

Mendelova univerzita v Brně
Agronomická fakulta
Ústav aplikované a krajinné ekologie



Zhodnocení účinnosti vybrané čistírny odpadních vod

Diplomová práce

Vedoucí práce:

Ing. Petra Oppeltová, Ph.D.

Vypracoval:

Bc. Roman Fortelný

Brno 2015

ZADÁNÍ DIPLOMOVÉ PRÁCE

Zpracovatel : **Bc. Roman Fortelný**

Studijní program: Zemědělská specializace

Obor: Rozvoj venkova

Název tématu: **Zhodnocení účinnosti vybrané čistírny odpadních vod**

Rozsah práce: 50 stran textu, grafy, tabulky, mapové přílohy, fotodokumentace

Zásady pro vypracování:

1. Problematika znečišťování vod, kořenové čistírny odpadních vod, klasické čistírny odpadních vod- literární rešerše
2. Charakteristika zájmového území, popis přírodních a hospodářských podmínek
3. Charakteristika vybrané kořenové čistírny odpadních vod, charakteristika vybrané klasické čistírny odpadních vod
4. Návrh metodiky řešení
5. Získání údajů o vybraných ukazatelích jakosti vody před a za čistírnou odpadních vod
6. Statistické zpracování získaných dat
7. Diskuse a vyhodnocení výsledků, porovnání s platnou legislativou, srovnání účinnosti čištění klasické a kořenové čistírny odpadních vod
8. Závěr

Seznam odborné literatury:

1. ŠÁLEK, J. – TLAPÁK, V. *Přírodní způsoby čištění znečištěných povrchových a odpadních vod*. 1. vyd. Praha: Pro Českou komoru autorizovaných inženýrů a techniků činných ve výstavbě (ČKAIT) vydalo Informační centrum ČKAIT, 2006. 283 s. ISBN 80-86769-74-7.
2. ŠÁLEK, J. *Navrhování a provozování vegetačních kořenových čistíren*. Praha: Ústav zemědělských a potravinářských informací, 1999. 54 s. Metodiky pro zemědělskou praxi. ISBN 80-86153-037-0.
3. ŘÍHA, J. a kol. *Jakost vody v povrchových vodních tocích a její matematické modelování*. 1. vyd. Brno: NOEL 2000, 2002. 269 s. ISBN 80-86020-31-2.
4. HLAVÁČ, J et al.: Učebnice vodárenství, CD rom, Vodárenská akciová spol. Brno, 2003
5. PITTEK, P.: Hydrochemie. 2.vyd. Praha. VŠCHT, 1999, 568 s.
6. Zákon o vodách č. 254/2001 Sb. v platném znění a s tím související prováděcí předpisy

Datum zadání diplomové práce: říjen 2013

Termín odevzdání diplomové práce: duben 2015


Bc. Roman Fortelný
Autor práce




Ing. Petra Opletová, Ph.D.
Vedoucí práce


prof. Ing. František Toman, CSc.
Vedoucí ústavu


prof. Ing. Ladislav Zeman, CSc.
Děkan AF MENDELU

Čestné prohlášení

Prohlašuji, že jsem práci: *Zhodnocení účinnosti vybrané čistírny odpadních vod* vypracoval samostatně a veškeré použité prameny a informace uvádím v seznamu použité literatury. Souhlasím, aby moje práce byla zveřejněna v souladu s § 47b zákona č. 111/1998 Sb., o vysokých školách ve znění pozdějších předpisů a v souladu s platnou *Směrnicí o zveřejňování vysokoškolských závěrečných prací*.

Jsem si vědom, že se na moji práci vztahuje zákon č. 121/2000 Sb., autorský zákon, a že Mendelova univerzita v Brně má právo na uzavření licenční smlouvy a užití této práce jako školního díla podle § 60 odst. 1 autorského zákona.

Dále se zavazuji, že před sepsáním licenční smlouvy o využití díla jinou osobou (subjektem) si vyžádám písemné stanovisko univerzity, že předmětná licenční smlouva není v rozporu s oprávněnými zájmy univerzity, a zavazuji se uhradit případný příspěvek na úhradu nákladů spojených se vznikem díla, a to až do jejich skutečné výše.

V Brně dne:.....

.....
podpis

ABSTRAKT

Předkládaná diplomová práce s názvem *Zhodnocení účinnosti vybrané čistírny odpadních vod* se zabývá problematikou znečišťování vod a dostupnými technologiemi v oblasti čištění odpadních vod. Konkrétně porovnává účinnost kořenových a klasických (mechanicko-biologických) čistíren odpadních vod. Pro srovnání byly vybrány tyto čistírny: kořenová čistírna odpadních vod v obci Dražovice a klasická čistírna odpadních vod v obci Letonice. Obě spadají do velikostní kategorie 500 – 2000 ekvivalentních obyvatel. Obce spolu sousedí a nacházejí se na jižní Moravě, přibližně 32 km východně od města Brna.

Klíčová slova: znečišťování vod, kořenové čistírny odpadních vod, klasické čistírny odpadních vod, legislativa

ABSTRACT

The presented thesis, entitled *Evaluation of the effectiveness of a selected wastewater treatment plant*, deals with the problems of water pollution and available technologies in the area of wastewater treatment. In particular, the thesis compares the effectiveness of root-zone and conventional (mechanical-biological) wastewater treatment plants. For comparison, the following plants were selected: root-zone wastewater treatment plant in Dražovice and classical wastewater treatment plant in Letonice. Both facilities are in the size category of 500 – 2000 population equivalent. These two adjacent municipalities are located in South Moravia, approximately 32 km east of the city of Brno.

Keywords: water pollution, root-zone wastewater treatment plants, conventional wastewater treatment plants, legislation

OBSAH

1 ÚVOD.....	9
2 CÍL PRÁCE.....	9
3 LITERÁRNÍ REŠERŠE.....	10
3.1 Problematika znečišťování vod	10
3.1.1 Přírodní zdroje znečištění	11
3.1.2 Antropogenní zdroje znečištění	11
3.1.3 Bodové zdroje znečištění	11
3.1.3.1 Průmyslové zdroje znečištění	11
3.1.3.1.1 Potravinářský průmysl	12
3.1.3.1.2 Papírenský průmysl.....	12
3.1.3.1.3 Chemický průmysl	12
3.1.3.2 Komunální zdroje znečištění	12
3.1.3.2.1 Splaškové odpadní vody	13
3.1.3.2.2 Srážkové odpadní vody.....	13
3.1.4 Difúzní zdroje znečištění	14
3.1.4.1 Doprava.....	14
3.1.4.2 Skládky odpadů.....	14
3.1.5 Plošné zdroje znečištění.....	14
3.1.5.1 Intenzivní zemědělství	15
3.1.5.2 Atmosférické depozice	16
3.2 Kořenové čistírny odpadních vod.....	17
3.2.1 Výhody a nevýhody přírodního způsobu čištění odpadních vod.....	18
3.2.1.1 Výhody přírodního způsobu čištění	18
3.2.1.2 Nevýhody přírodního způsobu čištění	19
3.2.2 Objekty na KČOV	19
3.2.2.1 Česle.....	20
3.2.2.2 Lapák písku.....	20
3.2.2.3a Štěrbinová usazovací nádrž.....	20
3.2.2.3b Jiné usazovací nádrže.....	20

3.2.2.4	Nápustné a sběrné potrubí.....	21
3.2.2.5	Šachty.....	21
3.2.2.6	Kořenové pole.....	21
3.2.2.7	Dočišťovací biologická nádrž.....	22
3.2.3	Rostliny používané na KČOV	22
3.2.3.1	Význam vegetace v procesu čištění	23
3.2.4	Provoz vegetačních čistíren	23
3.3	Mechanicko-biologické čistírny odpadních vod.....	24
3.3.1	Stupně čištění.....	24
3.3.1.1	Mechanický stupeň čištění (primární čištění).....	24
3.3.1.2	Biologický stupeň čištění (sekundární čištění).....	26
3.3.1.3	Dočištění (terciární čištění).....	28
3.3.2	Kalové hospodářství	29
3.3.2.1	Zpracování kalu	29
3.3.2.1.1	Zahušťování kalu	30
3.3.2.1.2	Předúprava kalu	31
3.3.2.1.3	Stabilizace a hygienizace kalu	31
3.3.2.1.4	Odvodnění kalu.....	32
3.3.2.1.5	Finální likvidace kalu.....	32
3.3.3	Způsoby odstraňování dusíku a fosforu z odpadních vod	32
3.3.3.1	Odstraňování dusíku z odpadních vod.....	33
3.3.3.2	Odstraňování fosforu z odpadních vod.....	34
3.4	Legislativa ČR.....	35
4	CHARAKTERISTIKA ZÁJMOVÉHO ÚZEMÍ.....	38
4.1	Obec Dražovice	38
4.1.1	Přírodní podmínky	38
4.1.1.1	Klimatické poměry	38
4.1.1.2	Geomorfologie území	39
4.1.1.3	Geologie území	40
4.1.1.4	Hydrologické poměry	40

4.1.1.5 Pedologie území.....	40
4.1.2 Hospodářské využití území.....	40
4.1.3 Odkanalizování obce.....	40
4.1.4 Čištění odpadních vod v obci Dražovice	41
4.2 Obec Letonice	43
4.2.1 Přírodní podmínky	43
4.2.1.1 Hydrologické poměry	43
4.2.2 Hospodářské využití území.....	44
4.2.3 Odkanalizování obce.....	44
4.2.4 Čištění odpadních vod v obci Letonice.....	44
5 METODIKA	46
6 VÝSLEDKY A DISKUSE.....	48
6.1 KČOV Dražovice	48
6.2 ČOV Letonice	53
7 ZÁVĚR	55
8 POUŽITÁ LITERATURA.....	57
9 SEZNAM GRAFŮ	61
10 SEZNAM MAP	62
11 SEZNAM OBRÁZKŮ	63
12 SEZNAM TABULEK.....	64
13 SEZNAM POUŽITÝCH ZKRATEK	65
PŘÍLOHY	66

1 ÚVOD

Pro existenci člověka je voda nepostradatelná a nelze ji ničím nahradit. Je v nás a všude kolem, a proto považují ochranu vod jako jeden z nejdůležitějších úkolů člověka. Na vodu je potřeba nahlížet jako na součást životního prostředí a nikoliv jako na pouhou surovinu, kterou bezmyšlenkovitě používáme a stále očekáváme, že přiteče nová a čistá.

Za obzvláště důležitou považují ochranu vod v České republice, která je díky své poloze rozvodnicí tří moří (Severního, Baltského a Černého) a prakticky všechny její významnější toky odvádějí vodu na území sousedních států, a právě proto je potřeba tyto vody ještě důsledněji chránit před nadměrným znečišťováním. [28]

I když má voda schopnost samočištění je množství znečišťujících látek, které se do vod dostávají vlivem člověka natolik významné, že je tento proces nemůže zdaleka odstranit. Z důvodu neustále rostoucí populace a rozvoje průmyslu jsou vody, ať už povrchové či podpovrchové stále více zatěžovány polutanty. Největší pozornost je věnována tzv. plošným a bodovým zdrojům znečištění. Bodové zdroje představují nejčastěji obce, průmyslové závody, zemědělské objekty atd. Vody, které opouštějí tyto „objekty“ se nazývají vody odpadní. Vypouštění odpadních vod do recipientů obohacuje vodu o celou řadu látek, které negativně ovlivňují vodní ekosystémy a následně i člověka. Proto je nezbytné, aby před vypouštěním odpadních vod do recipientu probíhalo jejich co nejdokonalejší čištění. V dnešní době je v oblasti čištění vod dostupná celá řada technologií, které je však potřeba volit s ohledem na potřeby a ekonomické možnosti dané lokality. [27, s. 5]

2 CÍL PRÁCE

Cílem předkládané diplomové práce je vypracovat literární rešerši na téma problematika znečišťování vod, kořenové a klasické čistírny odpadních vod. Charakterizovat vybranou kořenovou a klasickou čistírnu odpadních vod a na základě získaných údajů o vybraných ukazatelích jakosti vody zhodnotit jejich účinnosti čištění a výsledky porovnat s platnou legislativou. Dále provést vzájemné srovnání obou technologií.

3 LITERÁRNÍ REŠERŠE

3.1 Problematika znečišťování vod

Znečišťováním vod se rozumí jakákoliv změna chemických, fyzikálních a biologických vlastností při srovnání s jejich přírodním stavem. Tyto změny mohou být způsobeny organickými a anorganickými nečistotami, inertními látkami, mikroorganismy a jinými látkami. Vážným problémem jsou látky, které se do vod dostávají haváriemi, a které mají vysokou schopnost akumulace. Rovněž látky, které jsou silně rezistentní, těžce odbouratelné nebo zcela neodbouratelné. [5, s. 102]

Z hlediska jakosti vod představují hlavní zdroj znečištění odpady, které jsou produkovány v jednotlivých oblastech socioekonomických aktivit a následně jsou transportovány do povrchových nebo podzemních vod. Jednotlivé zdroje znečištění můžeme rozdělit podle několika kritérií. Nejčastějším způsobem klasifikace je členění podle původu znečištění, převažujícího mechanismu transportu látek a povahy látek. [8, s. 117]

1. Podle původu znečištění rozlišujeme zdroje:

- přírodního původu,
- antropogenního původu.

2. Podle mechanismu transportu znečištění do vodního prostředí můžeme členit zdroje na:

- bodové zdroje znečištění,
- plošné zdroje znečištění,
- difúzní zdroje znečištění.

3. Podle povahy látek:

- fyzikální,
- chemické,
- biologické.

3.1.1 Přírodní zdroje znečištění

Přírodní příčiny znečišťování vod jsou vyvolávány klimatickými, geomorfologickými, půdními a jinými vlivy. Zdaleka nejrozšířenějším původcem je eroze, která způsobuje znečištění povrchových, ale i podzemních vod smyvem, odnosem a vyluhováním půdy. Odnesené půdní částice se dostávají do toků, kde sedimentují a způsobují jejich zanášení. Tento proces zvyšuje niveletu dna, což má za následek zvýšené riziko nežádoucích inundací. Tento fakt je ještě více umocněn nevhodnými agrotechnickými postupy (pěstování širokořádkových plodin na svažitéch pozemcích) a v současné době i stále se rozšiřující nedodržování osevních postupů. [2, s. 17]

3.1.2 Antropogenní zdroje znečištění

Antropogenní znečištění je způsobováno lidskou činností a to zejména vlivy osídlení, průmyslu a zemědělství. K nejvýznamnějším polutantům patří obecně vypouštění odpadních vod nejrůznější povahy, které se dostávají buďto přímo do vodních toků nebo pronikají infiltrací do podzemních vod. [19, s. 50]

3.1.3 Bodové zdroje znečištění

Bodové znečištění představuje nejvýznamnější složku v procesu kontaminace povrchových vod znečišťujícími látkami. Představují místa, ve kterých dochází k vypouštění znečišťujících látek přímo do vodních toků nebo nádrží. Jedná se o vypustění odpadních vod z průmyslových podniků, ale i obcí a to jak v podobě zaústění kanalizačních stok, tak odpadů z čistíren odpadních vod. Efekt bodového znečištění spočívá v náhlé změně kvality vody v podélném profilu toku, který takto může být zatížen i do vzdálenosti desítek kilometrů. [8, s. 120]

3.1.3.1 Průmyslové zdroje znečištění

Tyto zdroje znečištění řadíme k největším znečišťovatelům vod. Odpadní průmyslové vody totiž obsahují širokou škálu látek. Jejich koncentrace a složení je závislé na různých výrobních odvětvích, použitých technologiích při výrobě a následné úrovni čištění. [5, s. 104], [8, s. 122]

Ve většině průmyslových výroby můžeme rozlišit následující základní druhy odpadních vod:

- technologické odpadní vody,
- chladičové vody,

- splaškové vody.

Jednotlivé typy odpadních vod od sebe bývají oddělené, protože vyžadují různé metody čištění a jejich promíchání by mohlo výrazně zkomplikovat čisticí procesy. [8, s. 122]

3.1.3.1.1 Potravinářský průmysl

Vody z potravinářského průmyslu jsou významné především tím, že mají vysokou koncentraci organických látek. Charakter znečištění je vysoce proměnlivý, jednak podle druhu výroby, ale i velmi často v závislosti na sezoně. Mezi největší znečišťovatele lze obecně označit lihovary, pivovary, mlékárny, cukrovary atd. [8, s. 124]

3.1.3.1.2 Papírenský průmysl

Podobně jako u potravinářského průmyslu obsahuje voda z papírenského průmyslu vysoké koncentrace organických látek, které jsou často navíc obtížně rozložitelné. Závody na výrobu papíru a celulózy patří společně s chemickým průmyslem mezi největší znečišťovatele vod. Tyto závody znečišťují rozsáhlé úseky vodních toků. [8, s. 124], [3, s. 114]

3.1.3.1.3 Chemický průmysl

Odpadní vody z chemického průmyslu jsou specifické svoji pestrostí a proměnlivostí složení v závislosti na charakteru výroby. Znečištění má ve většině případů relativně rovnoměrný charakter, který je dán nutností minimálních výkyvů v kvalitě odpadních vod. [8, s. 123]

3.1.3.2 Komunální zdroje znečištění

Komunální zdroje znečištění pocházející z měst a sídel patří vedle průmyslových zdrojů k nejzávažnějším zdrojům kontaminace vod organickými i anorganickými znečišťujícími látkami. Kromě vlastní produkce znečištění obyvatelstvem se na odpadech podílejí splachy způsobené deštěm, které smývají do stokové sítě různorodé látky. Koncentrace osídlení spolu s průmyslem a obslužnou dopravní sítí do velkých územních celků přináší vždy značné množství znečišťujících látek, což může u málo vodných toků působit kriticky. Pro minimalizaci vlivu sídel na znečištění vod je zásadní zajištění svodu odpadních vod do kanalizační sítě a jejich následné účinné čištění. [8, s. 126]

3.1.3.2.1 *Splaškové odpadní vody*

Splaškové odpadní vody komunálních zdrojů jsou z hlediska množství závislé na spotřebě vody obyvatelstvem, respektive jejími odběry. Samotná velikost odběru vody se velmi liší v závislosti na velikosti sídla. Průměrné hodnoty se podle různých autorů liší, ale dle Pittera (2009, s. 466) se pohybuje v rozmezí 20 až 150 l na obyvatele a den. Celkový objem odpadních vod je úzce provázán s jejich složením, respektive s koncentrací znečišťujících látek. Obvykle odpadní vody obsahují především organické odpady z fekálií a zbytků jídla, které podléhají rychlému rozkladu a v neposlední řadě také příměsi látek z čisticích prostředků, které jsou používány v domácnostech. Zvláštní pozornost si zaslouhují organické složky, které vytvářejí hnilobné zárodky a mohou být zdrojem šíření infekce. Odpadní vody obsahují velké množství živin, hlavně fosforu a dusíku, který se do odpadní vody dostává fyziologickým vylučováním a v případě fosforu z pracích a čisticích prostředků. Orientační přehled produkce znečištění uvádí tabulka č. 1. [8, s. 128]

Tabulka č. 1 – Orientační hodnoty specifické produkce znečištění v gramech na 1 obyvatele za 1 den (Pitter 2009)

Ukazatel	g/ ob/ den
BSK ₅ ¹	60
CHSK _{cr} ²	120
N _{celk.}	11
P _{celk.}	2,5

3.1.3.2.2 *Srážkové odpadní vody*

Toto znečištění vzniká při odvodu srážkami spadlé vody prostřednictvím kanalizační sítě a je možno jej rozdělit na dvě samostatné složky. První je tvořena koncentrací znečišťujících látek, které jsou přítomné v samotné srážkové vodě. Ty jsou obvykle malé, i když zde bývají regionální rozdíly. Druhá složka je potom tvořena látkami, které jsou v průběhu dešťové srážky splachovány z povrchu a postupně odváděny kanalizační

¹BSK₅ (biochemická spotřeba kyslíku) udává množství kyslíku, které potřebné k úplné oxidaci biologicky odbouratelných látek obsažených ve zkoumané vodě. [26]

²CHSK_{cr} (chemická spotřeba kyslíku) udává množství kyslíku, které je potřeba k oxidaci všech látek, tedy nejen těch, které mohou být odbourány biologickou cestou. Jako činidlo se používá dichroman draselný. [26]

sítí. Zde je z pohledu znečištění důležitá samotná lokalita, kde ke splachu dochází. Největší podíl srážkových vod připadá na města a sídelní struktury. Výrazně odlišné složení mají vody odváděné z průmyslových oblastí, kde může v případě přívalové srážky dojít i k ekologické havárii. Koncentrace škodlivých látek se také mění v průběhu srážky. Největší koncentrace jsou dosahovány přibližně prvních 15 minut, po kterých se koncentrace začne postupně snižovat. [8, s. 129]

3.1.4 Difúzní zdroje znečištění

Do této kategorie můžeme zahrnout zdroje výše zmíněné, ale také např. dopravu, výluhy ze skládek odpadů aj. Stanovení těchto zdrojů je obtížné zejména kvůli značnému prostorovému rozptýlení. [5, s. 106]

3.1.4.1 Doprava

Doprava se na difúzním znečištění podílí jednak v oblastech vlastních dopravních těles – silnic, železnic, tak v oblastech obslužných ploch a technického zázemí – parkovišť, dep a opraven. Kromě znečišťování ropnými látkami je doprava významným zdrojem znečištění pocházející ze zimní údržby komunikací – sůl, písek a štěrky, které se působením srážek a jarním táním dostávají do vodních toků. [5, s. 104], [8, s. 136]

3.1.4.2 Skládky odpadů

Skládky odpadů jsou rizikovým faktorem především v případě, kdy je skládka nevhodně odizolována od jejího okolí. U těchto skládek pak dochází k průsakům skládkových vod, které představují velké nebezpečí pro vody a životní prostředí obecně. Zejména při přívalových deštích nebo povodních se mohou stát zdrojem obecného ohrožení. [8, s. 135]

3.1.5 Plošné zdroje znečištění

Pojem plošné znečištění představuje aktivity, které způsobují produkci znečišťujících látek a jejich následný transport do povrchových a podzemních vod v ploše krajiny. Hlavním rozdílem oproti bodovému znečištění, u kterého kontaminace probíhá v jednom bodě prostřednictvím soustředěného odtoku je, že u plošných zdrojů je proces kontaminace podstatně složitější. Část znečišťujících látek je totiž splachována povrchovým odtokem, část je ukládána v půdním profilu, část je transportována hypodermálním odtokem a část odtokem bazálním. Do této kategorie znečištění spadá

především znečištění způsobené zemědělskou činností a to zejména rostlinnou výrobou, kde se aplikují hnojiva a pesticidy. Dalším významným faktorem podílejícím se na plošném znečištění jsou atmosférické depozice. [8, s. 137]

3.1.5.1 Intenzivní zemědělství

Intenzivní zemědělská velkovýroba ovlivňuje výrazným způsobem kvalitu povrchových a podzemních vod. Toto znečištění je způsobováno především intenzifikací zemědělství, které dnes používá těžkou mechanizaci spolu s velkoplošnými aplikacemi hnojiv a chemických prostředků, zvláště průmyslových hnojiv a pesticidů. [2, s. 17]

Podle Hubáčkové a Opletové (2008, s. 104) patří mezi nejčastější a zároveň nejzávažnější rizika v zemědělství:

- průmyslová hnojiva,
- chemické prostředky (obecně pesticidy),
- silážní a senážní šťávy,
- statková hnojiva.

Průmyslová hnojiva byla zejména v minulosti nadměrně aplikována na zemědělské pozemky bez ohledu na klimatické a půdní podmínky dané oblasti. Při takovém způsobu hospodaření rostlina využije pouze část dodaných živin a přebytek těchto hnojiv se díky snadné rozpustnosti dříve či později vyplavením a splachy dostane do povrchových a podzemních vod. Proto je vhodné, především ve vodohospodářsky významných oblastech aplikovat hnojiva s postupným uvolňováním živin, případně jejich aplikaci provádět v dělených dávkách. [2, s. 18], [5, s. 105]

Pesticidy jsou cizorodé látky, které se za normálních okolností v přírodním prostředí nevyskytují, a proto je jejich vliv významně negativní. Tyto látky působí toxicky, mohou být mutagenní či karcinogenní. V současné době je stále větší snaha používat ekologicky šetrnější preparáty na ochranu rostlin. Dále mohou pesticidy narušovat biochemickou rovnováhu v tocích a nepříznivě ovlivňovat samočisticí proces. [2, s. 18], [17, s. 20]

Silážní a senážní šťávy jsou velmi nebezpečné zdroje znečištění, a proto je nezbytné jim věnovat zvýšenou pozornost. V tocích způsobují narušení kyslíkového režimu a umožňují rozvoj železitých bakterií, které způsobují silný zápach vody. [2, s. 18]

Statková hnojiva jsou při správné aplikaci poměrně stálá a nepředstavují významné riziko pro povrchové či podzemní vody. Je ovšem potřeba dbát na jejich správné skladování, tak aby nedocházelo k jejich únikům. [2, s. 18]

3.1.5.2 Atmosférické depozice

Důležitou součástí plošných zdrojů znečištění tvoří atmosférická depozice jako následek antropogenních emisí do ovzduší. Tyto látky jsou pak srážkami transportovány na zemský povrch, kde dochází k jejich následné infiltraci. Takto vznikají tzv. kyselé deště, které způsobují acidifikaci vod. Existence kyselých dešťů je úzce spojena se znečišťováním atmosféry, především oxidy síry a dusíku. Při průchodu atmosférou se srážková voda těmito oxidy obohacuje a tím dochází k tvorbě kyselin (kyselina sírová a dusičná), které způsobují pokles pH. [5, s. 103]

Oxidy síry vznikají při spalování fosilních paliv, zejména pak spalováním nekvalitního uhlí, které obsahuje velké množství síry. Oxidy dusíku se do ovzduší dostávají ze spalovacích motorů a díky jiným lidským činnostem. Podíl antropogenních zdrojů na emisích oxidů dusíku a síry představuje tabulka č. 2. [3, s. 36 – 37]

Tabulka č. 2 – Podíl antropogenních zdrojů na emisích (Hlavínek, Říha 2004)

Zdroj	SO₂ (%)	NO_x (%)
Energetika	55	37
Průmysl	44	13
Doprava	1	50

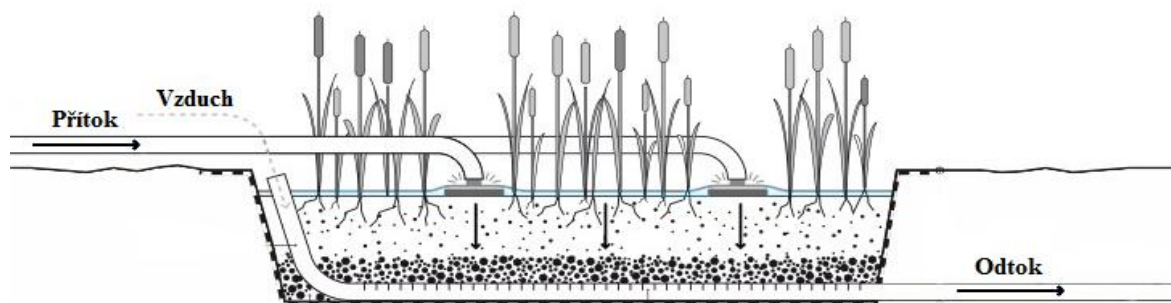
3.2 Kořenové čistírny odpadních vod

Tyto přírodní systémy jsou založeny na mechanických, fyzikálně-chemických a biologických procesech, které probíhají ve filtrační vrstvě za spolupůsobení rostlin. Čištění vod probíhá filtrací přes kořenová pole, která jsou vyplněna filtračním materiálem a pracují na principu biologické filtrace vody. Jedná se tedy o speciální typ biologických filtrů, které jsou osázeny mokřadními rostlinami. Přírodní způsoby čištění nacházejí uplatnění zejména při čištění splaškových odpadních vod jednotlivých domácností, hotelů, rekreačních center a menších obcí, zpravidla do 1000 obyvatel. [18, s. 13]

Z konstrukčního hlediska rozlišujeme mokřady s horizontálním a vertikálním průtokem. V důsledku zvýšených nároků na odstraňování dusičnanů se dnes často využívá kombinace obou způsobů. Tyto systémy jsou pak označovány jako kořenové čistírny druhé generace. V České republice se však nejčastěji setkáme s KČOV s horizontálním průtokem, tzv. první generace [7, s. 6], [18, s. 56], [36]

Mokřady s vertikálním průtokem

Mokřady s vertikálním průtokem tvoří filtrační lože, na jehož povrch je (přerušovaně) přiváděna odpadní voda, která rovnoměrně protéká okolo kořenů rostlin (viz. obr. č. 1). Tento způsob je mnohem náročnější na celý rozvodný systém a čerpadla, která musí zaručit správnou distribuci odpadní vody. Tím, že je voda přiváděna přerušovaně dochází k jejímu prokysličování a vznikají zde optimální podmínky pro nitrifikaci³ a tím i ke zlepšení účinku při odstraňování amoniaku. [7, s. 6], [36]

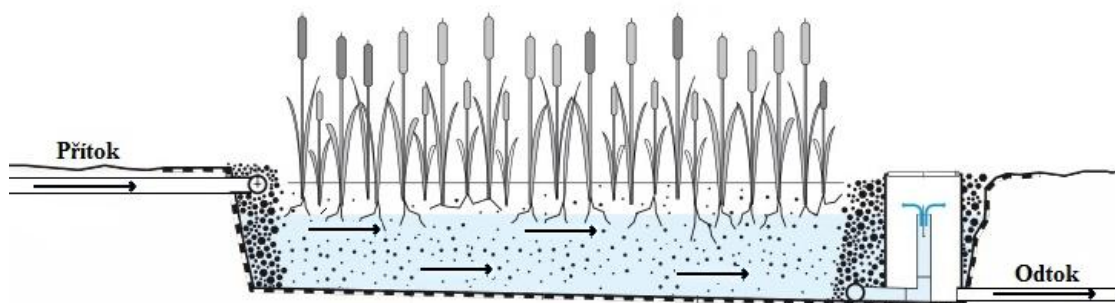


Obr. č. 1 - Schéma mokřadu s vertikálním průtokem (<http://www.sswm.info/>, upraveno)

³ Nitrifikace je blíže popsána v kapitole 3.3.3.1 Odstraňování dusíku z odpadních vod

Mokřady s horizontálním průtokem

Tyto mokřady jsou obdobné konstrukce s hlavním rozdílem transportu vody filtračním polem. Zde je hladina vody udržována pod úrovní filtračního lože a proudí horizontálně od přítoku k výpusti z kořenového pole (viz. obr. č. 2). Do tohoto systému přitéká odpadní voda kontinuálně a tím odpadá potřeba užití čerpadel. V horizontálním mokřadu jsou většinou anoxické podmínky, což vede k podmínkám vhodným k denitrifikaci⁴ dusičnanů vzniklých při nitrifikaci. Jelikož, se odpadní voda nachází pod povrchem, je riziko kontaktu (člověka či zvířat) s patogenními organismy minimální. [7, s. 6], [36]



Obr. č. 2 - Schéma mokřadu s horizontálním průtokem (<http://www.sswm.info/>, upraveno)

3.2.1 Výhody a nevýhody přírodního způsobu čištění odpadních vod

3.2.1.1 Výhody přírodního způsobu čištění

Předností těchto technologií je využívání samočisticích procesů, které samovolně probíhají ve vodním, půdním a mokřadním prostředí v součinnosti s vegetací. Přednosti přírodních způsobů čištění spočívají v environmentálním charakteru zařízení, v možnosti jednoduššího začlenění do okolního prostředí, v poměrně jednoduchém technologickém provedení, v nízkých investičních a provozních nákladech, minimálně spotřebě energií, v možnostech nárazového zatížení balastními vodami⁵, v poměrně

⁴ Denitrifikace je blíže popsána v kapitole 3.3.3.1 Odstraňování dusíku z odpadních vod

⁵ Balastní vody jsou především podzemní vody, které se dostávají netěsnostmi do kanalizace. Často se jedná i o povrchové toky zaústěné do kanalizačního systému (pozůstatky z dob minulých). Balastní vody mají negativní vliv, protože naředují splašky a ochlazují odpadní vod. [27]

dobrém čisticím účinku od zahájení provozu, v poutání dusíku a fosforu vegetací. Dále se vyznačují možností krátkodobého i dlouhodobého přerušení provozu. [18, s. 16]

3.2.1.2 Nevýhody přírodního způsobu čištění

Většina slabých stránek nespočívá v samotné metodě, ale v nepropracovanosti biologického a technického uspořádání, neznalosti některých investorů a projektantů nebo v nedostatečně kvalitní obsluze. Největší možnou nevýhodou lze spatřovat ve velké náročnosti na plochu⁶. Dále u klasického uspořádání KČOV, které u nás převažuje, nedochází k dostatečnému odstraňování amoniakálního dusíku, které je způsobeno výrazně bezkyslíkatými poměry uvnitř kořenových polí. Další nevýhodou je postupná kolmatace porézního prostředí, které má za následek snížení účinnosti, nemožnost řízení čisticího procesu a často zmiňovaná nižší účinnost v zimním období (mimo vegetační období rostlin). [18, s. 20], [36]

3.2.2 Objekty na KČOV

V případě, že je KČOV napojena na jednotnou kanalizaci je prvním objektem odlehčovací komora, která se stará o to, aby v případě větších průtoků nebyl překročen průtok maximální. Takto oddělená voda je svedena do dešťové zdrže, odkud je po opadnutí vysokých průtoků přečerpána zpět před mechanické předčištění. Za odlehčovací komorou se nachází první stupeň čištění, tj. mechanické předčištění. Zde odpadní voda prochází skrz jemné česle, lapák písku a dále do usazovací nádrže. Po průchodu prvním stupněm by měla voda obsahovat minimální množství nerozpuštěných látek. To je důležité z hlediska životnosti filtrační náplně uvnitř kořenového pole, jelikož nerozpuštěné látky způsobují její zanášení tzv. kolmataci. Takto upravená odpadní voda je následně odvedena na kořenové pole. Zde dochází k odstraňování rozpuštěných organických látek, nutrientů a dosazení nerozpuštěných látek, které nebyly odstraněny při mechanickém předčištění. Odbourávání organických látek a nutrientů probíhá především díky rozkladné činnosti aerobních a anaerobních mikroorganismů. Dále se zde uplatňují jevy fyzikální (filtrace, sedimentace, absorpce atd.) [32, s. 15]

⁶ Průměrná návrhová plocha KČOV je v České republice 5,7 m²/EO [9, s. 60]

3.2.2.1 Česle

Česle slouží k odstranění hrubých nečistot a plovoucích objektů ze surové odpadní vody (kuchyňské odpadky, hadry, papír, zbytky obalů, dřevo apod.) přitékající na ČOV. Jedná se o mříž tvořenou rámem a česlicemi, které mohou být kruhového, obdélníkového nebo lichoběžníkového průřezu. Podle vzdálenosti mezi česlicemi rozeznáváme česle hrubé a jemné. Zachycený materiál (tzv. shrabky) je odstraňován buď ručním, nebo strojním stíráním. Jedním z důležitých návrhových parametrů je rychlost proudění vody v přítokovém žlabu, která by se měla pohybovat v rozmezí 0,3 – 1,2 m/s. Pod touto hranicí totiž dochází k sedimentaci písku a v případě větších rychlostí může docházet ke strhávání již zachyceného materiálu. [9, s. 27], [15, s. 121]

3.2.2.2 Lapák písku

Odpadní voda obsahuje kromě zahnívajících organických látek těžký inertní materiál jako popílky, škváru, skořápky, úlomky kostí a za přívalových dešťů u jednotné stokové soustavy značné množství písku. Proto se na všech ČOV budují zařízení, ve kterých se má zachytit hlavní podíl minerálních nerozpuštěných látek, zejména písek. Principem odstraňování těchto látek je sedimentace, ke které dochází snížením průtočné rychlosti v nádrži. Množství písku je závislé na sklonu odkanalizovaného území, klimatických podmínkách, vlastnostech půdy, konstrukci a stavu kanalizačního systému atd. [9, s. 28], [15, s. 130]

Podle směru proudění rozlišujeme lapáky písku horizontální, vertikální a lapáky s příčnou cirkulací. [9, s. 28]

3.2.2.3a Štěrbínová usazovací nádrž

Štěrbínová usazovací nádrž, je nádrž sloužící k zachycení jemných kalových částic. Jde o hlubokou nádrž, která je rozdělena dnem se štěrbinou. V horní části probíhá usazování, usazený kal propadá štěrbinou do níže položeného vyhnívacího prostoru, ve kterém dochází k jeho anaerobní stabilizaci. [6, s. 49]

3.2.2.3b Jiné usazovací nádrže

V případech většího podílu erozních splavenin se místo štěrbinové nádrže zařazují jednoduché zemní nebo betonové nádrže, z nichž lze usazený kal jednoduše vybírat drapákem bagru. [9, s. 30]

3.2.2.4 Nápustné a sběrné potrubí

Nápustné potrubí musí být stále průchodné a jeho konstrukční provedení musí umožňovat proplachování tlakovou vodou. Z tohoto důvodu je nutné jeho vyvedení nad úroveň filtračního materiálu nebo do šachty mimo filtrační těleso. Vzhledem k odolnosti se nejčastěji používá polyetylenové (dále PE) potrubí. [6, s. 106]

Sběrné potrubí je z konstrukčního hlediska stejné jako potrubí nápustné, musí však být uloženo, tak aby umožňovalo úplné vypuštění vody z kořenového pole. [6, s. 106]

3.2.2.5 Šachty

Rozdělovací šachty slouží k rozdělení a regulaci průtoku mechanicky předčištěné vody do jednotlivých kořenových polí. Způsob rozdělení musí umožňovat také úplné odstavení přítoku, což je důležité v případě oprav, či údržby kořenového pole. [6, s. 106]

Regulační šachty slouží k regulaci výšky hladiny v kořenových polích a musí umožňovat jejich nezávislé vypuštění. V praxi se nejčastěji objevuje regulace hladiny pomocí zavěšeného flexibilního potrubí. [6, s. 106]

3.2.2.6 Kořenové pole

Kořenové pole je mělká zemní nádrž, která je vodotěsně izolovaná od okolní zeminy a podzemních vod, tak aby nedocházelo k jejich kontaminaci a zároveň aby do kořenového pole nepronikaly balastní vody. Utěsnění nádrže je možno provést plastovou folií nebo zeminou s vhodným koeficientem filtrace. Dále je nádrž vyplněna vhodnou filtrační náplní, která musí zajišťovat požadovaný čisticí efekt. Musí mít dostatečnou propustnost a vytvářet vhodné podmínky pro růst rostlin. Filtrační materiály s vyšším obsahem vápníku, hliníku nebo železa zachycují ve větší míře fosfor, a to až do zaplnění sorpční kapacity. Kořenové pole musí být vybaveno vtokovými a odtokovými drény, které zajistí rovnoměrně rozdělení odpadní vody do filtračního tělesa. Tyto drény jsou chráněny přechodovým filtrem, tak aby nedocházelo k jejich zanášení. [6, s. 100 – 103]

Životnost kořenového pole

Životnost kořenového pole je zejména ovlivněna kolmatací, která představuje nejzávažnější provozní problém KČOV. Jde o zanášení porézního filtračního prostředí nerozpuštěnými látkami, především jemnými zemitými a organickými částicemi

a vyplavovaným kalem. Ke kolmataci dochází buď nárazovým uvolněním kalů, nebo jejich pozvolným uvolňováním. První případ nastává při přívalových srážkách, kdy je vysoká koncentrace smyvů ve stokové síti. Spolu s nevhodně řešeným dešťovým oddělovačem dochází k propouštění neúnosného množství odpadních vod na mechanický stupeň, který tento nápor nezvládá. Druhý případ pozvolné kolmatace zapříčiňuje nevhodná konstrukce usazovací nádrže nebo její chybné provozování (např. nedostatečné odstraňování kalu). [9, s. 46]

3.2.2.7 Dočišťovací biologická nádrž

Tyto nádrže se využívají k dočištění čištěných odpadních vod pod čistírnami a tvoří druhý stupeň biologického čištění. Jejich hlavním úkolem je odstranění zbývajících organického znečištění a eliminace značné části nutrientů. [18, s. 169]

3.2.3 Rostliny používané na KČOV

Vegetační tělesa se osazují vodními a mokřadními rostlinami různých druhů. Žádoucí jsou vytrvalé rychle kořenicí druhy s trvale bohatou podzemní kořenovou částí, spolehlivé, nenáročné na prostředí a snadno množitelné. [6, s. 104]

Jako nejvhodnější se v praxi ukázaly tyto druhy:

- rákos obecný,
- chrastice rákosovitá,
- orobinec úzkolistý i širokolistý,
- zblochan vodní,
- skřípinec jezerní,
- sítina rozkladitá.

Rákos obecný (*Phragmites australis*)

Rákos obecný je vytrvalá tráva, která v našich podmínkách dorůstá až do výšky 4 m, čímž se řadí mezi naše největší trávy. V zemi zakořeňuje mohutným plazivým oddenkem a kořeny, které prorůstají do značných hloubek. Všeobecně se uvádí hloubka v rozmezí 60 – 70 cm. Rákos je tolerantní vůči teplotě, pH, organickému i anorganickému znečištění a je typický svým rychlým růstem. Díky těmto vlastnostem je rákos obecný nejpoužívanější mokřadní rostlinou v systémech KČOV. [22, s. 74]

Chrastice rákosovitá (*Phalaris arundinacea* L.)

Chrastice rákosovitá je o vytrvalá bylina dorůstající výšky až 3 m. Má mohutný kořenový systém propletený oddenky. Na rozdíl od rákosu obecného neprorůstá do takové hloubky, většinou okolo 0,3 m. Je tolerantní ke znečištění i promrzání, ale optimální rozmezí pH je poměrně úzké (6,1 – 7,5). Rychlost tvorby biomasy je výrazně nižší než u rákosu obecného. [22, s. 74]

Orobinec úzkolistý a širokolistý (*Typha angustifolia*, *Typha latifolia*)

Orobinec je trvalá bylina dorůstající výšky až 4 m. Zakořeňuje poměrně mělkými a však mohutnými oddenky. Jedná se o velmi agresivní bylinu, které jsou velice silné v konkurenčním boji. Velmi rychle se rozmnožují a produkují velké množství biomasy. Tolerují široké rozsahy znečištění a především velké rozmezí pH (2 – 10). [22, s. 74]

3.2.3.1 Význam vegetace v procesu čištění

Dle Šálka a Tlapáka (2006, s. 67) v přírodních způsobech čištění odpadních vod plní vegetace řadu důležitých a nezastupitelných funkcí, které je možno shrnout do těchto bodů:

- rostliny využívají živiny a stopové prvky obsažené v čištěné vodě k tvorbě biomasy a takto se výrazně podílejí na snížení nebezpečí eutrofizace,
- vegetace vytváří příznivé podmínky pro rozvoj mikroorganismů, nezbytných pro plnou funkci čistících procesů,
- mokřadní rostliny dodávají do kořenové zóny chybějící kyslík a takto napomáhají k vyrovnaní kyslíkové bilance,
- rostliny v zimním období vytvářejí svým opadem tepelnou izolaci, která brání promrzání filtračního lože,
- většina rostlin využívaných v přírodních způsobech čištění, plní estetickou funkci.

3.2.4 Provoz vegetačních čistíren

Každá čistírna vyžaduje obsluhu, která provádí každodenní dohled a údržbu podle manipulačního a provozního řádu. Průběžná práce obsluhy je poměrně jednoduchá a představuje vyklízení česlí, lapáku písku, kontrola a případné vyčištění hladiny usazovací nádrže a šachet před a za vegetačním tělesem. Podle potřeby (v závislosti

na kapacitě) zajišťuje vyvážení kalu ze šterbinové nádrže či jiného prvku mechanického čištění. [6, s. 107]

Jistou péči vyžaduje i vegetační porost v kořenových polích. Dále je nutné chránit těleso před zaplevelením, nejčastěji se tak provádí přechodným zaplavováním polí na výšku cca 5 cm. Poměrně nejednoznačná je otázka údržby vegetace, především pak nutnost sklizení nadzemní biomasy. Těžení biomasy podle výzkumů příliš nepřispívá k odstranění živin z čistírny, pokud má význam tak spíše jen z hlediska kondice porostu. Mnoho autorů sklizeň nedoporučuje v obavě z mechanického poškození povrchu vegetačního tělesa, a pokud se provádí, musí se tak dít ručně. Nejběžnějším přístupem v České republice (dále ČR) je kosení porostu po skončení vegetačního období, kdy slouží stařina jako izolační prvek chránící kořenová pole před promrzáním. Jako izolační vrstva však může sloužit i tenká vrstva vody pod ledem, které se dosáhne přechodným zvýšením hladiny na úroveň šterku v období mrazů a její následné zamrznutí. [6, s. 107], [6, s. 107], [9, s. 84]

3.3 Mechanicko-biologické čistírny odpadních vod

Čistírna odpadních vod (dále jen ČOV) je zařízení k čištění odpadních vod na úroveň umožňující jejich bezpečné vypouštění do vod povrchových. V procesu čištění dochází k odstranění znečištění kombinací fyzikálních a biologických procesů. [29, s. 41]

3.3.1 Stupně čištění

System klasických ČOV lze dle Slavičkové a Slavička (2013) rozdělit na mechanické čištění (primární čištění), biologické čištění (sekundární čištění), dočištění (terciární čištění). V celém procesu nesmíme také opomenout kalové hospodářství (obecné schéma ČOV viz. obr. č. 3).

3.3.1.1 Mechanický stupeň čištění (primární čištění)

Hlavním úkolem je odstranění hrubých nečistot a makroskopických látek, jejichž přítomnost by mohla vést k mechanickým závadám a zanášení objektů na zařízení ČOV. Z hlediska technologie čištění se jedná o poměrně jednoduché procesy založené na jevech, jako jsou sedimentace (lapáky šterku, písku), flotace (lapáky tuků a olejů)

nebo cezení (česle a síta). Předčištění se tedy skládá z hrubých a jemných česlí⁷, lapáku šterku a písku⁸ a lapáku tuků a odtud jde předčištěná odpadní voda dále do primární usazovací nádrže. Primární stupeň klasických ČOV je podobný mechanickému předčištění u KČOV. [4, s. 154]

Lapák tuků

V lapáku tuků a olejů je volná hladina shrabována pomalu se pohybujícím hrablem. Proces může být podpořen flotací, kdy je ode dna nádrže vháněn stlačený vzduch, který oddělí mastné látky (s měrnou hustotou menší než má voda) od kalových částic a ty vyplují k hladině ve formě pěny, která je stírána do zvláštních jímek. [15, s. 135], [4, s. 159]

Oleje a tuky v odpadních vodách způsobují zalepení čerpadel a potrubí, zanášejí biologické filtry a brání v pronikání kyslíku do vody v aktivačních nádržích, a tím snižují účinnost biologického čištění. Nejvhodnějším řešením je umístění lapáku tuků před vstupem odpadní vody do veřejné kanalizace, přímo u jednotlivých zdrojů znečištění. [15, s. 135]

Primární usazovací nádrž

Primární usazovací nádrže se používají k zachycení dobře usaditelných nerozpuštěných látek, před dalším (biologickým) stupněm čištění. Používají se proto, aby odlehčily zatížení druhého stupně. Jsou považovány za nejdůležitější jednotku mechanického čištění, jelikož zde dochází k odstranění největšího procenta nerozpuštěných a suspendovaných látek. Zachytí 50 – 70 % rozptýlených látek a redukce BSK₅ je 25 – 50 %. V primární usazovací nádrži vzniká tzv. primární kal. [15, s. 139], [12]

Podle Hlavníka a kol. (2003, s. 161) lze z konstrukčního hlediska rozdělit usazovací nádrže takto:

- pravoúhlé a kruhové s horizontálním průtokem,
- pravoúhlé a kruhové s vertikálním průtokem,
- šterbinové usazovací nádrže (s kalovým prostorem).

⁷ Česle jsou blíže popsány v kapitole 3.2.2.1

⁸ Lapák písku je blíže popsán v kapitole 3.2.2.2

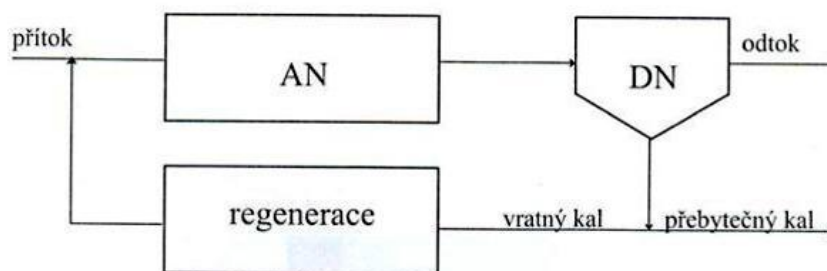
3.3.1.2 Biologický stupeň čištění (sekundární čištění)

Tento stupeň využívá způsobů čištění, které probíhají v přírodě. V ČOV jsou tyto procesy pouze napodobovány a intenzifikovány. Cílem biologického čištění je koagulovat a rozkládat neusaditelné koloidní látky tak, aby mohly být následně odstraněny sedimentací. Proces čištění je založen na principu oxidačně-redukčních biochemických reakcí, které probíhají v aerobních nebo anaerobních podmínkách. [15, s. 150], [16, s. 689], [21, s. 60]

Aerobní biologické čištění

Při aerobním biologickém čištění odpadních vod se uplatňují biochemické procesy podmíněné činností aerobních mikroorganismů, které rozkládají organické látky obsažené v odpadní vodě. Tuto směsnou kulturu mikroorganismů můžeme nazývat aktivovaný kal. Pro zdárný chod aerobního procesu je nezbytné dostatečné množství kyslíku v nádržích, které zajišťují aerátory. Existuje několik technologií využívajících aerobní čištění. Nejčastěji jde o aktivaci v aktivačních nádržích, méně časté jsou pak biologické filtry a bioreaktory. [4, s. 165 – 166]

Nejčastěji tedy aerobní čištění probíhá formou aktivace, která se skládá z aktivační a dosazovací nádrže. Samotný princip aktivace spočívá ve vytvoření aktivovaného kalu v provzdušňované nádrži. Obsah aktivační nádrže nazýváme aktivační směs (směs aktivovaného kalu a čištěné odpadní vody). V základním technologickém uspořádání přitéká voda po mechanickém čištění do aktivační nádrže, kde se mísí s recirkulovaným (vrtaným) kalem. Po projití směsí aktivační nádrží se aktivovaný kal separuje od vyčištěné vody v dosazovací nádrži. Zahuštěný aktivovaný kal se částečně recirkuluje zpět na začátek aktivačního procesu. Tvorba nové biomasy je díky odstraňování nerozpuštěných a rozpuštěných látek kontinuální a je proto potřeba ji ze systému periodicky odstraňovat, a to ve formě přebytečného aktivovaného kalu (viz. obr. č. 3). [15, s. 151 – 155], [21, s. 66]



AN – aktivační nádrž

DN – dosazovací nádrž

Obr. č. 3 - Schéma biologického stupně s regenerací kalu ([www. http://homen.vsb.cz/](http://homen.vsb.cz/))

Aktivační nádrže

Aktivační nádrže jsou podobné konstrukce jako nádrže dosazovací. Jsou navrženy tak, aby byla zajištěna požadovaná doba zdržení⁹, docházelo k dokonalému mísení aktivovaného kalu s odpadní vodou a bylo dosaženo maximálního čistícího účinku. [16, s. 707]

Dosazovací nádrže

Slouží k separaci usaditelných vloček aktivovaného kalu za biologickou linkou ČOV, případně k zachycování biologického kalu z biologických filtrů. Mohou také sloužit zachycení usaditelných látek, které jsou produktem terciárního čištění. Nevhodně navržená dosazovací nádrž může znehodnotit celou práci jinak dobře navržené ČOV, a proto je zapotřebí věnovat jejímu návrhu dostatečnou pozornost. [15, s. 140], [21, s. 54]

Podle Slavičkové a Slavička (2013, s. 140) lze hlavní funkce dosazovací nádrže rozdělit takto:

- oddělení vyčištěné vody od vloček aktivovaného kalu,
- shromáždění a zahuštění odděleného kalu tak, aby mohl být recirkulován zpět do aktivační nádrže, případně odstraňován ze systému jako kal přebytečný,
- zajištění krátkodobé akumulace aktivovaného kalu vyplaveného při deštích z aktivační nádrže.

⁹ Doba zdržení představuje poměr objemu nádrže k přítoku odpadní vody (bez recirkulace). [4, s. 171]

Anaerobní biologické čištění

Způsob anaerobního čištění je méně využívanou metodou a probíhá bez účasti kyslíku. Použití anaerobního čištění odpadních vod je omezeno převážně na velmi silně znečištěné odpadní vody z potravinářského průmyslu s vysokou hodnotou CHSK (3000 – 4000 mg/l) jako např. z výroby cukru, škrobu, droždí, palíren atd. Dále anaerobní procesy nacházejí uplatnění ve stabilizaci čistírenských kalů. [15, s. 182 – 183], [37]

Hlavní výhody a nevýhody anaerobních procesů při porovnání s aerobními uvádí tabulka č. 3.

Tabulka č. 3 – Výhody a nevýhody anaerobních procesů ve srovnání s aerobními (Slavičková a Slaviček 2014)

Výhody	Nevýhody
Nízká spotřeba energie (není vynakládána na aeraci, naopak produkuje bioplyn)	Menší reakční rychlost (větší nároky na objem reaktoru)
Nižší produkce biomasy (až 10krát)	Vyšší zbytková koncentrace org. látek v odtoku
Není nutná stabilizace kalu	Citlivost methanogenních bakterií na vnější podmínky
Nízké požadavky na živiny	Dlouhá doba zapracování procesu
Možnost udržení vysoké koncentrace biomasy (není limitována rychlostí přestupu kyslíku)	

3.3.1.3 Dočištění (terciární čištění)

Dočišťování biologicky vyčištěných vod obvykle požaduje vodoprávní orgán ve vodohospodářsky exponovaných lokalitách, kde se požaduje lepší nebo spolehlivěji zajištěná kvalita odtoku do recipientu. Terciárním čištěním se rozumí pokročilé zpracování odpadní vody pro odstranění složek, jež vyvolávají zvláštní obavy, včetně živin (N a P). Zahrnuje operace, které zvyšují jakost biologicky vyčištěné odpadní vody na takovou úroveň, že ji lze použít jako vodu užitkovou nebo dokonce pro úpravu na vodu pitnou. Existuje celá řada technologií, které je možné použít jako třetí stupeň čištění. Největší rozšíření však doznala filtrace přes aktivní uhlí. V podstatě se, ale jedná o dočišťování vody vodárenskými postupy. [15, s. 183], [37]

Způsoby čištění v terciárním stupni jsou:

- filtrace (pískové filtry),
- dezinfekce (chlorace, ozonizace, UV záření),
- čiření (koagulace, srážení),
- adsorpce (na aktivním uhlí) atd. [15, s. 184]

3.3.2 Kalové hospodářství

Kal je významným vedlejším produktem čištění odpadních vod a kalové hospodářství zajišťuje jeho stabilizaci a hygienizaci, tak aby ho bylo možno zákonným způsobem dále využít nebo zlikvidovat. Z pohledu ekonomiky provozu tvoří náklady na zpracování kalu cca 40 % celkových investičních i provozních nákladů ČOV. Další významnou funkcí kalového hospodářství je snižování množství kalu na výstupu z ČOV. Na základě původu můžeme rozlišit kal primární, přebytečný biologický kal (sekundární) a chemický kal (terciární kal). [15, s. 186], [21, s. 92]

Primární kal se odděluje ze surové odpadní vody v usazovacích nádržích, ze kterých je také odebírán. Je převážně biologické povahy a jeho složení je dáno především složením odpadní vody a poměry ve stokové síti. [4, s. 221]

Přebytečný biologický kal (sekundární) je oddělován z biologického stupně čištění v dosazovací nádrži. Obsahuje nerozložené zbytky organických látek a přebytečnou biomasu. Jeho složení je ovlivněno nejen složením surové odpadní vody, ale také použitým způsobem čištění. [4, s. 221]

Chemický kal (terciární) je produktem srážecích reakcí, které slouží ke snížení obsahu fosforu ve vyčištěné vodě nebo ke zlepšení sedimentačních vlastností aktivovaného nebo primárního kalu. Složení je závislé na použitých chemických srážedlech. [21, s. 97]

3.3.2.1 Zpracování kalu

Pod zpracováním kalu rozumíme souhrn operací vedoucích k redukci jeho objemu, zápachu a množství jeho dalšího využití. Tyto procesy lze dle Slavičkové a Slavička (2013, s. 187) rozdělit takto:

- odebrání kalu ze systému,
- zahušťování kalu,

- předúprava kalu,
- stabilizace a hygienizace kalu,
- odvodňování kalu,
- finální likvidace kalu.

3.3.2.1.1 Zahušťování kalu

Zahušťování kalu je mimořádně důležitá operace, která v převážné většině limituje investiční a provozní náklady zpracování kalu a náklady na jeho likvidaci. Hlavním účelem tohoto procesu je snížení objemového množství kalové suspenze, tím že je z něj odstraněna část volné vody. Metody zahušťování jsou gravitační, flotační a strojní. Proces zahušťování je možné urychlit přidáním organických flokulantů. [15, s. 187]

Gravitační zahušťování kalu

Gravitační metody se používají zejména pro primární kal, u kterého je tato metoda neúčinnější. Zahušťovací nádrže jsou obvykle kruhového tvaru a jsou podobného uspořádání jako primární usazovací nádrže. Při sedimentaci kalu se využívá rozdíl hustoty mezi vodou a částicemi kalu, kdy je kal pumpován do zahušťovací nádrže a vlastní vahou tlačěn do středu, odkud je odváděn. [15, s. 187], [16, s. 750]

Flotační zahušťování kalu

Flotace se využívá zejména pro zahušťování přebytečného aktivovaného kalu. Princip tohoto způsobu spočívá ve vhánění stlačeného vzduchu do kalové suspenze, který vytváří bublinky, na které se nabalují kalové částice a vynáší je ke hladině, kde vzniká zahuštěná plovoucí vrstva. [15, s. 188], [16, s. 750]

Strojní zahušťování kalu

Ke strojnímu zahušťování kalu se využívá odstředivky, které fungují na stejném principu jako gravitační zahušťování s tím rozdílem, že gravitační síla působící v odstředivce je přibližně 200krát větší než je zemská gravitace. Odstředivky se využívají k zahuštění primárního kalu, chemického kalu a zejména přebytečného aktivovaného kalu. Výhodou je, že při jejich použití nedochází k úniku zápachu do ovzduší a mají malé prostorové nároky. Ovšem náklady na energii a údržbu jsou značně vysoké. [15, s. 188]

Další možností jsou rotační síta, která jsou především využívána pro zahuštění aktivovaného kalu. V podstatě se jedná o otáčející se buben se stěnami tvořenými sítím propustným pro vodu. Při tomto způsobu se využívá chemických flokulantů, které jsou míseny v rotačním válci před vstupem do síťového bubnu. K zahuštění suspenze dochází procezením vody přes síto. Výhodou je snadná obsluha, údržba a malé prostorové požadavky. [15, s. 188]

Posledními často používanými stroji k zahušťování kalu jsou sítopásové lisy. Výhoda tohoto způsobu spočívá v možnosti zahušťování kalu s koncentracemi pod 2 % sušiny. Při zahušťování je do kalu přidávám flokulant, jehož úkolem je oddělit od kalu vodu, která je následně prolisována přes filtrační přepážku, působením tlaku válců na dva pohybující se síťové pásy, mezi nimiž je kalová suspenze. [15, s. 188]

3.3.2.1.2 Předúprava kalu

Je nedílnou součástí všech moderních technologických linek kalového hospodářství ČOV. Jde o předúpravu surového kalu před jeho stabilizací. Význam této operace je při anaerobních způsobech stabilizace a jejím smyslem je zvýšení stupně rozkladu kalu, zvýšení produkce kalového plynu a stupně stabilizace kalu atd. Předúprava se provádí mechanickou desintegrací kalu pomocí vysokotlakých homogenizátorů, desintegraci ultrazvukem a chemickou, termickou nebo biologickou hydrolýzou. [15, s. 189], [21, s. 107]

3.3.2.1.3 Stabilizace a hygienizace kalu

Stabilizace kalu slouží k zastavení intenzivních biologických pochodů, které způsobují senzorické a hygienické problémy. Stabilizovaným kalem tedy rozumíme nepáchnoucí a hygienicky nezávadný kal, který lze snadno odvodnit. [4, s. 228]

Dle Hlavínka a kol. (2003, s. 228 – 230) lze metody stabilizace rozdělit na:

- anaerobní stabilizace kalu,
- aerobní stabilizace kalu,
- chemická stabilizace kalu.

Anaerobní stabilizace kalu

Jak už název napovídá, probíhá anaerobní stabilizace v bezkyslíkatých podmínkách prostřednictvím mikroorganismů, které rozkládají biologicky rozložitelné organické

látky obsažené v surovém kalu. Při těchto procesech je uvolňován bioplyn a je odtahována kalová voda. Stabilizace se provádí ve vyhnívacích nádržích při teplotě 27 – 45 °C (tzv. mezofilní vyhnívání), nebo méně často při 45 – 60 °C (tzv. termofilní vyhnívání). V nevyhřívávaných nádržích se pak jedná o vyhnívání psychrofilní. [4, s. 228]

Aerobní stabilizace kalu

Aerobní stabilizace probíhá v aerobních podmínkách prostřednictvím mikroorganismů, které rozkládají biologicky rozložitelné organické látky obsažené v surovém kalu. [4, s. 228]

Chemická stabilizace kalu

Chemická stabilizace spočívá ve zvýšení pH kalu na hodnotu alespoň 11,5, kdy dochází ke zničení patogenních organismů, zatímco organické látky zůstanou nerozloženy. Nejčastěji se chemická stabilizace provádí přidáním oxidu vápenatého nebo hydroxidu vápenatého. [4, s. 231]

3.3.2.1.4 Odvodnění kalu

Odvodnění kalu bývá zařazeno za jeho stabilizaci a slouží k dalšímu podstatnému snížení obsahu vody v kalu a tedy i jeho celkového objemu. Výsledkem odvodnění je kal s obsahem sušiny 20 – 50 %, pevné konzistence. Vzhledem k finanční náročnosti finální likvidace kalů je vhodné provádět redukci stabilizovaného kalu pomocí odvodnění, čímž se sníží náklady na jeho následnou likvidaci. Odvodňování může být přirozené (odvodnění na kalových polích a lagunách) nebo strojní (sítopásové lisy, kalolisy, odstředivky, termické sušení). [4, s. 231–234]

3.3.2.1.5 Finální likvidace kalu

Způsob finálního zneškodnění kalu závisí především na jeho vlastnostech (fyzikálních, chemických a biologických) a na místních podmínkách. Nejlepším řešením z pohledu ČOV je jeho další využití, nejčastěji v zemědělství. To se provádí buď využitím kalu jako hnojiva, nebo zpracováním v kompostárně. Finální likvidací se rozumí spalování nebo skládkování. [4, s. 235]

3.3.3 Způsoby odstraňování dusíku a fosforu z odpadních vod

Dusík a fosfor jsou považovány za důležité makrobiogenní prvky a v různých formách jsou přítomny ve všech vodách povrchových, podzemních i odpadních a podílí

se na reakcích při biologických procesech úpravy a čištění vody. Obecně se tyto prvky nazývají nutrienty a jejich zvýšený obsah ve vodách způsobuje specifické problémy, mezi něž patří zejména:

- zvýšená eutrofizace povrchových vod,
- oxidací amoniaku dochází k velké spotřebě kyslíku,
- toxický účinek amoniaku na vodní organismy (zvláště při vyšším pH),
- negativní vliv při úpravách vod pro pitné účely,
- zvýšený obsah dusičnanů v pitné vodě. [4, s. 178], [15, s. 165]

3.3.3.1 Odstraňování dusíku z odpadních vod

Způsoby odstraňování dusíku z odpadních vod můžeme rozdělit na biologické (nitrifikace a denitrifikace) nebo fyzikálně chemické (stripování vzduchem, chlorace, iontová výměna, membránové procesy). Srovnání hlavních údajů o nitrifikaci a denitrifikaci viz. tabulka č. 7. [15]

Nitrifikace

Nitrifikace je biochemická oxidace amoniakálního dusíku, který je běžnou složkou odpadních vod na dusitany a dále na dusičnany. Probíhá ve dvou stupních činností chemolitotrofních bakterií, které jako zdroj uhlíku využívají CO₂. V prvním stupni (nitritace) dochází k oxidaci amoniaku na dusitany bakteriemi rodu *Nitrosomonas* a *Nitrosococcus* a ve druhém stupni (nitratice) jsou dusitany oxidovány dále bakteriemi rodu *Nitrobacter* a *Nitrocystis* na dusičnany. Proces nitrifikace ovlivňuje celá řada faktorů jako koncentrace rozpuštěného kyslíku, teplota, pH, stáří¹⁰ a zatížení kalu¹¹. [4, s. 181],[15, s. 165]

Denitrifikace

Denitrifikace je biochemická redukce dusičnanů na oxidy dusíku a dále na elementární dusík nebo oxid dusný, který je následně odvětrávám do ovzduší. Jedná se o proces probíhající v nepřítomnosti rozpuštěného kyslíku (je přítomný pouze kyslík vázaný

¹⁰ Stáří kalu vyjadřuje podíl hmotnosti sušiny kalu v aktivační nádrži a hmotnosti sušiny kalu odebrané denně jako přebytečný kal včetně suspendovaných látek unikajících odtokem. [4, s. 172]

¹¹ Zatížení kalu představuje hmotnostní množství substrátu na 1 kg celkové nebo organické sušiny kalu za den. [4, s. 172]

v dusičnanech). Stejně jako nitrifikace probíhá ve dvou stupních. Na denitrifikaci se podílejí různé organotrofní anaerobní organismy. [4, s. 182], [15, s. 165]

3.3.3.2 Odstraňování fosforu z odpadních vod

Princip odstraňování fosforu z odpadních vod lze rozdělit stejně jako u dusíku na biologické nebo fyzikálně chemické metody (chemické srážení solemi kovů nebo vápnem). [15]

Biologické metody

Na klasické ČOV dochází ke snížení obsahu fosforu díky činnosti biomasy (tzv. poly-P bakterie) a adsorpci na vločky aktivovaného kalu. Fosfor je tedy odváděn s přebytečným kalem. Navodí-li se v systému vhodné podmínky, je možné dosáhnout zvýšeného biologického odstraňování fosforu. Předpokladem navození těchto podmínek je střídání aerobních a anaerobních podmínek. [4, s. 192]

Fyzikálně chemické metody

Rozpuštěný fosfor lze z odpadní vody spolehlivě vysrážet za pomoci přídavku železitých, železnatých nebo hlinitých solí, případně vápna. Tyto metody jsou založeny na tvorbě nerozpustných fosforečnanů kovů. Z technologického hlediska lze rozdělit srážení dle místa dávkování na:

- předřazené srážení (primární srážení) – Činidlo se dávkuje před usazovací nádrž. Při tomto způsobu je vyšší spotřeba chemikálií a zvyšuje se účinek sedimentace, což může nepříznivě ovlivnit následující procesy odstraňování dusíku. [15, s. 170], [35, s. 51]
- simultánní srážení (sekundární srážení) – Činidlo se dávkuje do směsi aktivovaného kalu před dosazovací nádrže. Výhodou tohoto postupu je snížená spotřeba srážedel. Nevýhodou je však vznik směsného biologicky-chemického kalu, který způsobuje nárůst produkce kalu a tím snižuje jeho stáří. To může ovlivnit nitrifikaci, která vyžaduje dostatečné stáří kalu. [15, s. 170], [35, s. 51]
- zařazené srážení (terciární srážení) – Při tomto způsobu se činidlo dávkuje do vyčištěné vody (za dosazovací nádrž). U této varianty jsou zmíněné nevýhody odstraněny. Tato technologie, ale vyžaduje investiční rozšíření čistírenského procesu o třetí (terciární) stupeň. [15, s. 170], [35, s. 51]

Při volbě chemických koagulantů se ČOV řídí především cenou a dostupností. Nejčastěji jsou používány koagulanty na bázi železa (dále Fe), což je způsobeno právě jejich dostupností. [15, s. 170]

3.4 Legislativa ČR

Tato kapitola má za úkol přehledně shrnout hlavní zákony a nařízení v oblasti ochrany vod a vodního hospodářství.

Vodní zákon

Mezi nejdůležitější právní předpisy v oblasti vod patří zákon č. 254/2001 Sb., o vodách a o změně některých zákonů (vodní zákon), ve znění pozdějších předpisů.

Účelem tohoto zákona je chránit povrchové vody a podzemní vody, stanovit podmínky pro hospodárné využívání vodních zdrojů a pro zachování i zlepšení jakosti povrchových a podzemních vod, vytvořit podmínky pro snižování nepříznivých účinků povodní a sucha a zajistit bezpečnost vodních děl v souladu s právem Evropských společenství. Účelem tohoto zákona je též přispívat k zajištění zásobování obyvatelstva pitnou vodou a k ochraně vodních ekosystémů a na nich přímo závislých suchozemských ekosystémů. [24, s. 2]

Dále tento zákon vymezuje pojem odpadní vody a možnosti nakládání s nimi včetně postupů při vydávání povolení. Stanovuje poplatky za vypuštění odpadních vod do vod povrchových. Vodní zákon má mnoho prováděcích předpisů (nařízení vlády, vyhlášky a zákony), některé z nich jsou uvedeny dále.

Základní pojmy:

Odpadní vody jsou vody použité v obytných, průmyslových, zemědělských, zdravotnických a jiných stavbách, zařízeních nebo dopravních prostředcích, pokud mají po použití změněnou jakost (složení nebo teplotu), jakož i jiné vody z těchto staveb, zařízení

nebo dopravních prostředků odtékající, pokud mohou ohrozit jakost povrchových nebo podzemních vod. Odpadní vody jsou i průsakové vody z odkališť, s výjimkou vod, které jsou zpětně využívány pro vlastní potřebu organizace, a vod, které odtékají do vod důlních, a dále jsou odpadními vodami průsakové vody ze skládek odpadu. [24, s. 39]

Zákon o vodovodech a kanalizacích

Nakládání s odpadními vodami, které jsou odváděny do kanalizace, upravuje zákon č. 274/2001 Sb., o vodovodech a kanalizacích pro veřejnou potřebu a o změně některých zákonů (zákon o vodovodech a kanalizacích) ve znění pozdějších předpisů. Tento zákon také vymezuje základní pojmy a stanovuje práva a povinnosti vlastníků a provozovatelů kanalizací. Oproti vodnímu zákonu má tento zákon pouze jeden prováděcí předpis, konkrétně vyhlášku Ministerstva zemědělství (dále Mze) č. 428/2001 Sb. [25]

Zákon o odpadech

Povinnosti při nakládání s čistírenskými kalami jsou dány zákonem č. 185/2001 Sb., o odpadech a o změně některých dalších zákonů ve znění pozdějších předpisů. Kromě vymezení pojmů stanovuje povinnosti při používání čistírenských kalů.

Základní pojmy:

Kalem se rozumí kal z čistíren odpadních vod zpracovávajících městské odpadní vody nebo odpadní vody z domácností a z jiných čistíren odpadních vod, které zpracovávají odpadní vody stejného složení jako městské odpadní vody a odpadní vody z domácností. [23, s. 42]

Nařízení vlády o ukazatelích a hodnotách přípustného znečištění povrchových vod a odpadních vod

Tyto ukazatele stanovuje nařízení vlády č. 61/2003 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, ve znění nařízení vlády č. 229/2007 Sb., a nařízení vlády č. 23/2011 Sb.

Kromě vymezení základních pojmů jsou v přílohách uvedeny konkrétní hodnoty přípustného znečištění pro jednotlivé odpadní vody (městské a průmyslové), stanovuje náležitosti povolení potřebné k vypouštění odpadních vod a dále vymezuje citlivé oblasti.

Základní pojmy:

Městské odpadní vody jsou vody vypouštěné z domácností nebo služeb, vznikající převážně jako produkt lidského metabolismu a činností v domácnostech (splašky), popřípadě jejich směs s průmyslovými odpadními vodami nebo srážkovými vodami. [10, s. 2]

Průmyslové odpadní vody jsou odpadní vody uvedené v části B přílohy č. 1 k tomuto nařízení, jakož i odpadní vody v této části uvedené, jsou-li vypouštěny z výrobních nebo jim obdobných zařízení. [10, s. 1]

Zdroj znečištění je území obce, popřípadě její územně oddělená a samostatně odkanalizovaná část, území vojenského újezdu nebo areál průmyslového podniku či jiného objektu, pokud se z nich vypouštějí samostatně odpadní vody do vod povrchových.

[10, s. 2]

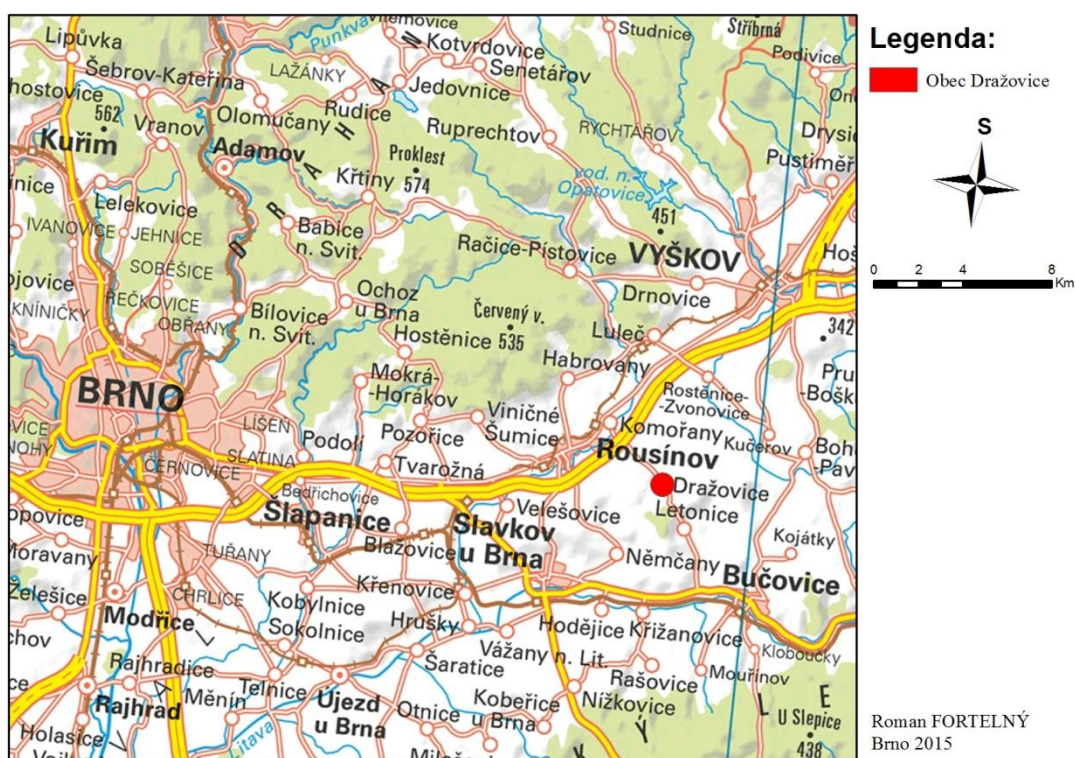
Citlivé oblasti jsou vymezeny jako všechny útvary povrchových vod na území ČR.

[10, s. 8]

4 CHARAKTERISTIKA ZÁJMOVÉHO ÚZEMÍ

4.1 Obec Dražovice

Obec Dražovice se nachází na jižní Moravě a leží přibližně 14 km jihozápadně od Vyškova a 32 km východně od města Brna (viz. mapa č. 1). První písemná zmínka o obci je již z roku 1382. Katastrální území se rozkládá na ploše 641 ha, z toho největší část tvoří orná půda cca 82 %, samotné zastavěné území obce představuje cca 2 % výměry z celého katastrálního území. Počet trvale hlášených obyvatel v obci k 1. 1. 2014 byl 867.



Mapa č. 1 - Přehledová mapa Dražovice (ČÚZK, upraveno)

4.1.1 Přírodní podmínky

4.1.1.1 Klimatické poměry

Dle Quittovi klasifikace (1971, s. 13) celé území spadá do teplé klimatické oblasti T 2. Pro tuto oblast je typické dlouhé teplé a suché léto, velmi krátké přechodné období s teplým až mírně teplým jarem a podzimem. Rovněž zima je krátká, mírně teplá a suchá až velmi suchá, s velmi krátkým trváním sněhové pokrývky (viz. tabulka č. 4).

Charakteristiky klimatické oblasti T 2

Tabulka č. 4 – Charakteristika klimatické oblasti (Quitt 1971)

Počet letních dnů v roce	50 – 60 / rok
Počet dnů s průměrnou teplotou 10 °C a více	160 – 170 / rok
Počet mrazových dnů	100 – 110 / rok
Počet ledových dnů	30 – 40 / rok
Průměrná teplota v lednu	-2 až -3 °C
Průměrná teplota v červenci	19 – 19 °C
Průměrná teplota v dubnu	8 – 9 °C
Průměrná teplota v říjnu	7 – 9 °C
Průměrný počet dnů se srážkami 1 mm a více	90 – 100 / rok
Srážkový úhrn za vegetační období	350 – 400 mm
Srážkový úhrn v zimním období	200 – 300 mm
Počet dnů se sněhovou pokrývkou	40 – 50 / ročně
Počet dnů zamračených	120 – 140 / ročně
Počet dnů jasných	40 – 50 / ročně

4.1.1.2 Geomorfologie území

Území obce Dražovice náleží do soustavy Vnějších Západních Karpat. Největší část obce zaujímá okrsek Kučerovská pahorkatina a jižní část obce leží na území okrsku Větrnické vrchoviny. Oba geomorfologické okrsky náleží do geomorfologického podcelku Bučovická pahorkatina v geomorfologickém celku Litenčická pahorkatina. [33]

Kučerovská pahorkatina je členitá pahorkatina tvořená převážně neogenními bádenskými klastiky, vrstevnatými vápenitými jíly s polohami písku a štěrků, místy s lithothamniiovými vápenci a bazálními i okrajovými klastiky kroměřížského souvrství karpatské předhlubně. Převážná část oblasti je překryta pleistocenními překryvy spraší a sprašových hlín. [33]

Větrnická vrchovina je plochá vrchovina tvořená převážně neogenními bazálními a okrajovými vápnitými písky a štěrky, vrstevnatými bádenskými vápnitými jíly s polohami podřazených písků a štěrků a vrstevnatými písčitými vápnitými jíly kroměřížského souvrství karpatské předhlubně. [33]

4.1.1.3 Geologie území

Geologické podloží obce je tvořeno převážně málo odolnými flyšovými horninami ždánické jednotky. Typické jsou vápnitě jíly, písky až šterky mořského a z části brakického neogénu. Významné jsou také sprašové pokryvy. [1 s. 333]

4.1.1.4 Hydrologické poměry

Obcí protéká Dražovický potok, který zde i pramení a patří do povodí řeky Svratky (Rakovce, Litavy) s číslem hydrologického povodí 4-15-03-074. Správcem toku je Povodí Moravy, s. p. Dražovický potok má jeden levostranný a dva pravostranné přítoky. Velká část potoka má přirozené koryto pouze úsek, který prochází intravilánem obce je zatrubněn. Do Dražovického potoka je také zaústěn odtok z KČOV. [30]

4.1.1.5 Pedologie území

Půdní pokryv obce je poměrně rozmanitý, většina území je pokryta černozemí modální, dále zde také můžeme najít půdní typ černice, který se táhne v blízkosti Dražovického potoka. Jihovýchodní okraj obce pokrývají regozemě a jihozápadní část zase luvizemě. [34]

4.1.2 Hospodářské využití území

Jak bylo zmíněno výše, orná půda zaujímá téměř 82 % celého katastrálního území, je tedy patrné, že největší hospodářský význam zde představuje právě zemědělství. Orná půda je převážně v podobě scelených velkoplošně obhospodařovaných pozemků, které jsou často ohroženy vodní erozí. Zemědělská půda v obci je převážně v držení soukromých vlastníků a z největší části je obhospodařována firmou Rostěnice a. s. Místní zemědělské družstvo je z velké části využíváno k jiným výrobním aktivitám a je zachována pouze živočišná výroba v podobě chovu prasat. [30]

4.1.3 Odkanalizování obce

Původní kanalizace byla v obci vybudována koncem 60. let a to pouze jako dešťová, která však dlouho sloužila k nedovolenému odvádění vod odpadních. Součástí této kanalizace je i zatrubněný Dražovický potok. Tento nevyhovující stav nahradila odpovídající kanalizace, která má charakter jednotné stokové sítě. [30]

4.1.4 Čištění odpadních vod v obci Dražovice

Dražovice využívají k čištění odpadních vod kořenovou čistírnu, kterou provozují již od roku 1999 (poloha KČOV viz. mapa č. 2). Výše nákladů na vybudování činila 10 milionů Kč. Tato čistírna je dimenzována na 850 ekvivalentních obyvatel¹² a z konstrukčního hlediska se skládá z mechanického stupně, třech kořenových polí a biologické nádrže. Mechanický stupeň představuje odlehčovací šachta, česle, šterbinový lapák písku, šterbinová nádrž a dešťová nádrž. [20]

Odlehčovací šachta (viz. fotografie č. 1) má za úkol oddělit průtoky mezního deště na ČOV a do dešťové nádrže. Vzhledem k tomu, že kapacita filtračních polí je 12,09 l/s je nutné vyšší průtoky oddělit do dešťové nádrže (viz. fotografie č. 2), odkud je po opadnutí vyšších průtoků přečerpána zpět před lapák písku. Objem dešťové nádrže činí 55 m³. [20]

Další objekt představuje šterbinový lapák písku. Jedná se o horizontální lapák písku s podélnou šterbinou, který je vybaven ručně stíranými česli (viz. fotografie č. 4). Těžení sedimentu je rovněž ruční. [20]

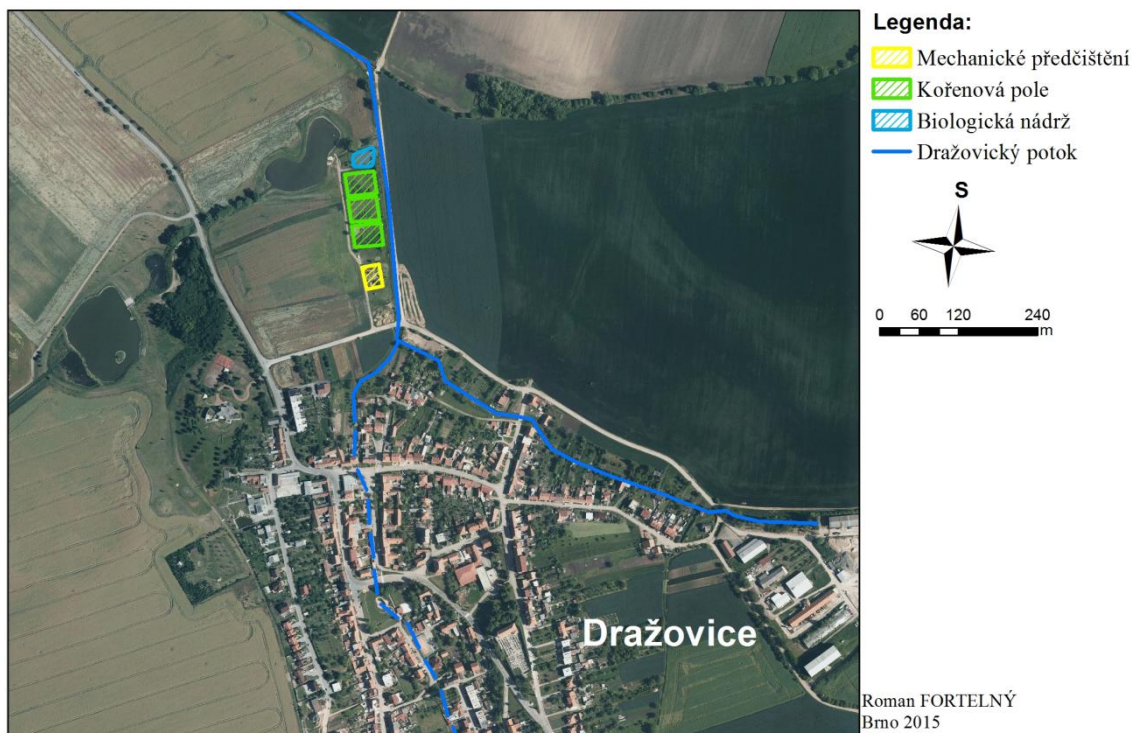
Za lapákem písku je osazena šterbinová usazovací nádrž (viz. fotografie č. 3). Jedná se o monolitickou železobetonovou nádrž, která je rozdělena na dvě etáže. První etáž je tvořena usazovacím prostorem, který je oddělen mezi dnem od vyhnívacího prostoru (spodní etáž). Mezidno tvoří šikmé stěny, mezi nimiž je šterbina, toto uspořádání má za úkol zabránit, aby bubliny unikající z vyhnívacího prostoru nenarušily proces usazování. [20]

Po mechanickém předčištění jsou odpadní vody v šachtě rovnoměrně rozváděny pomocí přelivné hrany na jednotlivá kořenová pole (viz. fotografie č. 6). Dále je v šachtě rozdělovací potrubí, které slouží k letnímu a zimnímu provozu. [20]

Filtrační pole jsou tedy celkem tři, každé o rozloze 1 300 m² a mají charakter mělké nádrže, která je od okolí nepropustně oddělena PE folií o tloušťce 1,5 mm. Sklony svahů nádrže jsou 1 : 1,5 a sklon dna 1,2 %. Pole jsou vyplněna šterkem o frakci 6 – 16 mm. Každé z polí je vybaveno regulační šachtou, která slouží k regulaci výšky vody ve filtračních polích. Šachty rovněž umožňují sériové zapojení všech polí nebo jejich jednotlivé odstavení v případě poruchy. [20]

¹² Ekvivalentní obyvatel (EO) je průměrný obyvatel definovaný produkcí znečištění 60 g BSK₅ za den. [10, s. 9]

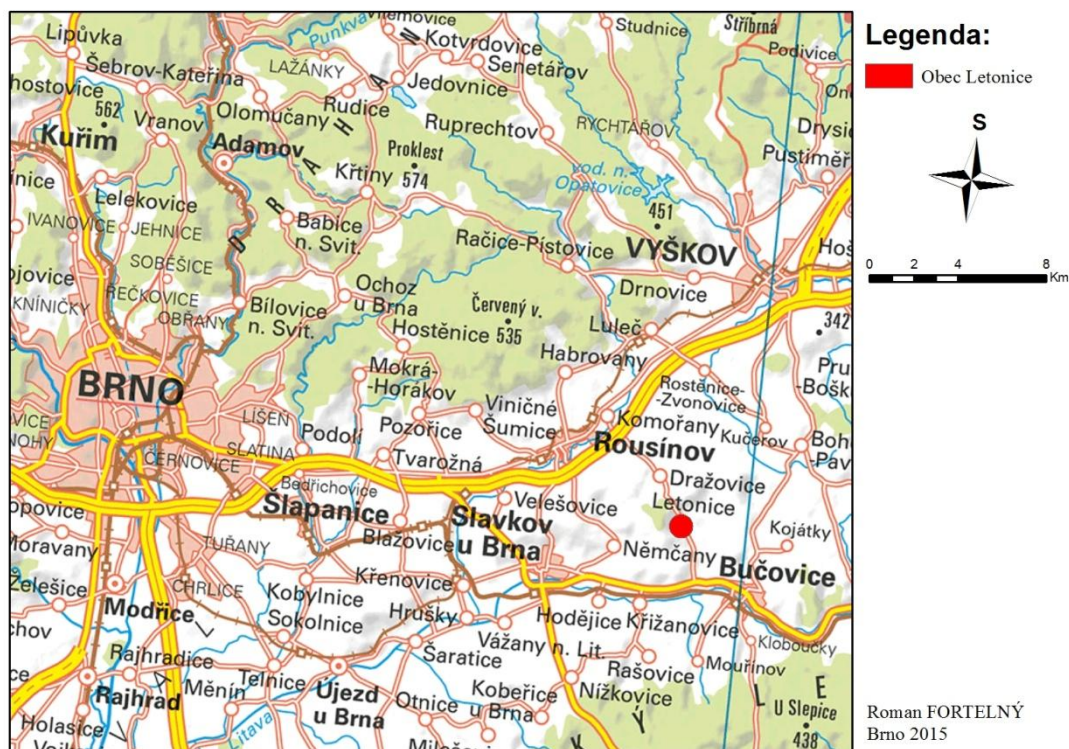
Za filtračními poli je umístěna biologická nádrž (viz. fotografie č. 7), která slouží k dočištění odpadních vod. Rozloha vodní plochy je 780 m² s minimální hloubkou 0,6 m. Nádrž je vybavena jednoduchým požerákem, který slouží k ovládání výšky hladiny a vypouštění nádrže. Z biologické nádrže je vyčištěná voda zaústěna do Dražovického potoka. [20]



Mapa č. 2 - Umístění KČOV Dražovice (ČÚZK, upraveno)

4.2 Obec Letonice

Obec Letonice se nachází přibližně 3 km od Dražovic (viz. mapa č. 3), tudíž její poloha vůči Brnu a Vyškovu je takřka stejná. První písemná zmínka o obci je z roku 1235. Katastrální výměra obce činí 1101 ha, stejně jako u Dražovic největší část z katastrálního území představuje orná půda cca 76 %. Plocha představující zastavěné území tvoří přibližně 2 %. Počet obyvatel v obci k 1. 1. 2014 byl 1396.



Mapa č. 3 - Přehledová mapa Letonice (ČÚZK, upraveno)

4.2.1 Přírodní podmínky

Bezprostřední blízkost obou obcí je patrná i na přírodních podmínkách, které jsou s výjimkou hydrologických poměrů takřka totožné s obcí Dražovice (viz. kapitola 4.1.1 Přírodní podmínky).

4.2.1.1 Hydrologické poměry

Obcí protéká Letonický potok s číslem hydrologického povodí 4-15-03-052, který protéká západně od intravilánu obce. Správcem toku je Povodí Moravy, s. p. Letonický potok má dva bezejmenné přítoky, jeden pravostranný a levostranný.

4.2.2 Hospodářské využití území

I v Letonicích je hlavním využitím území zemědělská výroba, která je realizována formou intenzivního zemědělství s velkoplošnými pozemky. Na území obce se nachází areál zemědělské výroby (bývalé JZD), kde je zachována živočišná výroba.

4.2.3 Odkanalizování obce

Obec má vybudovanou jednotnou kanalizaci, jejíž stavba byla postupně realizována od roku 1954. V roce 2006 proběhla spolu s výstavbou ČOV částečná oprava stokové sítě. V budoucnu budou potřeba další investice, jelikož stávající kanalizace má problém s pronikáním balastních vod. [11]

4.2.4 Čištění odpadních vod v obci Letonice

V roce 2006 byla v obci Letonice vybudována ČOV navržená na kapacitu 1150 EO, kterou dodala firma OMS Walter, s. r. o. Pořizovací cena činila necelých 14 milionů Kč. Mechanický stupeň je tvořen dešťovou zdrží, česlicovým košem (hrubé nečistoty), strojními česli a lapákem písku. Sekundární stupeň pak tvoří aktivační nádrž s vestavěnou dosazovací nádrží. Členitost zdejšího terénu si navíc vyžádala výstavbu přečerpávací stanice. [11]

Odpadní voda z obce je gravitačně přiváděna do přečerpávací stanice. Jde o železobetonový monolitický objekt s průměrem 2,5 m a hloubkou 4,6 m. Ve dně jsou umístěna ponorná čerpadla, která zabezpečují přečerpání odpadní vody a jsou navržena tak, aby se v případě poruchy jednoho z nich mohly vzájemně nahradit. Při dešťových průtocích a po naplnění čerpací stanice přepadá voda do dešťové zdrže. [11]

Dešťová zdrž disponuje užitným objemem 50 m³, hloubkou 2,75 m a jde o železobetonovou nádrž. V případě naplnění zdrže je vybavena bezpečnostním přepadem, který je napojen na obtok čistírny. [11]

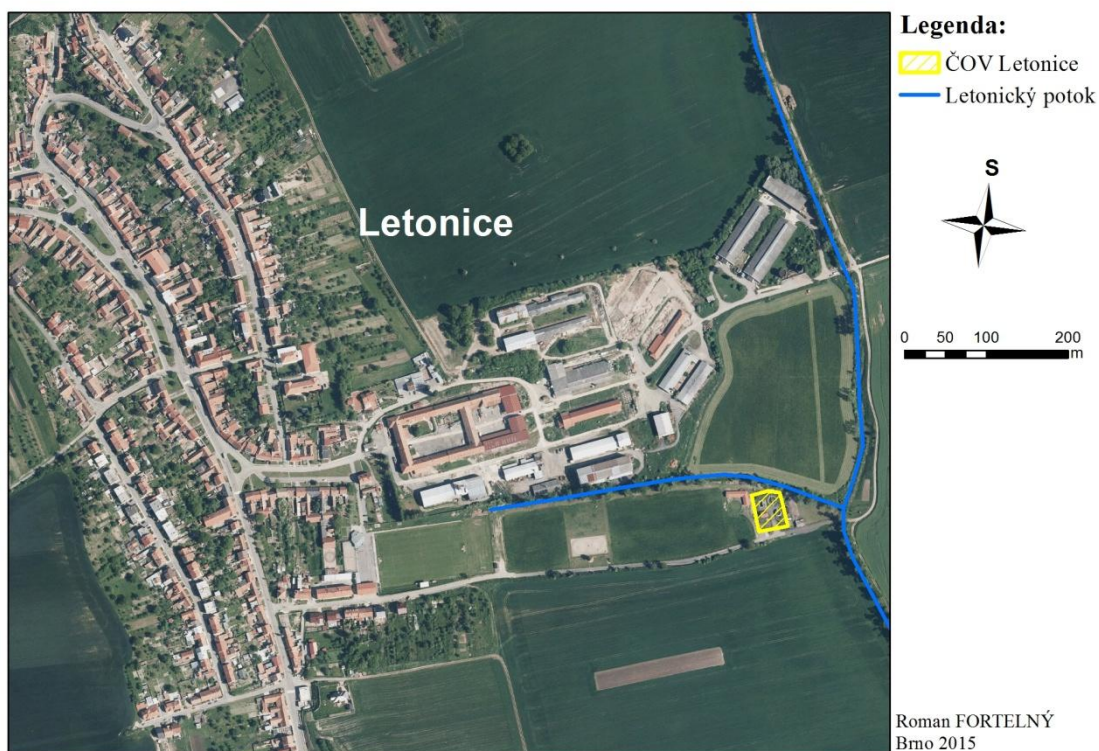
Při bezdeštných průtocích je pak voda čerpána do žlabu strojních česlí s česlicovým pásem o šířce průlin 3 mm. (viz. fotografie č. 5). Česle jsou provozovány v plně automatickém režimu. [11]

Ze žlabu česlí odpadní voda gravitačně natéká přes vertikální lapák písku (viz. fotografie č. 10) do biologického stupně čistírny, jehož součástí je i dosazovací nádrž (viz. fotografie č. 8). Biologická část je železobetonová kruhová nádrž o vnitřním průměru 9,4 m a hloubce 7,6 m. Aktivační nádrž je provzdušňována aeračními elementy, do kterých je přiváděn vzduch ze dvou dmychadel. Ve střední části kruhu

je umístěna dosazovací nádrž, jejíž dno je osazeno ponorným kalovým čerpadlem, které slouží k přečerpávání vratného kalu do aktivace a k čerpání přebytečného kalu do kalojemu (viz. fotografie č. 9). [11]

Následně vyčištěná voda odtéká přes měrný objekt do Letonického potoka. Ke skladování aerobně stabilizovaného kalu před jeho zneškodněním slouží kalojem s kapacitou zdržení 100 dní. [11]

Díky moderním technologiím (kyslíková sonda, která umožňuje přesné dávkování kyslíku dmychadly) se celý proces čištění maximálně automatizuje. Potřeba obsluhy je zde 2 hodiny denně, jejíž hlavním úkolem je údržba mechanického stupně (vyprazdňování nádoby na shrabky, která je na fotografii č. 11 a lapáku písku) a celkový dohled nad bezproblémovou funkcí ČOV. Poloha ČOV v obci je zobrazena na mapě č. 4.



Mapa č. 4 - Umístění ČOV Dražovice (ČÚZK, upraveno)

5 METODIKA

Pro hodnocení účinnosti čištění byla jako zástupce extenzivních způsobů čištění zvolena KČOV v obci Dražovice a zástupce intenzivního způsobu čištění (mechanicko-biologická) ČOV v obci Letonice. Pro vyhodnocení účinnosti byla získána data z přítoku a odtoku dané čistírny na základě, kterých byla vypočítána její účinnost. Obě čistírny spadají do velikostní kategorie 500 – 2000 EO.

Pro vyhodnocení účinnosti KČOV Dražovice byla použita data, která jsou dostupná od roku 2000 do 2014. I když dříve byly požadovány odběry vzorků čtvrtletně, často je množství naměřených dat frekventovanější z důvodu probíhajícího výzkumu VÚV T. G. M. Od roku 2008 nařídil vodoprávní úřad odběry vzorků již v měsíčních intervalech.

U ČOV Letonice bylo v průběhu zpracování diplomové práce zjištěno, že vodoprávní úřad nenařídil pravidelný odběr vzorků na přítoku, ale pouze na odtoku z ČOV. Toto pochybení bylo napraveno stanovením čtvrtletního odběru na přítoku do ČOV, avšak s účinností od 1. 1. 2015. Data z přítoku jsou proto dostupná nahodile a to v letech 2007, 2014 a 2015. Koncentrace naměřené na odtoku z ČOV pak od roku 2007 do části roku 2015. Pro další srovnání jsou dostupná data z ČOV v obci Hrušky za rok 2014. Obec Hrušky má stejného dodavatele technologie ČOV jako Letonice a to firmu OMS Walter, s. r. o.

Všechna poskytnutá data pocházejí z akreditovaných laboratoří a jejich odběr byl prováděn přesně dle požadavků daných legislativou.

Jelikož mohou být naměřené koncentrace jednotlivých prvků v odpadní vodě ovlivněny hodinou, či dnem kdy byl odběr prováděn, byla měření v rámci jednotlivých let aritmeticky zprůměrována, tak aby byla případná chyba snížena na minimum.

Jednotlivé roky jsou pro přehlednost vyneseny v grafech a porovnány s Nařízením vlády 61/2003 Sb., v platném znění, která stanovuje maximální přípustné limity vypouštěného znečištění (viz. tab. č. 6) a minimální účinnost čištění (viz. tab. č. 7). Dále byl u KČOV porovnán vliv období na účinnost čištění.

Účinnost čistícího procesu E [%] je definována normou ČSN 75 6401 jako poměr mezi odstraněnou koncentrací znečišťující složky a koncentrací složky vstupující do systému. Účinnost odstraňování složky A v systému je dána vztahem:

$$E_A = \frac{C_{A1} - C_{A2}}{C_{A1}} \times 100 \quad [\%] \quad (1)$$

Kde C_{A1} je hmotnostní koncentrace složky A na vstupu do systému v [mg/l] a C_{A2} je hmotnostní koncentrace složky A na výstupu ze systému v [mg/l]. [31]

Tabulka č. 5 – Emisní standardy ukazatelů přípustného znečištění odpadních vod v mg/l (p – přípustné, m – maximální, prů. – průměrné hodnoty)[10]

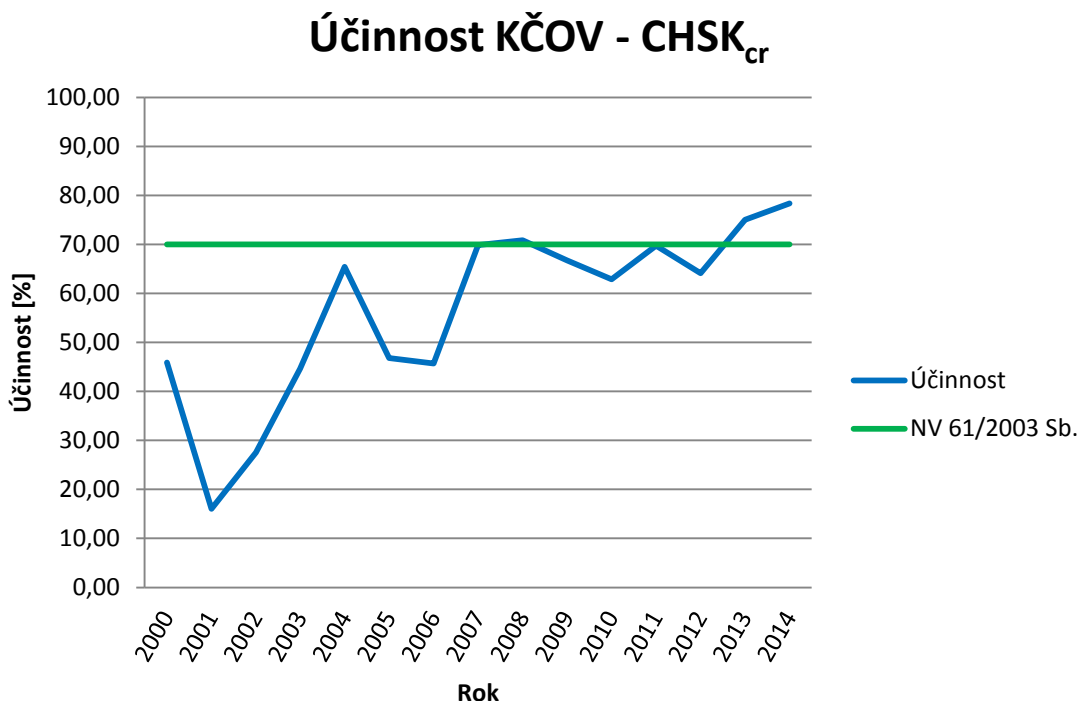
Kategorie ČOV (EO)	CHSK _{Cr}		BSK ₅		NL		N-NH ₄ ⁺		P celk.	
	p	m	p	m	p	m	prů.	m	prů.	m
< 500	150	220	40	80	50	80	-	-	-	-
500 – 2000	125	180	30	60	40	70	20	40	-	-
2001 – 10 000	120	170	25	50	30	60	15	30	10	10

Tabulka č. 6 – Přípustná minimální účinnost čištění vypouštěných odpadních vod (minimální procento úbytku) [10]

Kategorie ČOV (EO)	CHSK _{Cr}	BSK ₅	N-NH ₄ ⁺
< 500	70 %	80 %	-
500 – 2000	70 %	80 %	50 %
2001 – 10 000	75 %	85 %	60 %

6 VÝSLEDKY A DISKUSE

6.1 KČOV Dražovice

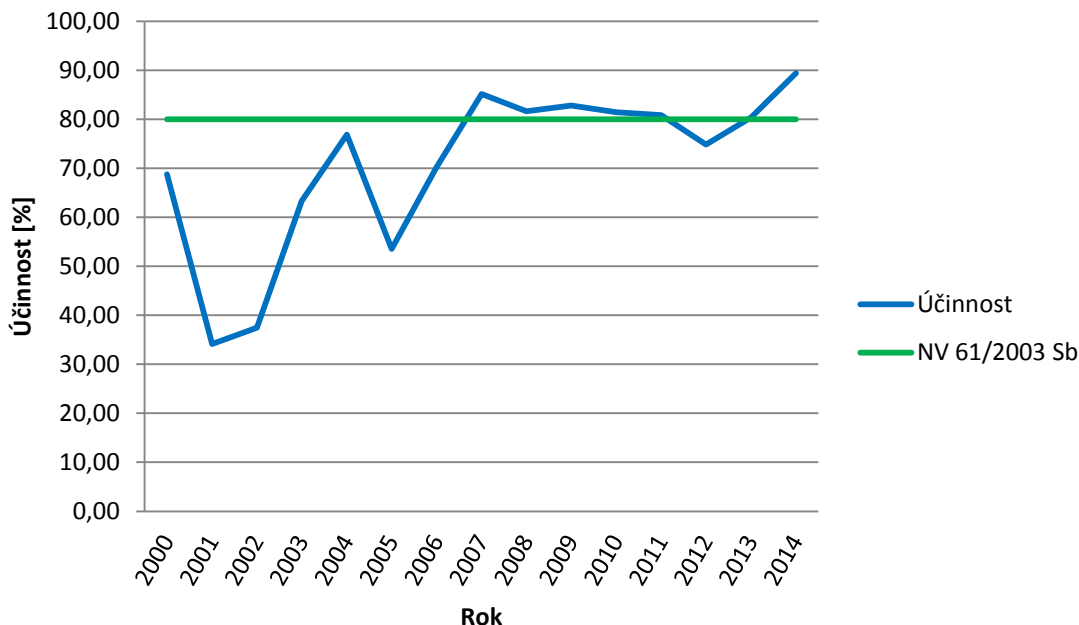


Graf č. 1 – Účinnost při odstraňování CHSK_{cr} (KČOV Dražovice)

Chemická spotřeba kyslíku (CHSK) představuje komplexní ukazatel veškerého organického znečištění, bez ohledu na to, zda jde o látky biologicky rozložitelné či nikoliv. Vyjadřuje znečištění z komunální sféry, kde kromě biochemicky rozložitelných látek můžeme najít specifické organické látky, jako jsou tenzidy, detergenty, ropné látky aj. [8, s. 40]

Minimální hodnota účinnosti stanovená legislativou (70 %) není po většinu sledovaného období naplňována (viz. graf č. 1), i přesto jsou naměřené koncentrace pod maximální přípustnou hodnotou (viz. graf č. 7). Zvýšenou účinnost v posledních letech přisuzují lepšímu mechanickému předčištění, které je popsáno dále.

Účinnost KČOV - BSK₅



Graf č. 2 – Účinnost při odstraňování BSK₅ (KČOV Dražovice)

Biochemická spotřeba kyslíku (BSK) představuje ukazatel organického znečištění, které lze odbourat biologickou cestou. [8, s. 33]

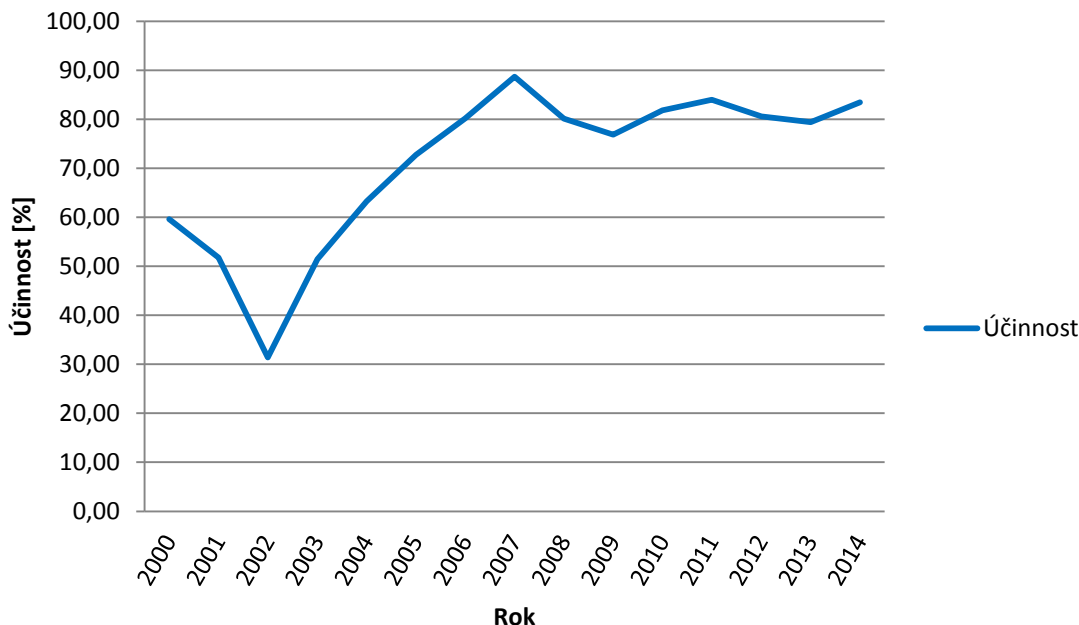
Graf č. 2 zobrazuje výrazný pokles účinnosti při odstraňování BSK₅ v letech 2001 a 2002. Tento pokles úzce souvisí s účinností odstraňování nerozpuštěných látek (viz. graf č. 3), protože množství NL přímo ovlivňuje i hodnoty BSK₅.

Od roku 2013 probíhá na čistírně výzkum VUT v Brně, které se zaměřuje na zlepšení funkce mechanického stupně, konkrétně se jedná o úpravu šterbinové usazovací nádrže. Tento projekt se na hodnotách BSK₅ pozitivně projevil. Správná funkce mechanického stupně může podle Slavičkové a Slavička (2013, s. 109) snížit hodnotu BSK₅ až o 30 %.

Hranice účinnosti 80 % je v posledních letech splňována nebo se pohybuje jen těsně pod touto hodnotou. Naměřené koncentrace v grafu č. 9 vyhovují legislativě, i když se v některých letech maximální přípustné hodnotě přibližují.

Podle Langhammera (2009, s. 34) jsou považovány za hlavní zdroj biochemicky rozložitelného znečištění v tocích právě odpadní vody a jmenovitě odpadní vody splaškové. Co se týče koncentrace v tocích, jde zpravidla o vyrovnaný ukazatel, který právě díky svému původu příliš nekolísá.

Účinnost KČOV - Nerozp. látky

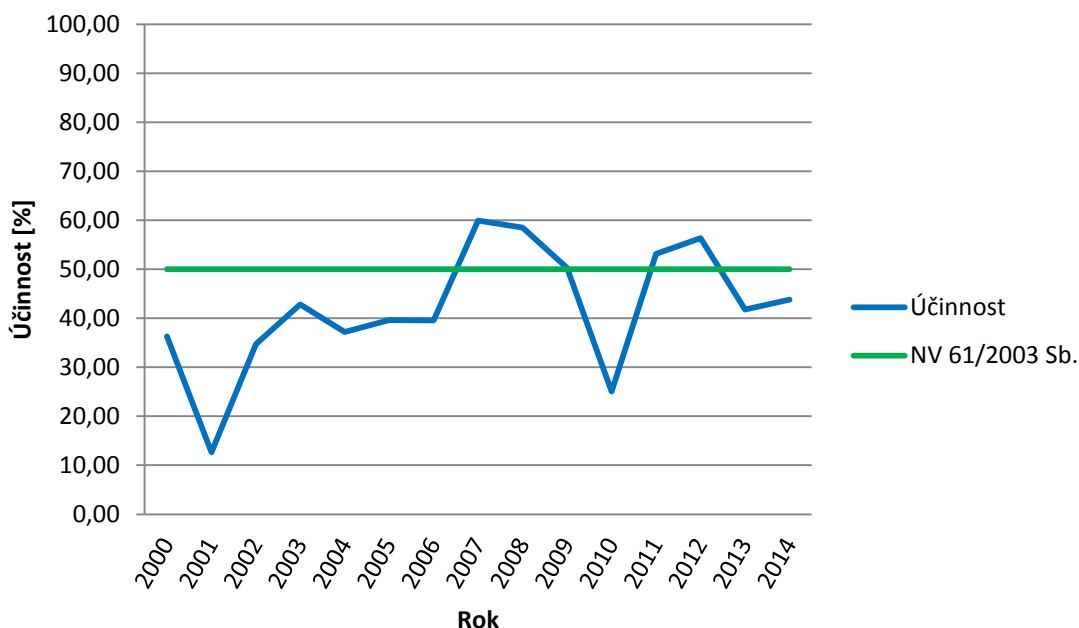


Graf č. 3 – Účinnost při odstraňování NL (KČOV Dražovice)

Graf č. 3 je v rozporu s mými předpoklady. Podle získaných znalostí jsem očekával nárůst v prvních letech provozu a následně postupný pokles spojený s kolmatací porézního prostředí kořenových polí. Pokles účinnosti v letech 2000 – 2002 byl pravděpodobně způsoben špatnou funkcí mechanického předčištění, které má za úkol právě co největší odstranění nerozpuštěných látek. Od roku 2002 účinnost stoupala a dosahuje průměrné hodnoty 71 % (viz. graf č. 5) Minimální účinnost pro nerozpuštěné látky není legislativou stanovena, ale hodnoty dosažené na KČOV Dražovice považují za vyhovující. Dobrá účinnost se projevila i na naměřených koncentracích (viz. graf č. 11), které zcela vyhovují legislativou stanoveným limitům a maximální přípustná hodnota 50 mg/l je s rezervou naplňována.

Pro udržení vysoké účinnosti odstraňování NL je klíčové v předepsaných intervalech odstraňovat sediment z usazovací nádrže a lapáku písku. V případě zanesení totiž neplní svoji funkci a nerozpuštěné látky se místo usazení víří a dostávají do kořenových polí. To jednak snižuje účinnost, ale zároveň způsobuje zanášení porézního prostředí a tím snižuje jejich životnost.

Účinnost KČOV - Amoniakální dusík



Graf č. 4 – Účinnost při odstraňování amoniakálního dusíku (KČOV Dražovice)

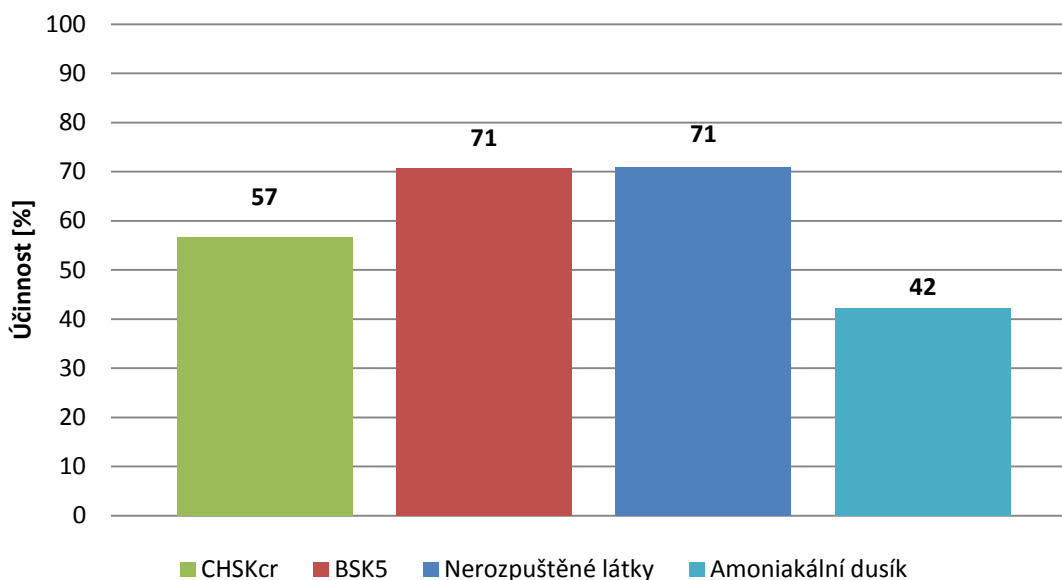
Amoniakální dusík je primárním produktem rozkladu většiny organických dusíkatých látek živočišného a rostlinného původu. Proto antropogenním zdrojem amoniakálního dusíku organického původu jsou právě splaškové odpadní vody. Jde o důležitý chemický indikátor fekálního znečištění, zejména pokud dojde k náhlému navýšení koncentrace. Amoniakální dusík působí velmi toxicky na ryby, avšak jeho toxicita je do značné míry závislá na hodnotě pH. [13, s. 212]

Výsledky v grafu č. 4 potvrzují, že účinnost odstraňování amoniakálního dusíku u první generace KČOV je na nízké úrovni a v průměru se pohybuje hodnoty 42 %. Nízká účinnost se projevuje i na grafu č. 13, kde je v letech 2002 – 2004 maximální přípustný limit překročen a i ve zbylých letech se naměřené hodnoty pohybují těsně pod touto hranicí. Za překročení limitu byla obci udělena od ČIŽP pokuta.

Nízká účinnost u tohoto typu čistíren je způsobena výrazně bezkyslíkatým prostředím, které panuje uvnitř kořenových polí. Je to právě kyslík, který je pro nitrifikační procesy nezbytný. Potřebný kyslík lze například dodat impulsním plněním a prázdněním kořenového pole. Při uměle vyvolaném poklesu hladiny dochází k podtlaku, při němž se do porézního prostředí nasává vzduch, který prokyslíčí

biologický film na filtrační náplni. Další možností jsou provzdušňovací přelivy, nebo umělé provzdušnění aerátory. [18, s. 132]

Průměrná účinnost KČOV Dražovice (2000 - 2014)



Graf č. 5 – Průměrná účinnost (KČOV Dražovice)

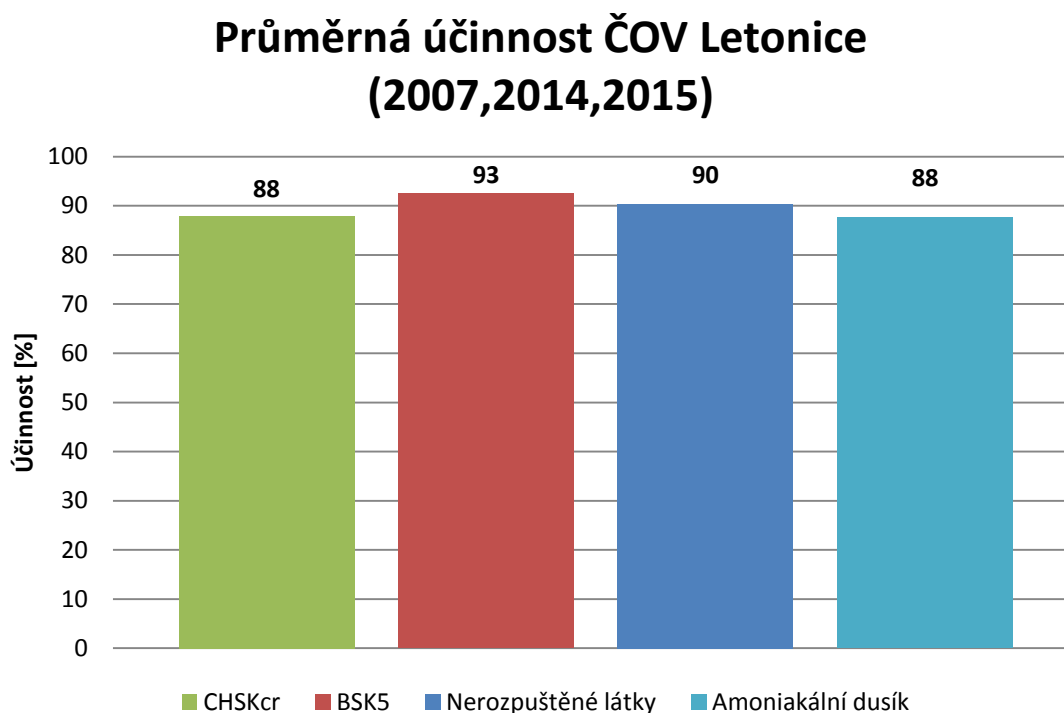
Průměrná účinnost čištění KČOV (viz. graf č. 5) je na první pohled poměrně nízká. Je to způsobeno především nižší účinností v prvních několika letech provozu, kdy se celá čistírna rozbíhala. Od roku 2007 se však čisticí procesy ustálily a účinnost postupně stoupala. V posledních několika letech je účinnost vyšší, ale i tak nejsou naplněny všechny legislativou dané limity.

Jelikož je nízká účinnost KČOV v zimním období často zmiňována jako jedna z nevýhod, rozhodl jsem se provést srovnání účinnosti ve vegetačním období a v době vegetačního klidu mokřadních rostlin (viz. graf č. 15). Při porovnání jednotlivých sloupců vidíme, že účinnost čistírny mimo vegetační období rostlin není výrazně snížena. Dokonce je u některých ukazatelů (CHSK_{cr}, BSK₅ a P_{celk.}) hodnota mimo vegetační období vyšší. Sníženou účinnost mimo období vegetace podle předpokladů vykazuje amoniakální dusík. Tyto výsledky potvrzují, významnou roli rostlin v procesu čištění, na kterém se přímo podílejí.

Koncentrace P_{celk.} nejsou pro tuto velikostní kategorii ČOV stanoveny a jsou dostupné z důvodu dřívějších výzkumů, graf č. 17 ukazuje, že naměřené

koncentrace by vyhověly i podstatně přísnějším limitům pro velikostní kategorii ČOV 2001 – 10 000 EO.

6.2 ČOV Letonice



Graf č. 6 – Průměrná účinnost čištění (ČOV Letonice)

Průměrnou účinnost ČOV Letonice zobrazuje graf č. 6, u kterého je však potřeba zohlednit nepravidelnost odběrů vzorků na přítoku. Podle dostupných dat čistírna splňuje legislativou stanovené limity pro minimální účinnost. Grafy č. 8, 10, 12 a 14 zobrazující jednotlivé naměřené koncentrace na odtoku z čistírny, potvrzují dobrou účinnost čištění a všechny naměřené hodnoty se pohybují hluboko pod maximální přípustnou hranicí. Při jejich porovnání s daty naměřenými na KČOV Dražovice také vidíme stálejší průběh v jednotlivých letech bez významných výkyvů, které by nasvědčovaly problémům v čisticím procesu.

Při porovnání s výsledky z ČOV Hrušky, které zobrazuje graf č. 16, je patrné, že lze dosahovat i vyšší účinnosti čištění. Nižší účinnost může být způsobena balastními vodami, které lze označit za hlavní problém čistírny v Letonicích. Vnikání balastních vod způsobuje nežádoucí ochlazování vod odpadních, které se negativně projevuje na procesu čištění. Balastní vody se projevují i z hlediska ekonomiky provozu, protože

čištění takto nařaděné odpadní vody je energeticky náročnější. Jediné řešení tohoto problému, je rekonstrukce stokové sítě, nebo vybudování nové oddílné kanalizace. Na realizaci tohoto záměru však nemá obec dostatečné finanční prostředky.

Opačný problém může nastat v období sucha, kdy je odpadní voda koncentrovanější a jednotlivé ukazatele překračují návrhové hodnoty ČOV. Při tomto stavu není čistírna schopna odstraňovat znečištění a její účinnost výrazně klesá.

7 ZÁVĚR

V této diplomové práci jsem se zabýval problematikou znečišťování vod a jeho předcházením v podobě technologií používaných při čištění odpadních vod. Práci lze rozdělit do dvou částí (teoretická a praktická část). První část byla věnována literární rešerši, která má za úkol nastínit problematiku znečišťování vod obecně a popsat používané technologie v oblasti čištění odpadních vod, konkrétně bližší popis kořenových (extenzivních) a klasických (intenzivních) čistíren odpadních vod. Dále má za úkol seznámit nás s platnou legislativou v oblasti vod. Část druhá představuje interpretaci získaných dat o jednotlivých čistírnách odpadních vod, která pomohou lépe pochopit výhody a nevýhody těchto technologií.

Při vzájemném porovnání jednotlivých způsobů čištění je vhodné začít porovnáním jejich ekonomické náročnosti, ať už z pohledu pořizovací ceny, tak i z pohledu následného provozu, který rozhodně není zanedbatelný. Stále častěji se můžeme doslechnout o obcích, které získaly potřebné finance na výstavbu ČOV, ale jejich napjatý rozpočet již není schopný zvládnout provozní náklady.

Prosté porovnání pořizovacích nákladů hovoří ve prospěch extenzivních způsobů čištění. Pořizovací cena kořenové čistírny byla oproti klasické o celé 4 miliony Kč nižší. Klasická čistírna odpadních vod je také finančně náročnější z pohledu provozu, náklady na provoz ČOV v Letonicích činily v roce 2013 téměř 460 000 Kč, oproti tomu průměrné náklady na provoz KČOV Dražovice činí 80 000 Kč ročně, včetně nákladů na opravy a modernizaci. Největší část provozních nákladů klasické čistírny tvoří elektrická energie, u ČOV Letonice jsou náklady vyšší díky přečerpávací stanici, a proto se roční náklady na elektrickou energii pohybují okolo 300 000 Kč. Oproti tomu nejvyšší náklady u KČOV Dražovice tvoří plat obsluhy, která je zde přítomna pouze 1 hodinu denně. Finanční stránka věci jasně hovoří ve prospěch kořenové čistírny.

Další stránkou věci jsou legislativou dané limity, které musí každá čistírna splňovat z důvodu ochrany životního prostředí. Při porovnání výsledků, bylo zjištěno, že KČOV Dražovice není schopna většinu účinnostních limitů dlouhodobě naplňovat. Co se týče maximální přípustné koncentrace na odtoku z čistírny, je až na amoniakální dusík, který byl v minulosti párkrát překročen legislativě vyhověno. Tyto problémy sledovaná čistírna v Letonicích nemá, a dokonce limity splňuje s velkou rezervou.

Zkušenosti z provozu KČOV ukazují, že mohou být vhodnou alternativou ke klasickým ČOV. Zejména pak v případě čištění odpadních vod pocházejících

z malých zdrojů znečištění, pro které je hlavní prioritou odstranění nerozpuštěných látek a organického znečištění. Nižší účinnost při odstraňování živin je hlavní slabinou KČOV.

Dnes lze jen těžko předpokládat, že by obec dostala povolení na výstavbu obdobně velké KČOV jako se nachází v obci Dražovice. Dnešní trend se ubírá směrem klasických ČOV, které se v této velikostní kategorii zdají být z hlediska ochrany životního prostředí vhodnějším řešením. I přesto mají extenzivní způsoby čištění odpadních vod z mého pohledu stále velký potenciál v podobě KČOV druhé generace a věřím, že ve velikostní kategorii do 500 EO i budoucnost. Je však potřeba si uvědomit, že každá ze zmíněných technologií má své výhody i nevýhody a považují za klíčové jejich zodpovědné vyhodnocení v konkrétních podmínkách dané lokality.

8 POUŽITÁ LITERATURA

1. CULEK, Martin ed. *Biogeografické členění České republiky*. Praha: Enigma, 1995, 347 s. ISBN 80-85368-80-3.
2. FORTELNÝ, Roman. *Hodnocení jakosti povrchové vody*. Brno, 2013. Bakalářská práce. Mendelova univerzita v Brně. Vedoucí práce Ing. Petra Opletová, Ph.D.
3. HLAVÍNEK, Petr a Jaromír ŘÍHA. *Jakost vody v povodí*. Vyd. 1. Brno: Akademické nakladatelství CERM, 2004, 209 s. ISBN 8021428155.
4. HLAVÍNEK, Petr, Jan MIČÍN a Petr PRAX. *Stokování a čištění odpadních vod*. Vyd. 1. Brno: Akademické nakladatelství CERM, 2003, 283 s. ISBN 8021425350.
5. HUBAČÍKOVÁ, Věra a Petra OPPELTOVÁ. *Úpravy vodních toků a ochrana vodních zdrojů*. 1. vyd. Brno: Mendelova zemědělská a lesnická univerzita v Brně, 2008, 130 s. ISBN 978-80-7375-243-9.
6. JUST, Tomáš, Petr FUCHS a Miroslava PÍSAŘOVÁ. *Odpadní vody v malých obcích*. Vyd. 1. Praha: Výzkumný ústav vodohospodářský T. G. Masaryka, 1999, 120 s. ISBN 8085900319.
7. KADLEC, Robert H a Scott D WALLACE. *Treatment wetlands*. 2nd ed. Boca Raton: Taylor, c2009, 1016 s., [4] s. barev. obr. příl. ISBN 978-1-56670-526-4.
8. LANGHAMMER. *Kvalita povrchových vod a jejich ochrana*. Skriptum Katedra fyzické geografie a geoekologie, Přírodovědecká fakulta, Univerzita Karlova. ISBN 978-80-7080-701-9.
9. MLEJNSKÁ, Eva. *Extenzivní způsoby čištění odpadních vod*. Vyd. 1. Praha: Výzkumný ústav vodohospodářský T. G. Masaryka, 2009, 119 s. ISBN 978808590092
10. Nařízení vlády č. 61/2003 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 ve znění pozdějších předpisů
11. OMS WALTER, s. r. o. *ČOV Letonice, provozní řád*. Brno, 1997.
12. PESCOD, M. *Wastewater treatment and use in agriculture*. Rome: Food and Agriculture Organization of the United Nations, 1992, xiv, 125 p. ISBN 92-510-3135-5.

13. PITTER, Pavel. *Hydrochemie*. 4., aktualiz. vyd. Praha: Vydavatelství VŠCHT Praha, 2009, viii, 579 s. ISBN 9788070807019.
14. QUITT, Evžen. *Klimatické oblasti Československa*. Brno, 1971.
15. SLAVÍČKOVÁ, Kateřina a Marek SLAVÍČEK. *Vodní hospodářství obcí 1: úprava a čištění vody*. 2., přeprac. vyd. V Praze: České vysoké učení technické, 2013, 199 s. ISBN 9788001053904.
16. SPELLMAN, Frank R. *Handbook of water and wastewater treatment plant operations*. 2nd ed. Boca Raton: CRC Press/Taylor, c2009, xxxix, 826 p. ISBN 14-200-7530-6.
17. SYNÁČKOVÁ, Marcela. *Čistota vod*. Dot. 1. vyd. Praha: České vysoké učení technické, 1996, 208 s. ISBN 800101083x.
18. ŠÁLEK, Jan a Václav TLAPÁK. *Přírodní způsoby čištění znečištěných povrchových a odpadních vod*. 1. vyd. Praha: Pro Českou komoru autorizovaných inženýrů a techniků činných ve výstavbě (ČKAIT) vydalo Informační centrum ČKAIT, 2006, 283 s. ISBN 8086769747.
19. TLAPÁK, Václav. *Voda v zemědělské krajině*. 1. vyd. Praha: Zemědělské nakladatelství Brázda, 1992, 318 s. ISBN 80-209-0232-5.
20. VH ATELIER BRNO, s. r. o. *Kanalizace a ČOV Dražovice*. Brno, 1997.
21. VÍTĚZ, Tomáš a Bořivoj GRODA. *Čištění a čistírny odpadních vod*. 1. vyd. Brno: Mendelova zemědělská a lesnická univerzita v Brně, 2008, 126 s. ISBN 9788073751807.
22. VYMAZAL, Jan. *Čištění odpadních vod v kořenových čistírnách*. Třeboň: ENVI, 1995, 147 s., [22] s. il. příl.
23. Zákon č. 185/2001 Sb., o odpadech a o změně některých dalších zákonů ve znění pozdějších předpisů
24. Zákon č. 254/2011 Sb., o vodách a o změně některých zákonů (vodní zákon), ve znění pozdějších předpisů.
25. Zákon č. 271/2004 Sb., o vodovodech a kanalizacích pro veřejnou potřebu a o změně některých zákonů (zákon o vodovodech a kanalizacích) ve znění pozdějších předpisů

Online zdroje

26. Biochemická spotřeba kyslíku. In: *Wikipedia: the free encyclopedia* [online]. San Francisco (CA): Wikimedia Foundation, 2012 [cit. 2015-04-15]. Dostupné z: http://cs.wikipedia.org/wiki/Biochemick%C3%A1_spot%C5%99eba_kysl%C3%A1Dku
27. MINISTERSTVO ZEMĚDĚLSTVÍ. *Čištění odpadních vod jako nástroj k ochraně životního prostředí v zemědělské praxi a na venkově* [online]. Brno, 2007 [cit. 2015-02-21]. Dostupné z: http://eagri.cz/public/web/file/26962/cistení_odpadnich_vod.pdf
28. MINISTERSTVO ZEMĚDĚLSTVÍ. *Voda v ČR do kapsy*. Praha: Litera Brno, 2006. ISBN 80-7084-498-1. Dostupné z: http://eagri.cz/public/web/file/21689/Voda_v_CR.pdf
29. MINISTERSTVO ŽIVOTNÍHO PROSTŘEDÍ ČR. *Zneškodňování odpadních vod v obcích do 2 000 ekvivalentních obyvatel*. Praha, 2009. Dostupné z: http://www.opzp.cz/soubor-ke-stazeni/14/4345-20090406_metodicka_prirucka_zneskodnovani_odpadnich_vod.pdf
30. OBEC DRAŽOVICE. *Územní plán Dražovice* [online]. [cit. 2015-02-21]. Dostupné z: <http://www.drazovice.cz/uzemni-plan/ds-1016/p1=17752>
31. OPPELTOVÁ, P., T. VÍTĚZ a J. ŠEVČÍKOVÁ. *Vliv účinnosti ČOV na kvalitu vody v recipientu*. *Littera Scripta*. 2012, 5(2), 261–273. ISSN 1802- 503X. Dostupné z: <http://portal.vstecb.cz/publishingportal/stahnout/verejne/publikace/81>
32. POBOŘIL, Jan. *Technologie pro zvýšení propustnosti vod v kořenových ČOV*. Brno, 2014. Dostupné z: https://www.vutbr.cz/www_base/zav_prace_soubor_verejne.php?file_id=80480. Diplomová práce. Vysoké učení technické v Brně. Vedoucí práce Ing. Michal Kriška, Ph.D.
33. *Přírodní poměry* [online]. [cit. 2015-02-21]. Dostupné z: http://moravske-karpaty.cz/prirodni-pomery/geomorfologie/bucovicka-pahorkatina/#kucerovska_pahorkatina
34. Půdní mapy. *Mapové aplikace - Česká geologická služba* [online]. [cit. 2015-02-21]. Dostupné z: <http://mapy.geology.cz/pudy/>
35. *Sborník vědeckých prací. Doklady. Seria gorno-geologicheskai. Transactions. Mining and geological series. Řada hornicko-geologická*. Ostrava, 2002. ISBN 80-7078-840-2. Dostupné z: <http://gse.vsb.cz/2002/XLVIII-2002-2-49-56.pdf>

36. VYMAZAL, Jan. *Kořenové čistírny odpadních vod*. Třeboň, 2004. Dostupné z: <http://www.enki.cz/cs/component/k2/item/39-korenove-cistirny-odpadnich-vod>
37. VÝZKUMNÝ ÚSTAV POTRAVINÁŘSKÝ PRAHA, Oddělení technické politiky. *Návrh referenčního dokumentu o nejlepších dostupných technologiích v průmyslu potravin, nápojů a mléka* [online]. 2006 [cit. 2015-02-21]. Dostupné z: <http://www.vupp.cz/czvupp/departments/odd350/06brefP4%28455-548%29.pdf>

9 SEZNAM GRAFŮ

<i>Graf č. 1 – Účinnost při odstraňování $CHSK_{cr}$ (KČOV Dražovice)</i>	48
<i>Graf č. 2 – Účinnost při odstraňování BSK_5 (KČOV Dražovice)</i>	49
<i>Graf č. 3 – Účinnost při odstraňování NL (KČOV Dražovice)</i>	50
<i>Graf č. 4 – Účinnost při odstraňování amoniakálního dusíku (KČOV Dražovice)</i>	51
<i>Graf č. 5 – Průměrná účinnost (KČOV Dražovice)</i>	52
<i>Graf č. 6 – Průměrná účinnost (ČOV Letonice)</i>	53

10 SEZNAM MAP

<i>Mapa č. 1 – Přehledová mapa Dražovice.....</i>	<i>38</i>
<i>Mapa č. 2 – Umístění KČOV Dražovice.....</i>	<i>42</i>
<i>Mapa č. 3 – Přehledová mapa Letonice</i>	<i>43</i>
<i>Mapa č. 4 – Umístění ČOV Dražovice</i>	<i>45</i>

11 SEZNAM OBRÁZKŮ

<i>Obrázek č. 1 – Schéma mokřadu s vertikálním průtokem.....</i>	<i>17</i>
<i>Obrázek č. 2 – Schéma mokřadu s horizontálním průtokem</i>	<i>18</i>
<i>Obrázek č. 3 – Schéma biologického stupně s regenerací kalu.....</i>	<i>27</i>

12 SEZNAM TABULEK

<i>Tabulka č. 1 – Orientační hodnoty specifické produkce znečištění</i>	<i>13</i>
<i>Tabulka č. 2 – Podíl antropogenních zdrojů na emisích</i>	<i>16</i>
<i>Tabulka č. 3 – Výhody a nevýhody anaerobních procesů ve srovnání s aerobními</i>	<i>28</i>
<i>Tabulka č. 4 – Charakteristika klimatické oblasti</i>	<i>39</i>
<i>Tabulka č. 5 – Emisní standardy ukazatelů přípustného znečištění odpadních vod</i>	<i>47</i>
<i>Tabulka č. 6 – Přípustná minimální účinnost čištění vypouštěných odpadních vod ...</i>	<i>47</i>

13 SEZNAM POUŽÍTÝCH ZKRATEK

BSK ₅	biochemická spotřeba kyslíku pětidenní
CO ₂	oxid uhličitý
ČIŽP	Česká inspekce životního prostředí
ČOV	čistírna odpadních vod
ČÚZK	Český úřad zeměměřický a katastrální
EO	ekvivalentní obyvatel
Fe	železo
CHSK	chemická spotřeba kyslíku
KČOV	kořenová čistírna odpadních vod
N _{celk.}	dusík celkový
NL	nerozpuštěné látky
N-NH ₄ ⁺	amoniakální dusík
NO _x	oxidy dusíku
NV	nařízení vlády
P _{celk.}	fosfor celkový
PE	polyetylen
SO ₂	oxid siřičitý
VUT	Vysoké učení technické
VÚV T. G. M.	Výzkumný ústav vodohospodářský T. G. Masaryka

PŘÍLOHY

Seznam příloh

Příloha 1

<i>Tabulka č. 7 – Srovnání nitrifikace a denitrifikace</i>	<i>68</i>
--	-----------

Příloha 2

<i>Obrázek č. 4 – Obecné blokové schéma čistírny odpadních vod.....</i>	<i>69</i>
---	-----------

Příloha 3 – grafy

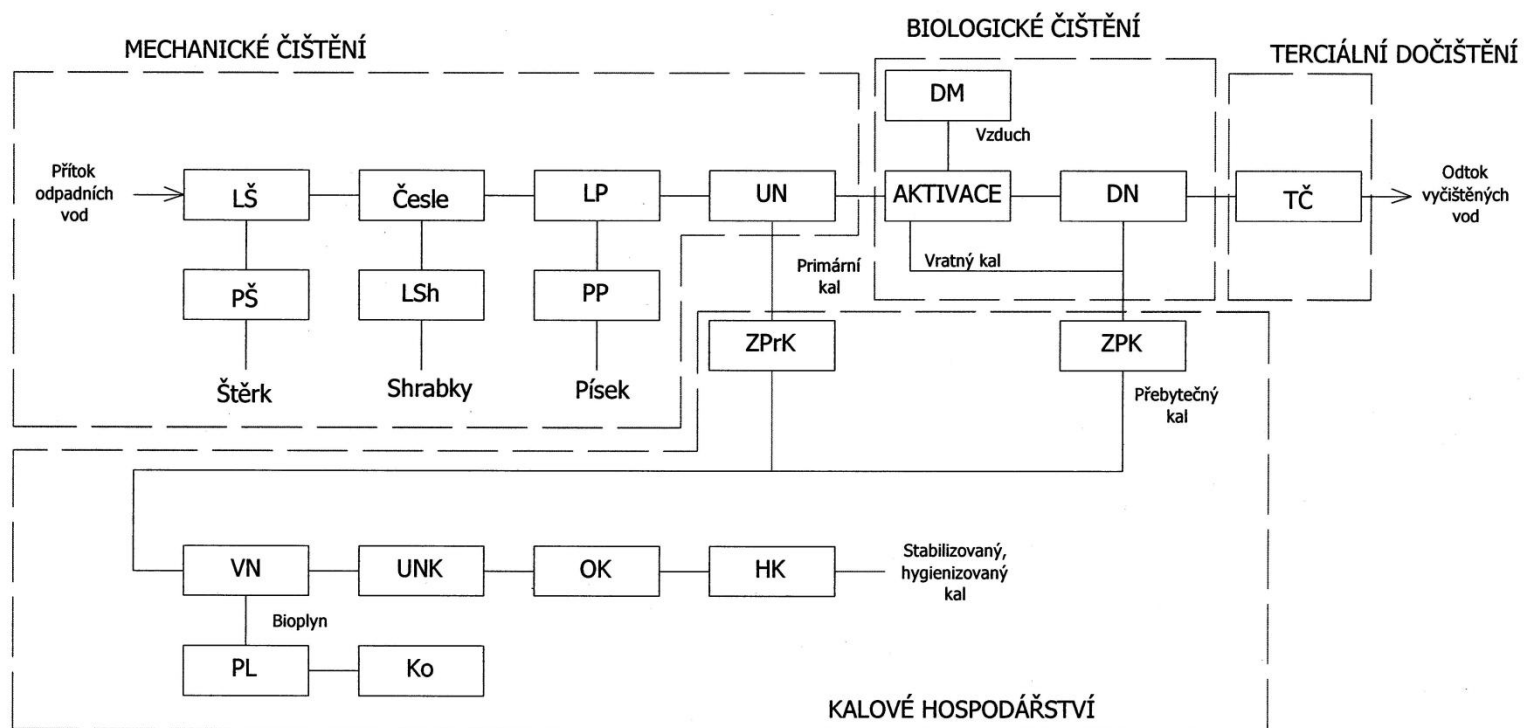
<i>Graf č. 7 – Koncentrace $CHSK_{cr}$ (KČOV Dražovice)</i>	<i>70</i>
<i>Graf č. 8 – Koncentrace $CHSK_{cr}$ (ČOV Letonice).....</i>	<i>70</i>
<i>Graf č. 9 – Koncentrace BSK_5 (KČOV Dražovice)</i>	<i>71</i>
<i>Graf č. 10 – Koncentrace BSK_5 (ČOV Letonice).....</i>	<i>71</i>
<i>Graf č. 11 – Koncentrace NL (KČOV Dražovice)</i>	<i>72</i>
<i>Graf č. 12 – Koncentrace NL (ČOV Letonice)</i>	<i>72</i>
<i>Graf č. 13 – Koncentrace amoniakální dusík (KČOV Dražovice)</i>	<i>73</i>
<i>Graf č. 14 – Koncentrace amoniakální dusík (ČOV Letonice).....</i>	<i>73</i>
<i>Graf č. 15 – Účinnost v závislosti na období (KČOV Dražovice)</i>	<i>74</i>
<i>Graf č. 16 – Průměrná účinnost (ČOV Hrušky)</i>	<i>74</i>
<i>Graf č. 17 – Koncentrace fosfor celkový (KČOV Dražovice).....</i>	<i>75</i>

Příloha 4 – fotodokumentace (archiv autora)

<i>Fotografie č. 1 – Odlehčovací šachta na KČOV Dražovice.....</i>	<i>76</i>
<i>Fotografie č. 2 – Dešťová zdrž KČOV Dražovice</i>	<i>76</i>
<i>Fotografie č. 3 – Pohled do usazovací nádrže KČOV Dražovice</i>	<i>77</i>
<i>Fotografie č. 4 – Ručně stírané česle KČOV Dražovice).....</i>	<i>78</i>
<i>Fotografie č. 5 – Strojně stírané česle ČOV Letonice</i>	<i>78</i>
<i>Fotografie č. 6 – Kořenové pole KČOV Dražovice</i>	<i>79</i>
<i>Fotografie č. 7 – Biologická nádrž KČOV Dražovice.....</i>	<i>79</i>
<i>Fotografie č. 8 – Pohled na biologický stupeň ČOV Letonice</i>	<i>80</i>
<i>Fotografie č. 9 – Kalojem ČOV Letonice (archiv autora).....</i>	<i>80</i>
<i>Fotografie č. 10 – Nádoza na shrabky ČOV Letonice</i>	<i>81</i>
<i>Fotografie č. 11 – Lapák písku ČOV Letonice</i>	<i>81</i>

Tabulka č. 7 – Srovnání nitrifikace a denitrifikace (Hlavínek a kol. 2003)

	NITRIFIKACE	DENITRIFIKACE
Reakce	biochemická oxidace	biochemická redukce
Prostředí	aerobní (oxické)	anoxické
Hlavní mikroorganismy	chemolitotrofní	organotrofní
Hlavní vstupující sloučenina	amoniakální dusík	dusičnany
Hlavní vystupující sloučenina	dusičnany	plynný dusík
Optimální pH	7 – 8,5	6 – 9
Závislost na teplotě	velká	malá
Růstová rychlost bakterií	malá	velká

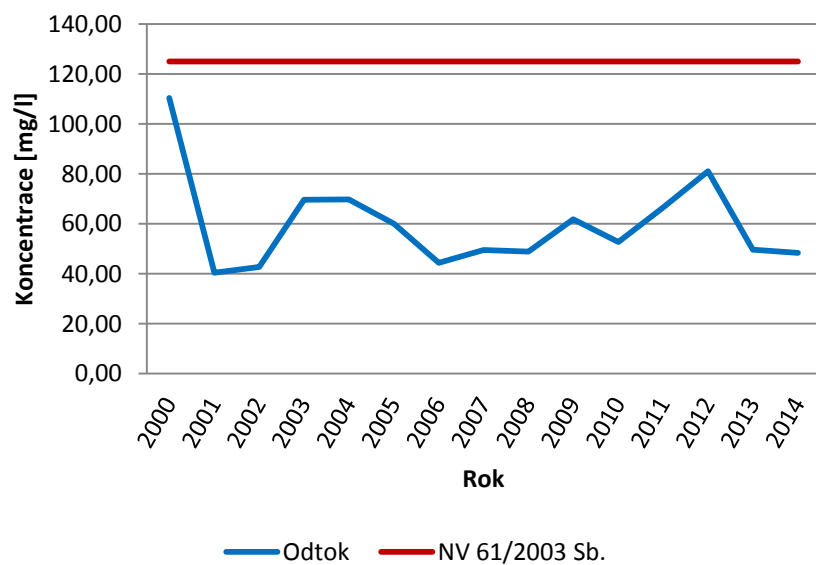


Obr. č. 4 – Obecné blokové schéma čistírny odpadních vod (Vítěz 2008)

Vysvětlivky:

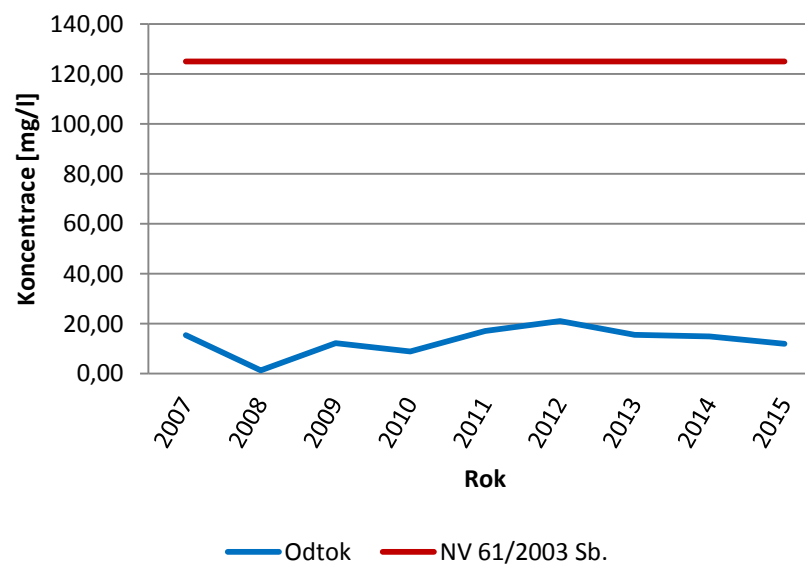
- | | | | |
|----------------------|-----------------------------|--------------------------------|---------------|
| LŠ – lapák štěrku | UN – usazovací nádrž | ZPK – zahuštění přebyteč. kalu | PL – plynojem |
| PŠ – pračka štěrku | DM – strojovna dmychadel | VN – vyhnívací nádrž | Ko – kotelna |
| LSh – lis na shrabky | DN – dosazovací nádrž | UNK – uskladňovací nádrž kalu | |
| LP – lapák písku | TČ – terciární čištění | OK – odvodnění kalu | |
| PP – pračka písku | ZPrK – zahuštění prim. kalu | HK – hygienizace kalu | |

KČOV Dražovice - CHSK_{cr}

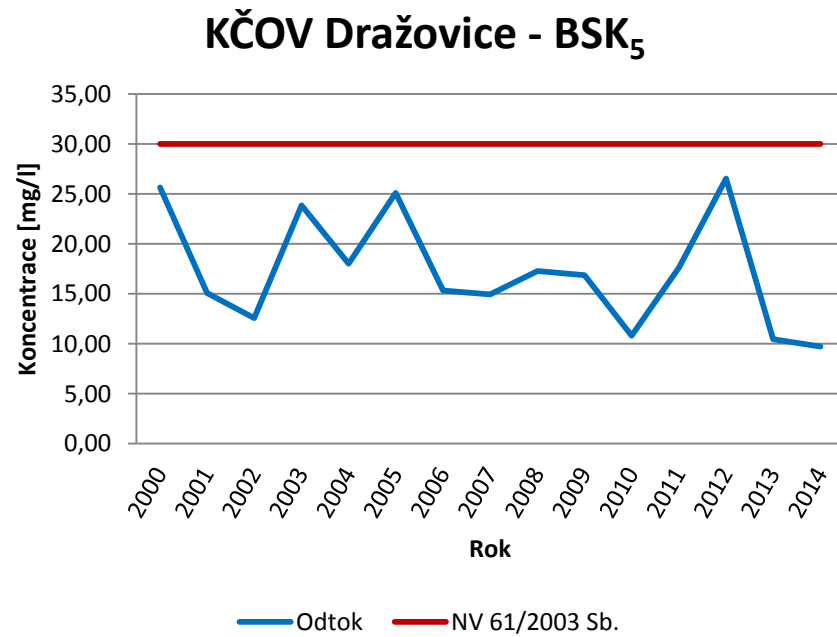


Graf č. 7 – Koncentrace CHSK_{cr} (KČOV Dražovice)

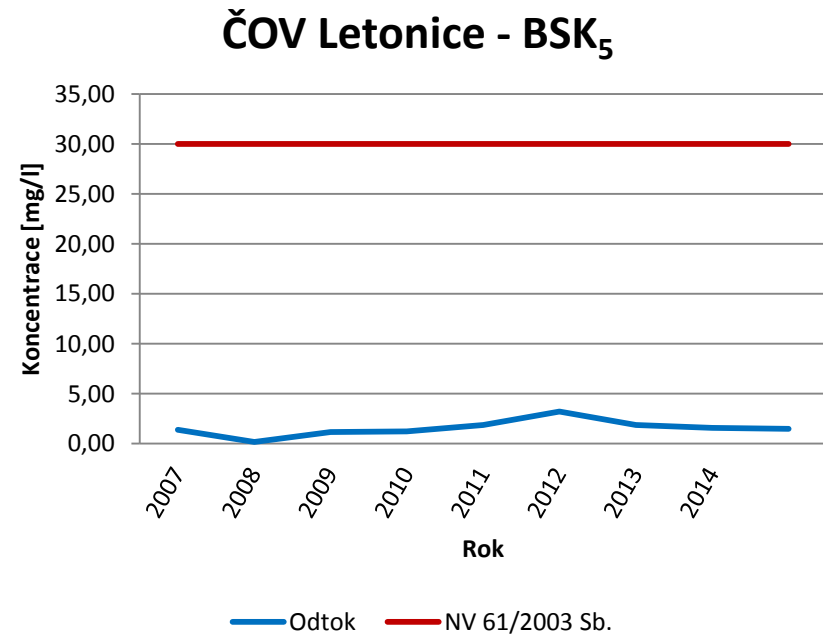
ČOV Letonice - CHSK_{cr}



Graf č. 8 – Koncentrace CHSK_{cr} (ČOV Letonice)

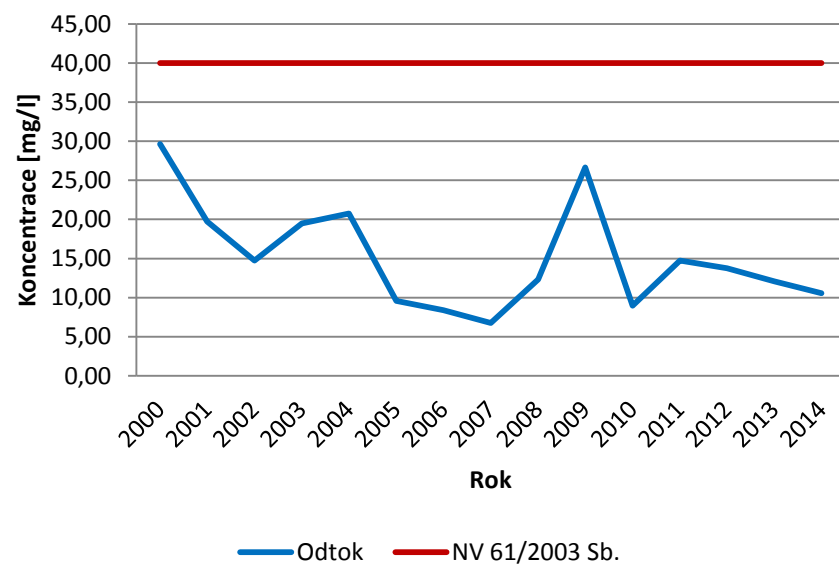


Graf č. 9 – Koncentrace BSK₅ (KČOV Dražovice)



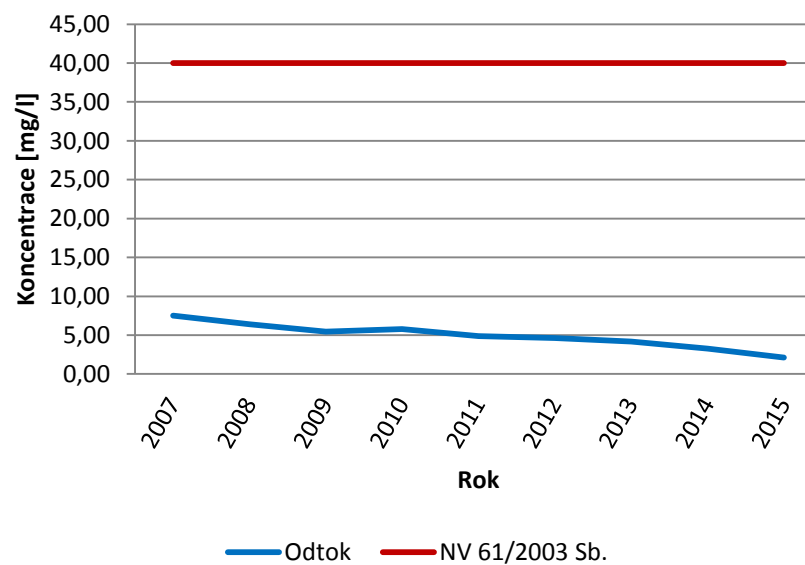
Graf č. 10 – Koncentrace BSK₅ (ČOV Letonice)

KČOV Dražovice - NL



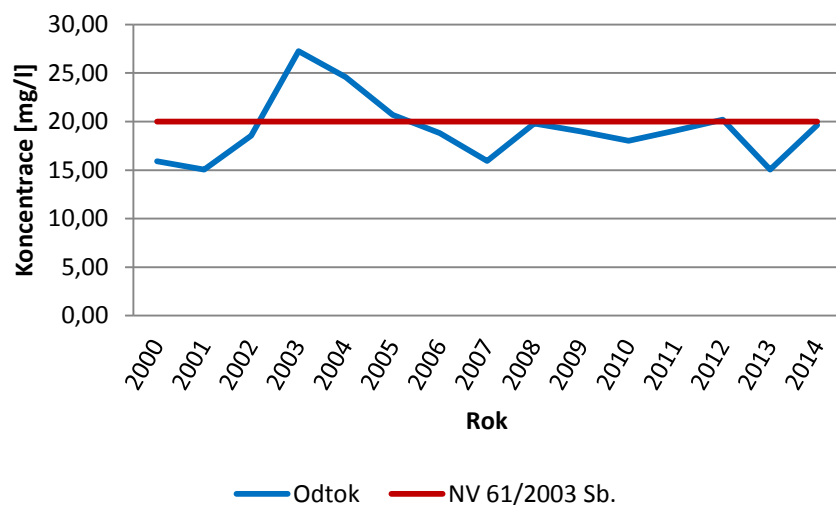
Graf č. 11 – Koncentrace NL (KČOV Dražovice)

ČOV letonice - NL



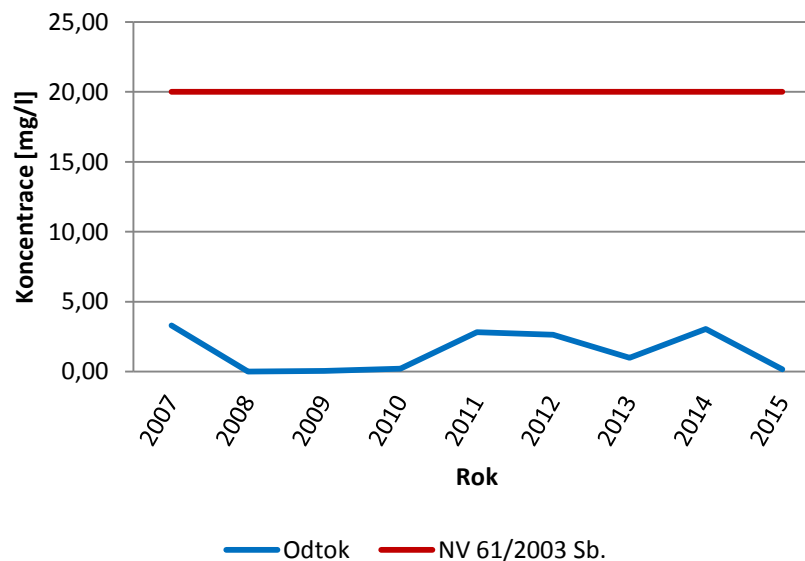
Graf č. 12 – Koncentrace NL (ČOV Letonice)

KČOV Dražovice - Amoniakální dusík



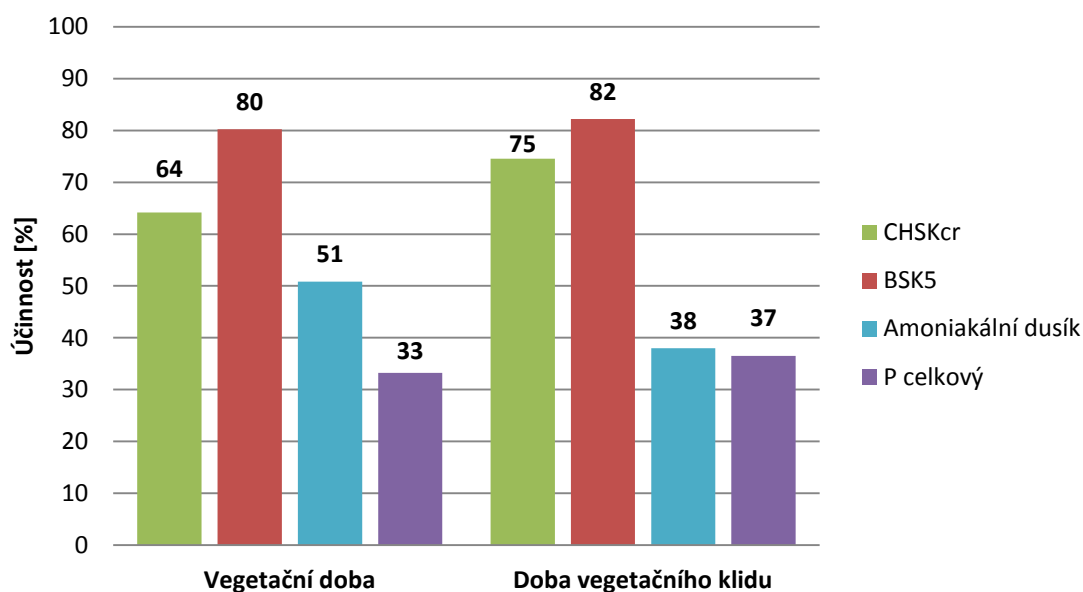
Graf č. 13 – Koncentrace amoniakální dusík (KČOV Dražovice)

ČOV Letonice - Amoniakální dusík



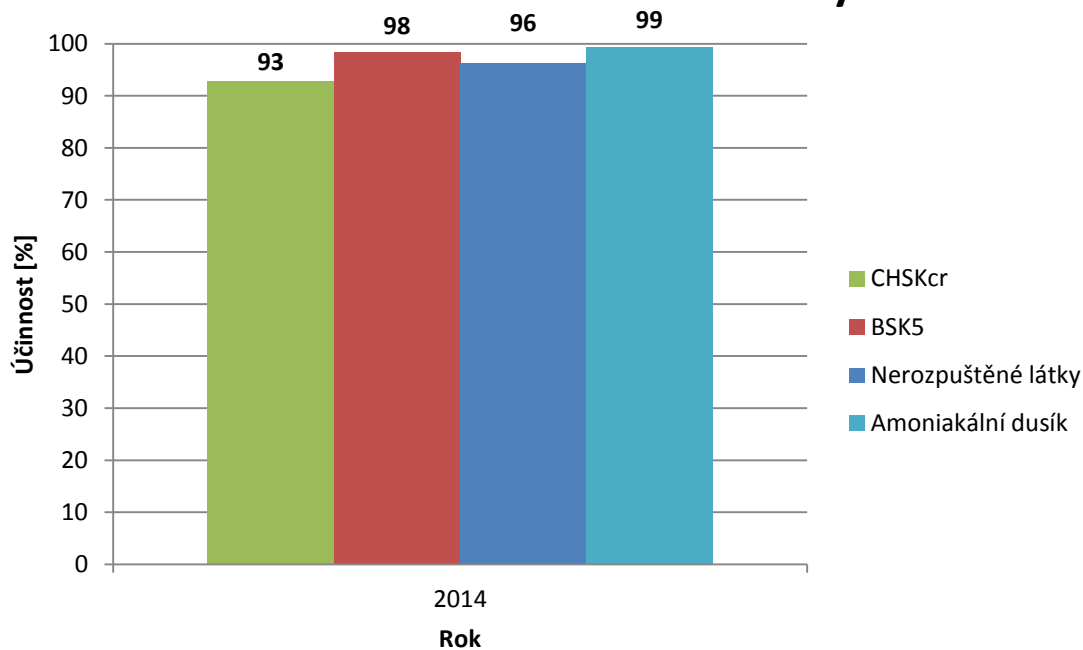
Graf č. 14 – Koncentrace amoniakální dusík (ČOV Letonice)

Účinnost v závislosti na období (2008 - 2014)



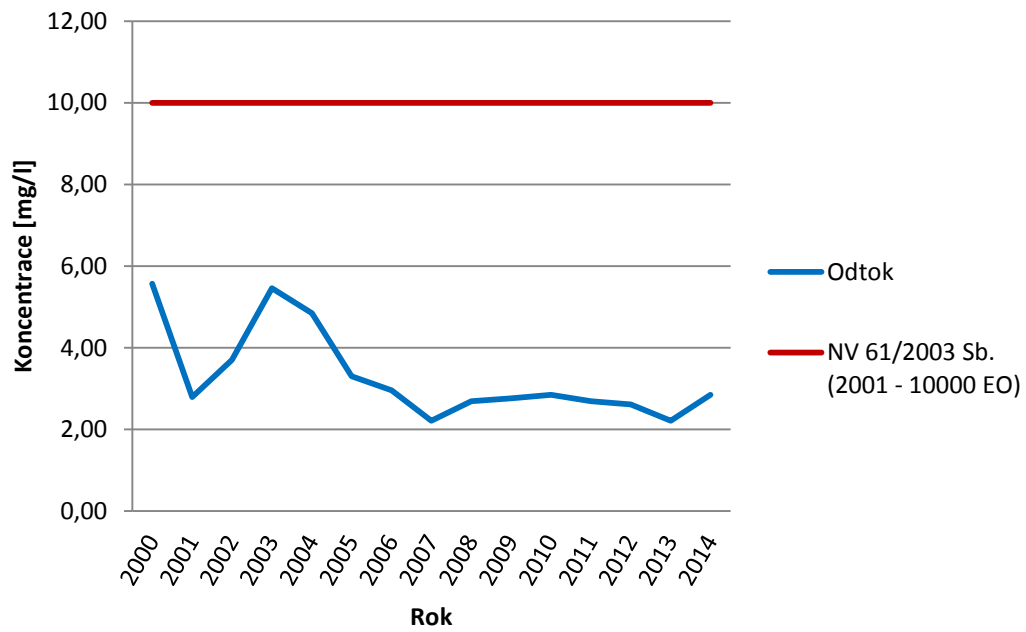
Graf č. 15 – Účinnost v závislosti na období (KČOV Dražovice)

Průměrná účinnost ČOV Hrušky



Graf č. 16 – Průměrná účinnost (ČOV Hrušky)

Fosfor celkový - KČOV Dražovice



Graf č. 17 – Koncentrace fosfor celkový (KČOV Dražovice)



Fotografie č. 1 – Odlehčovací šachta na KČOV Dražovice (archiv autora)



Fotografie č. 2 – Dešťová zdrž KČOV Dražovice (archiv autora)



Fotografie č. 3 – Pohled do usazovací nádrže KČOV Dražovice (archiv autora)



Fotografie č. 4 – Ručně stírané česle KČOV Dražovice (archiv autora)



Fotografie č. 5 – Strojně stírané česle ČOV Letonice (archiv autora)



Fotografie č. 6 – Kořenové pole KČOV Dražovice (archiv autora)



Fotografie č. 7 – Biologická nádrž KČOV Dražovice (archiv autora)



Fotografie č. 8 – Pohled na biologický stupeň ČOV Letonice (archiv autora)



Fotografie č. 9 – Kalojem ČOV Letonice (archiv autora)



Fotografie č. 10 – Lapák písku ČOV Letonice (archiv autora)



Fotografie č. 11 – Nádoza na shrabky ČOV Letonice (archiv autora)