMICKÁ SPOTŘEBA KYSLÍKU ZA ROK 2020, DLE VODOPRÁVNÍHO ROZHODNUTÍ	54
GRAF 12: CHEMICKÁ SPOTŘEBA KYSLÍKU DICHROMANEM ZA ROK 2020, DLE VODOPRÁVNÍHO ROZHODNUTÍ	55
GRAF 13: NEROZPUŠTĚNÉ LÁTKY ZA ROK 2020, DLE VODOPRÁVNÍHO POVOLENÍ	56
GRAF 14: AMONIAKÁLNÍ DUSÍK ZA ROK 2020, DLE VODOPRÁVNÍHO POVOLENÍ	57
GRAF 16: POROVNÁNÍ HODNOT ÚČINNOSTI ČIŠTĚNÍ PŘED A PO INTENZIFIKACI ČOV LOM U MOSTU	60
GRAF 17: POROVNÁNÍ PRŮMĚRNÝCH HODNOT VE VYPOUŠTĚNÝCH VODÁCH NA ODTOKU Z ČOV LOM U MOSTU PŘED A PO INTENZIFIKACI	60
GRAF 18: FOSFOR CELKOVÝ ZA ROK 2020, POROVNÁNÍ DLE PŘÍLOHY 7 NAŘÍZENÍ VLÁDY Č. 401/2015 SB.	61
GRAF 19: AMONIAKÁLNÍ DUSÍK ZA ROK 2020, DLE PŘÍLOHY 7 NAŘÍZENÍ VLÁDY Č. 401/2015 SB.	62

13. Seznam obrázků

OBRÁZEK 1: ZÁKLADNÍ SCHÉMA PROCESŮ ČIŠTĚNÍ ODPADNÍ VODY NA ČISTÍRNÁCH ODPADNÍCH VOD (KOMÍNKOVÁ A KOL., 2014)	7
OBRÁZEK 2: BIOLOGICKÉ ČISTÍRENSKÉ PROCESY PODLE PROSTŘEDÍ S HODNOTOU REDOX POTENCIÁLU (PYTL A KOL., 2004)	12
OBRÁZEK 3: ŽELVUŠKA TARDIGRADA (MECKESE, A KOL., 2013)	13
OBRÁZEK 4: SCHÉMA ANAEROBNÍ DIGESCE (KOMÍNKOVÁ A KOL., 2014)	21
OBRÁZEK 5: ROZDĚLENÍ UMĚLÝCH MOKŘADŮ PRO ČIŠTĚNÍ ODPADNÍCH VOD (VYMAZAL, 2004)	22
OBRÁZEK 6: ZÁJMOVÁ OBLAST SPRÁVY SEVEROČESKÁ VODÁRENSKÁ SPOLEČNOST A.S. V ÚSTECKÉM A LIBERECKÉM KRAJI (SVS, 2019).....	30
OBRÁZEK 7: KANALIZAČNÍ SÍŤ LOM U MOSTU (SČVK , 2020)	31
OBRÁZEK 8: JAKOST ODPADNÍCH VOD STANOVENÁ KANALIZAČNÍM ŘÁDEM (SČVK, 2004)	33
OBRÁZEK 9: PRŮTOKOVÉ SCHÉMA ČOV LOM U MOSTU PO INTENZIFIKACI (SČVK 2019).....	35

14. Přílohy

PŘÍLOHA 1: ČOV LOM U MOSTU - PŘED INTENZIFIKACÍ (TELECKÁ, 2016)	78
PŘÍLOHA 2: HRUBÉ PŘEDČIŠTĚNÍ, ČESLE – PŘED INTENZIFIKACÍ (TELECKÁ, 2016)	78
PŘÍLOHA 3: LAPÁK PÍSKU - PŘED INTENZIFIKACÍ (TELECKÁ, 2016)	79
PŘÍLOHA 4: DMYCHÁRNA - PŘED INTENZIFIKACÍ (TELECKÁ, 2016)	79
PŘÍLOHA 5: INTENZIFIKOVANÁ ČOV LOM U MOSTU (TELECKÁ, 2020)	80
PŘÍLOHA 6: HRUBÉ PŘEDČIŠTĚNÍ, STROJÍ ČESLE – PO INTENZIFIKACI (TELECKÁ, 2020)	80
PŘÍLOHA 7: LAPÁK PÍSKU - PO INTENZIFIKACI (TELECKÁ, 2020)	81
PŘÍLOHA 8: DMYCHADLA - PO INTENZIFIKACI (TELECKÁ 2020)	81
PŘÍLOHA 9: ROZVODY VZDUCHU Z DMYCHADEL - PO INTENZIFIKACI (TELECKÁ, 2020)	82
PŘÍLOHA 10: VNOŘENÁ DOSAZOVACÍ NÁDRŽ, POHLED Z NITRIFIKAČNÍ ČÁSTI (TELECKÁ, 2020)	82
PŘÍLOHA 11: BIOLOGICKÁ ČÁST S ROZVODEM AERACE (TELECKÁ, 2020)	83
PŘÍLOHA 12: BIOLOGICKÁ ČÁST S VNOŘENOU DOSAZOVACÍ NÁDRŽÍ (TELECKÁ, 2020)	83
PŘÍLOHA 13: KALOJEM (TELECKÁ, 2020)	84
PŘÍLOHA 14: AREÁL ČOV (TELECKÁ, 2020)	84
PŘÍLOHA 15: RECIPIENT (TELECKÁ, 2020)	85
PŘÍLOHA 16: VÝUSTĚ Z ČOV DO RECIPIENTU (TELECKÁ, 2020)	85

Příloha Fotodokumentace – ČOV Lom u Mostu před intenzifikací



Příloha 1: ČOV Lom u Mostu - před intenzifikací (Telecká, 2016)



Příloha 2: Hrubé předčištění, česle – před intenzifikací (Telecká, 2016)



Příloha 3: Lapák písku - před intenzifikací (Telecká, 2016)



Příloha 4: Dmyhárna - před intenzifikací (Telecká, 2016)

Příloha Fotodokumentace – intenzifikovaná ČOV Lom u Mostu



Příloha 5: Intenzifikovaná ČOV Lom u Mostu (Telecká, 2020)



Příloha 6: Hrubé předčištění, strojí česle – po intenzifikaci (Telecká, 2020)



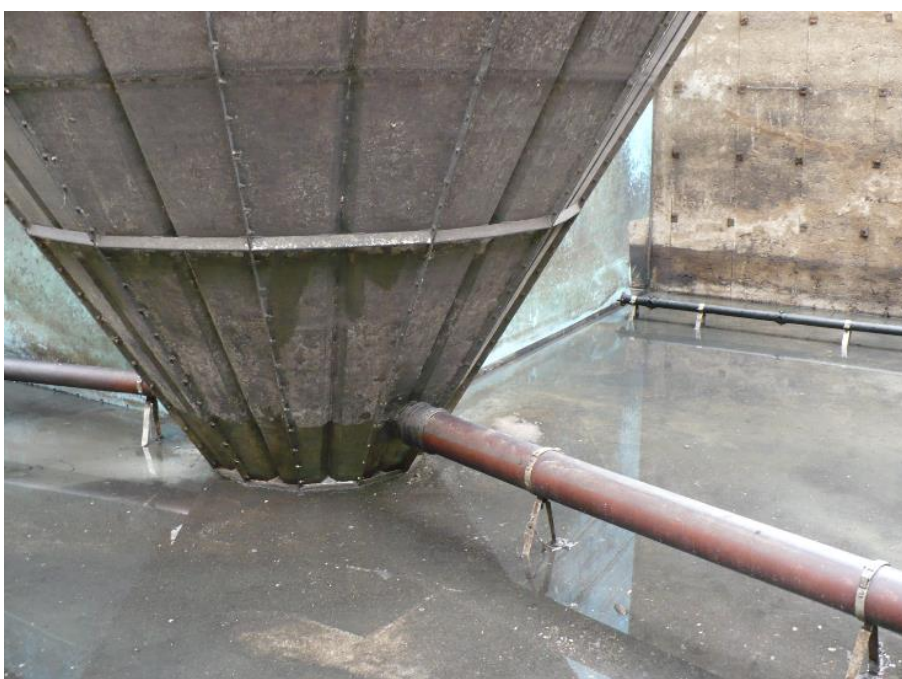
Příloha 7: Lapák písku - po intenzifikaci (Telecká, 2020)



Příloha 8: Dmychadla - po intenzifikaci (Telecká 2020)



Příloha 9: Rozvody vzduchu z dmychadel - po intenzifikaci (Telecká, 2020)



Příloha 10: Vnořená dosazovací nádrž, pohled z nitrifikační části (Telecká, 2020)



Příloha 11: Biologická část s rozvodem aerace (Telecká, 2020)



Příloha 12: Biologická část s vnořenou dosazovací nádrží (Telecká, 2020)



Příloha 13: Kalojem (Telecká, 2020)



Příloha 14: Areál ČOV (Telecká, 2020)



Příloha 15: Recipient (Telecká, 2020)



Příloha 16: Výust' z ČOV do recipientu (Telecká, 2020)