

Česká zemědělská univerzita v Praze

Technická fakulta



Návrh inovace technologie čištění odpadní vody ve vybrané ČOV

Diplomová práce

Vedoucí diplomové práce: doc. Ing. Petr Vaculík, Ph.D.

Diplomant: Vladislav Líkař
PRAHA 2016

ČESKÁ ZEMĚDĚLSKÁ UNIVERZITA V PRAZE

Technická fakulta

ZADÁNÍ DIPLOMOVÉ PRÁCE

Vladislav Líkař

Obchod a podnikání s technikou

Název práce

Návrh inovace technologie čištění odpadní vody ve vybrané ČOV

Název anglicky

Proposal to upgrade the wastewater treatment technology in the selected Wastewater Treatment Plant

Cíle práce

Seznámit se s problematikou čištění odpadních vod. Navrhnout inovaci technologické linky na zpracování určitých druhů odpadních vod na konkrétní ČOV s technicko-ekonomickým posouzením.

Metodika

Metodika práce

1. Přehled poznatků z literatury, tj. charakteristika problematiky čištění vybraných druhů odpadních vod
2. Řešení inovačního stupně a změny dosavadního stavu výběrem technologického systému
3. Výběr sledovaných parametrů technologické linky pro čištění vybraných druhů odpadních vod
4. Ekonomické posouzení návrhu

Osnova práce

1. Úvod
2. Cíl práce a metodika
3. Charakteristika jednotlivých technologií a technologických zařízení používaných při čištění vybraných druhů odpadních vod
4. Charakteristika výchozích podmínek vybrané technologické linky
5. Návrh řešení a dosažené výsledky
6. Závěr a diskuze
7. Seznam literatury
8. Přílohy

Doporučený rozsah práce

45 až 55 stran

Klíčová slova

odpadní voda, čistírna odpadních vod, odpad, technologické zařízení, technologická linka

Doporučené zdroje informací

KURAŠ, M. DINER, V. SLIVKA V. BŘEZINA M.: Odpadové hospodářství. Ekomonitor, Chrudim 2008, 143 s. ISBN 978-80-86832-34-0

POŠTA, J.: Čistírny odpadních vod. Česká zemědělská univerzita, Technická fakulta 2005, 208 s., ISBN 80-213-1366-8

Příslušné zákony, nařízení vlády, vyhlášky, ČSN, oborové předpisy a odborné časopisy

STRAKA, F. a kolektiv.: Bioplyn. GAS s.r.o., Říčany 2003, 517 s., ISBN 80-7328-029-9

Vyhláška MŽP č. 381/2001 Sb., kterou se stanoví Katalog odpadů, ve znění pozdějších předpisů

Zákon č. 185/2001 Sb., o odpadech a o změně některých dalších zákonů, ve znění pozdějších předpisů

Zákon č. 254/2001 Sb., o vodách a o změně některých dalších zákonů (vodní zákon), ve znění pozdějších předpisů

Předběžný termín obhajoby

2015/16 LS – TF

Vedoucí práce

doc. Ing. Petr Vaculík, Ph.D.

Garantující pracoviště

Katedra technologických zařízení staveb

Elektronicky schváleno dne 6. 11. 2015

doc. Ing. Jan Malašák, Ph.D.

Vedoucí katedry

Elektronicky schváleno dne 5. 1. 2016

prof. Ing. Vladimír Jurča, CSc.

Děkan

V Praze dne 27. 03. 2016

„Prohlašuji, že jsem diplomovou práci na téma: Návrh inovace technologie čištění odpadní vody ve vybrané ČOV vypracoval samostatně a použil jen pramenů, které cituji a uvádím v seznamu použitých zdrojů.

Jsem si vědom, že odevzdáním diplomové práce souhlasím s jejím zveřejněním dle zákona č. 111/1998 Sb., o vysokých školách a o změně a doplnění dalších zákonů, ve znění pozdějších předpisů, a to i bez ohledu na výsledek její obhajoby.

Jsem si vědom, že moje diplomová práce bude uložena v elektronické podobě v univerzitní databázi a bude veřejně přístupná k nahlédnutí.

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

Abstrakt: Tato diplomová práce pojednává o problematice čištění odpadních vod z malých zdrojů znečištění. Nejprve jsou charakterizovány odpadní vody a důležité ukazatele pro stanovení koncentrace znečištění následně jsou popsány jednotlivé technologie a technologická zařízení používaná při čištění odpadních vod z malých zdrojů. V rámci praktické části práce je navržena inovace technologické linky na zpracování splaškové odpadní vody pro areál firmy METRO NITRA. V první části jsou charakterizovány výchozí podmínky vybrané ČOV. V další části je podrobně popsána navrhovaná technologická linka a vyhodnocení odběru vzorků. Dále v této kapitole je ekonomické zhodnocení a předpokládaný harmonogram postupu prací. Cílem práce je navrhnout inovaci ČOV s technickým a ekonomickým posouzením.

Klíčová slova: odpadní voda, čistírna odpadních vod, odpad, technologické zařízení, technologická linka

Summary: This thesis deals with the issue of wastewater treatment from small sources of pollution. At the beginning, there are characterized wastewater and important indicators for measuring the concentration of pollution, then this thesis describes the different technologies and technological equipment used in the treatment of wastewater from small sources. In the practical part of the work is designed to upgrade the technological part for processing wastewater for area businesses METRO NITRA. The first part describes current conditions of selected wastewater treatment plant. Next part describes in detail the proposed technological part and evaluation samplings. Later in this chapter is described the economic value and the expected schedule of work. The aim is to design WWTP upgrade with the technical and the economic assessment.

Key words: wastewater, wastewater treatment plant (WWTP), waste, technological equipment, technological part.

Obsah

1	Úvod do problematiky	8
2	Cíl práce a metodika	9
3	Metodika práce	10
4	Právní předpisy	11
4.1	Česká legislativa	11
4.1.1	Vodní zákon	12
4.1.2	Zákon o vodovodech a kanalizacích	12
4.1.3	Zákon o odpadech	12
4.1.4	Stavební zákon	12
4.1.5	Nařízení vlády o ukazatelích a hodnotách přípustného znečištění odpadních vod	13
5	Odpadní vody a jejich složení	15
5.1	Druhy odpadních vod	15
5.1.1	Splaškové vody	15
5.1.2	Průmyslové vody	15
5.1.3	Srážkové vody	16
5.1.4	Balastní vody	16
5.1.5	Zemědělské vody	16
5.1.6	Městské vody	16
5.2	Znečištění odpadních vod	17
5.3	Ukazatele znečištění odpadních vod	18
5.3.1	Chemická spotřeba kyslíku CHSK	18
5.3.2	Biochemická spotřeba kyslíku BSK	19
5.3.3	Nerozpuštěné látky NL	20
6	Technologie čištění	21
6.1	Technologie čištění z malých zdrojů znečištění	21

6.1.1	Intenzivní postupy zpracování odpadní vody	23
6.1.2	Extenzivní postupy zpracování odpadní vody	24
6.2	Mechanicko-biologické čištění u malých ČOV	24
6.2.1	Mechanické čištění	25
6.2.2	Biologické stupeň čištění	27
6.2.3	Dočištění	30
6.2.4	Kalové hospodářství	30
6.3	Charakteristika jednotlivých druhů ČOV	31
6.3.1	Žumpa	31
6.3.2	Septik se zemním filtrem	32
6.3.3	Stabilizační nádrže	34
6.3.4	Čistírny na způsob zemního filtr	35
6.3.5	Vegetační (kořenové) čistírny	36
6.3.6	Domovní čistírny odpadních vod	37
6.3.7	Kontejnerové (balené) ČOV	40
7	Návrh řešení a dosažené výsledky	43
7.1	Charakteristika stavby - lokalizace	43
7.2	Technický popis stávající ČOV	43
7.3	Celková koncepce technického řešení	45
7.4	Parametry ČOV a vyčištěné vody	45
7.5	Popis ČOV	46
7.5.1	Všeobecné údaje	46
7.5.2	Mechanické předčištění - vyrovnávací jímka	47
7.5.3	Biologické čištění - Biologický reaktor	47
7.5.4	Kalová jímka	49
7.6	Elektro-technická část	50

7.7	Obsluha ČOV.....	50
7.8	Předpokládaný harmonogram postupu prací	51
7.9	Porovnání stávající a nové dosazovací nádrže na zatížení	52
7.10	Energetická náročnost strojní technologie.....	59
7.11	Odběr vzorků,postupy a vyhodnocení	60
7.11.1	Odběr vzorků	61
7.12	Ekonomické zhodnocení.....	64
7.12.1	Investiční náklady	64
7.12.2	Provozní náklady	64
7.12.3	Stávající provozní náklady	65
7.12.4	Prostá doba návratnost investice.....	65
7.12.5	Diskontní doba návratnosti	66
7.12.6	Čistá současná hodnota (ČSH).....	67
8	Závěr	68
	Seznam použitých zdrojů.....	70
	Seznam obrázků	72
	Seznam tabulek	73
	Přehled zkratk.....	74

1 Úvod do problematiky

Voda je nezbytnou součástí života všech živých organismů, tedy i člověka. V dnešní době je voda využívána při většině lidských činností nejenom k uspokojení základních životních potřeb. Při využívání vody dochází k jejímu znečišťování. Znečišťování vody je jedním z největších problémů světa, protože části lidské populace omezuje přístup k pitné vodě. Znečištěním vodních toků a nádrží se zhoršuje jakost vodních ekosystémů a jejich okolí. Znečištění vody se dá definovat jako změna fyzikálních, biologických a chemických vlastností vody, která potom nevyhovuje k daným účelům. Použitá znečištěná voda, jejíž vlastnosti nevyhovují k původně danému účelu, a proto jí člověk dále nevyužívá, se dá také nazvat voda odpadní. Jedním z typů zdrojů znečištění přírodních vod jsou bodové zdroje (města, obce, průmyslové a zemědělské závody i čistírny odpadních vod). Bodové zdroje vypouštějí znečištěné látky (odpadní vodu) v konkrétním místě do vodního toku nebo do vodní nádrže, která může být jednoznačně lokalizována. Tato odpadní voda vypuštěná z bodových zdrojů způsobuje negativní vlivy. K nejvýznamnějším vlivům patří estetické a organoleptické závady, zanášení koryt řek, vyčerpání rozpuštěného kyslíku, epidemiologické závady, zvýšení solnosti, změna teploty a kontaminace vody toxickými nebo jinými škodlivými látkami. Druhým typem zdrojů znečištění jsou plošné zdroje. U těchto zdrojů přichází znečištění z různých ploch, které se vyskytují v okolí vodních toků a nádrží. Jsou to například kontaminované vody ze zemědělských půd, které jsou ošetřeny průmyslovými hnojivy.

Odpadní vody jsou odváděny kanalizací či stokou a zpracovány v čistírnách odpadních vod (ČOV). V současné době je velké množství variant zpracování odpadní vody. Při výběru vhodné varianty pro konkrétní lokalitu je vždy nutné zhodnotit ekonomické a technologické stránky. Cílem čištění odpadní vody je dosáhnout stavu, kdy vyčištěná voda svými vlastnostmi se podobá, je téměř srovnatelná, s kvalitou přírodní vody. Toto je z pohledu ekologa či ochránce životního prostředí. Další pohled je dosažení předpisů, vyhlášek a zákonů, které stanovují limity vyčištěné odpadní vody. Cíl z pohledu ochrany životního prostředí je pro ČOV převážně nedosažitelný. Naopak cíl z pohledu zákonů, vyhlášek a předpisů musí být splněn (např. modernizací nebo novou stavbou), tím se částečně splňují i cíle ochrany životního prostředí [1] [2].

2 Cíl práce a metodika

Hlavním cílem této diplomové práce je se seznámit s problematikou čištění odpadních vod a navrhnou inovaci technologické linky na zpracování určitých druhů odpadních vod, kterou budu aplikovat na konkrétní ČOV s technicko-ekonomickým posouzením.

3 Metodika práce

Při zpracování diplomové práce byla zvolena následující metodika:

- charakteristika problematiky čištění vybraných druhů odpadních vod, tj. studium literatury, a to jak tištěné, tak elektronické
- popis jednotlivých technologií a technologických zařízení využívaných při čištění odpadních vod z malých zdrojů znečištění
- charakteristika výchozích podmínek vybrané technologické linky
- návrh řešení ČOV v konkrétním podniku
- ekonomické posouzení návrhu
- celkové zhodnocení a závěr

4 Právní předpisy

V této kapitole jsou shrnuty zákony, nařízení a vyhlášky, ve znění pozdějších předpisů, které jsou ve vztahu k procesu čištění odpadních vod.

Státy od vstupu do Evropské Unie jsou povinni se řídit evropskou legislativou. Hlavním dokumentem z této problematiky je Směrnice 2000/60/ES evropského parlamentu a rady ze dne 23. října 2000, která stanovuje rámec pro činnost Společenství v oblasti vodní politiky. Zejména zdůrazňuje ochranu zdrojů pitné vody a snižování technických nákladů na úpravu vody. Na tuto směrnici navazuje další směrnice, která souvisí s odpadními vodami. Je to 91/271/EEC Směrnice o čištění městských odpadních vod, která se týká odvádění, čištění a vypouštění městských odpadních vod a vypouštění odpadních vod z určitých průmyslových odvětví. Cílem této směrnice je ochrana životního prostředí před nepříznivými účinky odpadních vod, které jsou zde podrobně popsány a nakládání s nimi (čištění, odvádění, vypouštění aj.)

4.1 Česká legislativa

Česká legislativa navazuje na tu evropskou. V tabulce 1 jsou shrnuty nejdůležitější související zákony s touto problematikou.

Tabulka 1 Přehled nejdůležitějších zákonů této problematiky

Předpis	Název
Zákon č. 254/2001 Sb.	Zákon o vodách a změně některých zákonů (vodní zákon)
Zákon č. 274/2001 Sb.	Zákon o vodovodech a kanalizacích pro veřejnou potřebu o změně některých zákonů (zákon o vodovodech a kanalizacích)
Zákon č. 185/2001 Sb.	Zákon o odpadech a o změně některých dalších zákonů
Zákon č. 183/2006 Sb.	Zákon o územním plánování a stavebním řádu (stavební zákon)

4.1.1 Vodní zákon

Stěžejním dokumentem veškeré české legislativy v oblasti vodního hospodářství je ZÁKON 254/2001 Sb. o vodách a změně některých zákonů (vodní zákon), který je pod Ministerstvem životního prostředí. Zákon pojednává o ochraně povrchové a podzemní vody, stanovuje podmínky pro využívání vodních zdrojů a zlepšení jakosti vod. Dále jsou zde popsány sankce, poplatky při nedodržování zákona. Dále vodní zákon řeší vypouštění odpadních vod, stavbu vodních děl, ochranu před povodněmi aj [11].

4.1.2 Zákon o vodovodech a kanalizacích

Tento zákon upravuje nakládání s odpadními vodami vedené do vodovodů a kanalizací, které slouží veřejné potřebě. Dále řeší vztahy vzniklé při výstavbě, provozu a rozvoji veřejných sítí. Jsou zde popsány práva a povinnosti vlastníků, producentů i provozovatelů včetně poplatkových sazeb za porušení nebo překročení svých pravomocí a nedodržování svých povinností[12].

4.1.3 Zákon o odpadech

"Tento zákon zpracovává příslušné předpisy Evropské unie a upravuje

- pravidla pro předcházení vzniku odpadů a pro nakládání s nimi při dodržování ochrany životního prostředí, ochrany lidského zdraví a trvale udržitelného rozvoje a při omezování nepříznivých dopadů využívání přírodních zdrojů a zlepšování účinnosti tohoto využívání,
- práva a povinnosti osob v odpadovém hospodářství a
- působnost orgánů veřejné správy v odpadovém hospodářství"[13].

4.1.4 Stavební zákon

Dle tohoto zákona se příslušný orgán řídí při projednávání ve věcech územního plánování, povolování staveb či jejich změnám, terénních úprav, odstraňování staveb i v projektové činnosti. Tento zákon stanovuje podmínky pro přípravu veřejné infrastruktury, obecné požadavky na výstavbu a chrání životní prostředí před postupy s nepříznivými vlivy na něj. V oblasti povolování vodních děl je jako příslušný orgán stanoven vodoprávní úřad, který využívá ke své činnosti především vodní zákon a tento ve znění pozdějších předpisů [14].

Dále nesmíme opomenout nejdůležitější související vyhlášky a nařízení a to jsou:

- Vyhláška č. 20/2002 Sb. o způsobu a četnosti měření množství a jakosti vody
- Vyhláška 432/2001 Sb. Ministerstva zemědělství o dokladech žádosti o rozhodnutí nebo vyjádření a o náležitostech povolení, souhlasů a vyjádření vodoprávního úřadu
- Vyhláška 123/2012 Sb. o poplatcích za vypouštění odpadních vod do vod povrchových
- Vyhláška 381/2001 Sb. Ministerstva životního prostředí, kterou se stanoví Katalog odpadů, Seznam nebezpečných odpadů a seznamy odpadů a států pro účely vývozu, dovozu a tranzitu odpadů a postup při udělování souhlasu k vývozu, dovozu a tranzitu odpadů (Katalog odpadů)
- Vyhláška č. 216/2011 Sb., o náležitostech manipulačních řádů a provozních řádů vodních děl
- Vyhláška č. 590/2002 Sb. o technických požadavcích pro vodní díla
- Vyhláška č. 142/2005 Sb. o plánování v oblasti vod
- Nařízení vlády č. 401/2015 Sb., o ukazatelích a hodnotách přípustného znečištění povrchových vod a odpadních vod, náležitostech povolení k vypouštění odpadních vod do vod povrchových a do kanalizací a o citlivých oblastech
- Nařízení 416/2010 Sb. vlády o ukazatelích a hodnotách přípustného znečištění odpadních vod a náležitostech povolení k vypouštění odpadních vod do vod podzemních

4.1.5 Nařízení vlády o ukazatelích a hodnotách přípustného znečištění odpadních vod

"Toto nařízení v souladu s právem Evropské unie stanovuje ukazatele vyjadřující stav vody ve vodním toku, ukazatele a hodnoty přípustného znečištění povrchových vod, ukazatele a hodnoty přípustného znečištění odpadních vod, ukazatele a hodnoty přípustného znečištění odpadních vod pro citlivé oblasti a pro vypouštění odpadních vod do povrchových vod ovlivňujících kvalitu vody v citlivých oblastech, ukazatele a hodnoty přípustného znečištění pro zdroje povrchových vod, které jsou využívány nebo u kterých se předpokládá jejich využití jako zdroje pitné vody, ukazatele a hodnoty přípustného znečištění povrchových vod, které jsou vhodné pro život a reprodukci původních

druhů ryb a dalších vodních živočichů, ukazatele a hodnoty přípustného znečištění povrchových vod, které jsou využívány ke koupání osob, náležitosti a podmínky povolení k vypouštění odpadních vod do vod povrchových a kanalizace, seznam prioritních látek a prioritních nebezpečných látek a vymezuje citlivé oblasti"[15].

Dle přílohy č.1 Emisní standardy, je nezbytné sledovat koncentrace ukazatelů znečištění při vypouštění odpadní vody . U ČOV do 500 EO jsou to CHSKcr, BSK5 a NL (tabulka 2).

Tabulka 2 Emisní standardy ukazatelů přípustného znečištění odpadních vod

Kategorie ČOV dle EO	CHSKcr [mg/l]		BSK5 [mg/l]		NL [mg/l]		N-NH4 [mg/l]	
	p	m	p	m	p	m	průměr	m
do 500	150	220	40	80	50	80	-	-
500-2000	125	180	30	60	40	70	20	40

Zdroj: [15]

Vysvětlivky:

„p“ – přípustné koncentrace, které mohou být překročeny v povolené míře.

– vzorky se musejí odebírat minimálně čtyřikrát za rok. Tyto odběry musí být rovnoměrně rozděleny v průběhu roku. Neměli by být prováděny za neobvyklých situací, při přívalových deštích a povodních. Z těchto vzorků však může přípustné koncentrace „p“ překročit pouze jeden vzorek.

– jedná se o dvouhodinový směsný vzorek získaný sléváním osmi dílčích vzorků stejného objemu v intervalu 15 minut.

„m“ – maximální koncentrace, které jsou nepřekročitelné [15].

5 Odpadní vody a jejich složení

Odpadní vody můžeme definovat podle ustanovení § 38 odstavec 1 zákona č. 254/2001 Sb., o vodách a o změně některých zákonů (vodní zákon), které zní:

"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"[11].

5.1 Druhy odpadních vod

Odpadní vody lze rozdělit z různých kritérií na několik druhů. Většinou se dělí podle svého původu znečištění na splaškové, průmyslové, srážkové a balastní.

5.1.1 Splaškové vody

Vody splaškové jsou odpadní vody z domácností, sociálních zařízeních, kuchyní, umýváren, restaurací, kulturních zařízeních, ze škol, jídelen, hotelů, nemocnic atd. Splaškové vody jsou znečištěny organickými i anorganickými látkami a také řadou mikroorganismů. Část odpadní vody pochází z nemocnic, léčeben, sanatorií a proto je zde veliké riziko infekčnosti [1] [2] [8].

5.1.2 Průmyslové vody

Průmyslové vody jsou vody odpadní z průmyslových závodů a provozoven, které byly použity v technologickém procesu při výrobě, při chlazení a dále jsou zde zahrnovány odpadní vody ze zemědělské výroby. Průmyslové odpadní vody lze rozdělit na biologicky dobře rozložitelná a hůře rozložitelná znečištění. Podle míry znečištění a obsahu odpadních látek může být biologicky dobře rozložitelné organické znečištění vypouštěno přímo do veřejné kanalizace a zpracováno podle stejných principů jako vody splaškové (z potravinářského a podobného odvětví), nebo musí být před vypouštěním

předčištěno. Hůře rozložitelné znečištění má jiný charakter od vod splaškových a je snaha, aby tato odpadní voda byla čištěna přímo v podnikových čistírnách, které jsou na toto znečištění uzpůsobeny[1] [2] [8].

5.1.3 Srážkové vody

Srážkové(dešťové) vody jsou veškeré typy atmosférických srážek, které jsou odváděny do kanalizačního systému. Tento druh odpadní vody má většinou malé znečištění, které se vytvoří při splachování různých nánosů z ulic, střech, veřejných prostranství, městských a venkovských staveb, chodnicích, parkovišť i sněh. Tento druh odpadní vody napomáhá k naředění a tím snižují kontaminaci odpadní vody[1] [2].

5.1.4 Balastní vody

Jedná se většinou o odpadní vodu neúmyslně svedenou do stokové sítě. Jde především o podzemní vody, které pronikají do stokových sítí při netěsnostech, při výstavbě nebo při haváriích vodovodů či hydrantů. Dále sem patří přítok infiltrujících vod(pramenů). Balastní vody stejně jako srážkové vody jsou poměrně málo znečištěné a proto také napomáhají k snižování kontaminace městských i průmyslových vod. Jejich množství nemůžeme nikdy s jistotou přesně stanovit. Odhadované množství balastních odpadních vod je kolem 13%[1] [2].

5.1.5 Zemědělské vody

"Odpadní vody zemědělské jsou druhem vod průmyslových, pocházejí ze zemědělské výroby." [2]

5.1.6 Městské vody

Městské odpadní vody se skládají ze směsí splaškových, průmyslových, srážkových i balastních vod. Vzájemný poměr těchto složek je vždy jiný, a proto jsou tyto odpadní vod jiné v každém městě či obci. Ve velkých městech je největší podíl odpadní vod splaškových, u malých měst závisí poměr na podílu průmyslu. Tyto odpadní vody jsou vedeny do kanalizací na ČOV [1] [2].

5.2 Znečištění odpadních vod

Odpadní vody bývají znečištěny velkou škálou látek s různými vlastnostmi. V tabulce 3 se uvádí všeobecné rozdělení znečišťujících látek v odpadních vodách podle charakteru.

Tabulka 3 Charakteristika znečišťujících látek v odpadních vodách

rozpuštěné	organické	biologicky rozložitelné		cukry, mastné kyseliny
		biologicky nerozložitelné		barviva
	anorganické			těžké kovy, sulfidy
nerozpuštěné	organické	biologicky rozložitelné		škrob, bakterie, listí
		biologicky nerozložitelné		plasty, papír
		usaditelné		celulosová vlákna
		neusaditelné	koloidní	bakterie
	plovoucí		papír	
	anorganické	usaditelné		písek, hlína
		neusaditelné		brusný prach

Zdroj: Pošta, Čistírny odpadních vod 2005

Každá skupina znečištění má jiný charakter a proto se volí dle tohoto kritéria různé procesy a zařízení do technologické linky ke zpracování odpadní vody. Další kritéria, které se musí splňovat, jsou:

- Proces musí být účinný
- Proces by měl být ekonomicky přijatelný
- Proces by neměl být příliš náročný na spotřebu energie
- Při procesu by se neměly vnášet do čištěné odpadní vody další znečišťující látky

Procesy dle způsobu čištění využívané v ČOV lze rozdělit do tří základních skupin na mechanické, biologické a chemické a fyzikálně chemické [1] [2].

5.3 Ukazatele znečištění odpadních vod

Ukazatelů znečištění je velké množství a proto se volí takové, které jsou vhodné pro daný účel, a proto se využívané ukazatele liší (např. pro pitnou vodu, komunální odpadní vody). Ukazatele lze rozdělit do různých skupin:

- Fyzikální ukazatele - teplota, barva, zákal, průhlednost, vodivost, REDOX
- Chemické ukazatele - pH, chemické složení, tvrdost vody
- Radiologické ukazatele - celková aktivita alfa, beta, aktivita Rn
- Mikrobiologické ukazatele - koliformní a fekální koliformní bakterie, enterokoky, mezofilní a psychofilní bakterie
- Biologické ukazatele - Saprobní index, trofická úroveň
- Ekologické ukazatele - podmínky pro život ryb, neporušená samočisticí schopnost
- Skupinové ukazatele - BSK₅, CHSK, C_{org}, NL, RL, VL, Formy N, P, Cl, S, Fe, Mn, Ca, Mg, Toxické kovy

Odpadní vody se obvykle skládají z velkého množství různých druhů organických látek- směsí. Zjišťování množství a kvality jednotlivých látek (sloučenin) je velmi nákladné, pracné a časově náročné. Proto se obvykle u organických látek využívají skupinové ukazatele. U komunálních odpadních vod k důležitým ukazatelům a nejčastěji využívaným patří BSK₅ a CHSK [1] [2] [3] [7].

5.3.1 Chemická spotřeba kyslíku CHSK

Chemická spotřeba kyslíku vyjadřuje množství spotřebovaného kyslíku při chemické oxidaci veškerých organických látek ve vodě. Množství spotřebovaného kyslíku se udává v mg.l⁻¹ (množství O₂ v mg na jeden litr testované odpadní vody).

Analyzování obvykle probíhá tak, že se do vzorku vody přidá naměřené množství oxidačního činidla (K₂Cr₂O₇ nebo KMnO₄) a poté je stanovena koncentrace reakce všech produktů nebo se naměří zbytkový obsah oxidačního činidla. Z daných hodnot se stanoví CHSK. U většiny odpadních vod se využívá jako oxidační činidlo K₂Cr₂O₇, ale při analýze pitné vody se využívá KMnO₄. Výsledky u obou oxidačních činidel jsou rozdílné, proto se uvádí CHSK_{cr} nebo CHSK_{mn}[1] [2] [3] [8].

5.3.2 Biochemická spotřeba kyslíku BSK

Biochemická spotřeba kyslíku vyjadřuje spotřebované množství kyslíku při biochemické oxidaci organických látek. Některé mikroorganismy mají schopnost rozkládat organické látky ve vodě za aerobních podmínek. Množství spotřebovaného kyslíku se udává mg/l.

Analyzování obvykle probíhá tak, že se do vzorku přidá čistá voda nasycená kyslíkem. Dále je voda skladována za konstantní teploty (20°C) ve tmě po dobu např. pěti dnů. Měření koncentrace se měří před a po zahájení testu. Z daných hodnot se stanoví BSK. Hodnoty BSK dobře prokazují nepříznivé účinky znečišťujících látek v testované vodě, ale neurčí nám konkrétní složení odpadní vody. V některých případech se pro přesnější určení udává i délka zkoušky. Lze tedy se setkat např. BSK₅.

Dalším důležitým parametrem pro stanovení celkového znečištění odpadní vody v určité lokalitě je počet připojených obyvatel. Tato hodnota je poměrně přesná, ale může se lišit v různých aspektech (vybavenost bytů, hygienické návyky aj.). K popisu celkové míry znečištění vycházíme z normalizované hodnoty znečištění od jednoho obyvatele, které se označuje jako počet ekvivalentních obyvatel (EO).

Normované hodnoty pro střední Evropu:

- * 1/den EO je znečištění 60g BSK₅ pro veškeré organické látky
- * 1/den EO je znečištění 55g VNL pro veškeré nerozpuštěné látky
- * 1/den EO je znečištění 125g VRL pro veškeré rozpuštěné látky
- * 1/den EO je znečištění 180g VL pro veškeré (rozpuštěné + nerozpuštěné) látky

Veškeré znečištění, které je vyprodukováno z jiných zdrojů než od obyvatel, se stejně přepočítává na hodnotu Ekvivalentního obyvatele EO (restaurace, průmyslové podniky, chov v živočišné výrobě aj.). EO je ukazatel veškerého znečištění odpadní vody a podle počtu EO se vyjadřuje velikost čistírny [1] [2] [3] [8].

5.3.3 Nerozpuštěné látky NL

Při výběru vhodné technologie ČOV je důležité znát alespoň přibližnou koncentraci NL. Tyto látky lze ve většině případů odstranit mechanickým stupněm čištění tedy filtrací nebo sedimentací. Podle vlastností se NL rozdělují na usaditelné či neusaditelné a podle původu na organické a anorganické. Ve splaškových vodách se NL objevují nejvíce ve formě bílkovin a lipidů v lidských fekáliích [3].

6 Technologie čištění

Technologie čištění odpadních vod jsou založeny na procesu samočištění, které probíhá samovolně v přírodních tocích a nádržích. V přírodě se nerozpuštěné látky zachytávají na různých překážkách a organické látky se dále tam biologicky rozkládají. Ostatní nerozpuštěné anorganické látky se pouze usazují společně se zbytky nerozpuštěných organických látek na dně vodních toků či nádrží. Těmto látkám se říká sedimenty.

Rozpuštěné organické látky se samovolně biochemicky rozkládají v přírodních vodách aerobně (za přístupu kyslíku) i anaerobně (bez kyslíku). Velký význam pro odstraňování rozpuštěných organických látek jsou mikroorganismy, pro které tyto látky jsou zdrojem potravy.

Lze tedy říci, že postupy používané v technologii čištění odpadních vod vycházejí z probíhajících procesů v přírodních tocích. Procesy na technologických linkách jsou realizovány tak aby zde nastaly optimální podmínky pro urychlení a zvýšení účinnosti čištění.[1] [2] [3] [16]

6.1 Technologie čištění z malých zdrojů znečištění

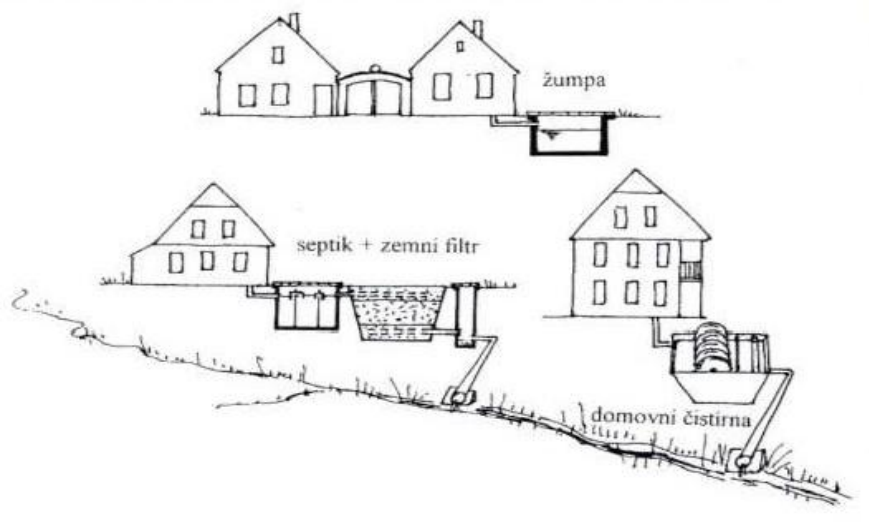
Při návrhu způsobu čištění odpadní vody v konkrétní lokalitě se musí vycházet z mnoho faktorů, které ovlivňují výběr vhodné technologie čištění. Mezi hlavní faktory patří počet připojených obyvatel (EO), způsob odkanalizování, množství a složení odpadní vody. Podle počtu obyvatel lze malé ČOV do 2000 EO rozdělit do tří kategorií:

- Kategorie ČOV pro 5 až 50 EO
- Kategorie ČOV pro 50-500 EO
- Kategorie ČOV pro 500-2000 EO

"Podle způsobu odkanalizování malých obcí přichází v úvahu tři řešení - a to individuální, decentralizované nebo centralizované čištění odpadních vod [3][7] [16].

Individuální nakládání s odpadními vodami představuje výstavba domovních čistíren. Decentralizované řešení (obr.1) představuje sdružení několika objektů do sku-

Obrázek č. 1 Decentralizovaný systém

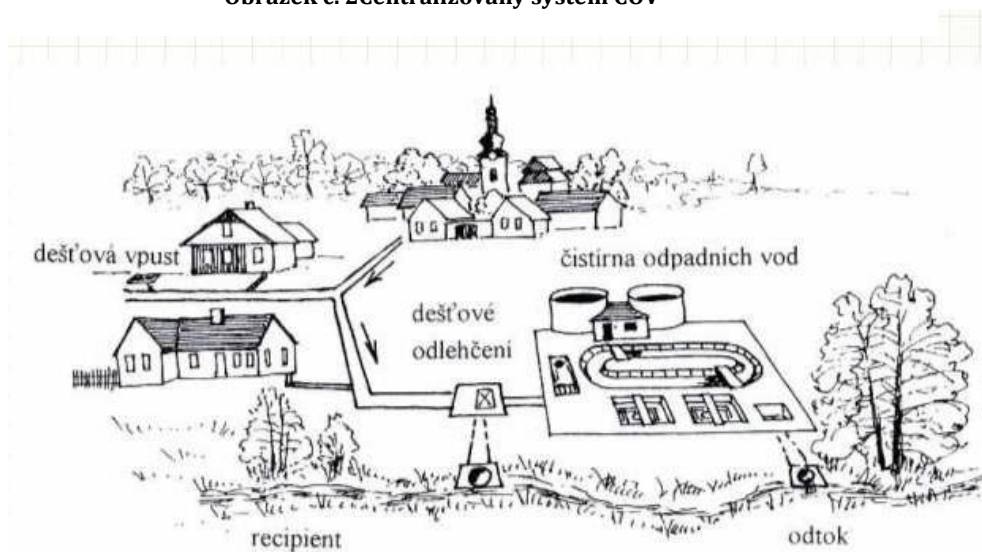


Zdroj: http://kzei.fsv.cvut.cz/pdf/COV_pr_1.pdf

pinové kanalizační sítě s více menšími čistírnami.

Centralizované řešení (obr.2) je obdobou klasické koncepce obvykle používané u větších obytných celků s jednou centrální čistírnou. Dlouho převládalo obecné mínění, že řešení kanalizace menších obcí musí sledovat tradiční příklad větších obytných aglomerací s centralizovanou gravitační kanalizační sítí s ústřední čistírnou nebo dokonce sdružování více sousedních obcí do jednoho kanalizačního systému s jednou čistírnou." [4]

Obrázek č. 2 Centralizovaný systém ČOV



Zdroj: http://kzei.fsv.cvut.cz/pdf/COV_pr_1.pdf

Dále lze rozdělit ČOV na dva způsoby čištění odpadních vod:

- Intenzivní postupy zpracování
- Extenzivní postupy zpracování

6.1.1 Intenzivní postupy zpracování odpadní vody

Intenzivní způsoby zpracování vyžadují trvalou dodávku elektrické energie. Do této skupiny se zařazují mechanicko-biologické čistírny odpadních vod. Technická linka u malých mechanicko-biologických čistíren není příliš odlišná od větších. Liší se zpravidla vynecháním primární sedimentace a anaerobní stabilizací kalu. Je to především díky ekonomické stránce. Dalším důvod je, že při použití aerobní stabilizace kalu lze dosáhnout minimalizaci zápachu.

Výhody mechanicko-biologických ČOV jsou zejména stabilní výkon, dobrá ovladatelnost a intenzita procesů a poměrně malé nároky na plochu. Nevýhodami jsou poměrně vyšší investiční a provozní náklady oproti extenzivním způsobům čištění. Dále se zde vyžaduje soustavná obsluha a kontrola procesů [1][2].

6.1.2 Extenzivní postupy zpracování odpadní vody

Extenzivní postupy čištění odpadních vod nevyžadují trvalou dodávku elektrické energie. Tyto postupy jsou založeny na procesu samočištění, které probíhá v půdním, vodním a mokřadním prostředí. K čištění odpadních vod se využívají chemické, mechanické i biologické procesy. Extenzivní postupy lze využívat k čištění a dočištění odpadních vod z malých zdrojů, ale v tom případě se musí využít mechanicko-biologické předčištění.

Výhodami u těchto postupů jsou zejména jednodušší obsluha s delšími intervaly pro průběžnou obsluhu a kontrolu, nevyžadují trvalé napojení na elektrickou energii a menší provozní náklady. Nevýhodami jsou především horší ovladatelnost, nevyvážený výkon, větší nároky na plochu a ve většině případů vyvážení kalů a odbahňování [1][2].

Základní rozdělení Extenzivních postupů:

- Decentralizované postupy:
 - Žumpa
 - Septik
 - Domovní ČOV
 - Kontejnerové (balené) ČOV
- Centralizované:
 - Stabilizační nádrž
 - Vegetační (kořenová) čistírna
 - Čistírna na principu zemního filtru

6.2 Mechanicko-biologické čištění u malých ČOV

Odpadní vody jsou znečištěny velkým počtem různých látek s odlišnými vlastnostmi. Nelze zvolit jeden ekonomicky přijatelný proces, který by odstranil všechny druhy znečištění. Z tohoto důvodu se za sebe zařazují rozdílné procesy čištění. Mechanicko-biologická linka je nejpoužívanější způsob čištění odpadních vod v ČR. Proces čištění tvoří mechanické, biologické čištění a kalové hospodářství (dočišťování). U malých mechanicko-biologických ČOV se téměř vždy vynechává primární sedimentace a anaer-

robní stabilizace kalů. Je to především díky ekonomické stránce. Dalším důvod je, že při použití aerobní stabilizace kalu lze dosáhnou minimalizaci zápachu [7] [16] [17]

6.2.1 Mechanické čištění

První fáze čištění, která se nazývá mechanická, má za úkol odstranit hrubé nečistoty (nerozpuštěné látky a předměty), které by mohly vadit v dalších procesech čištění. K zachytávání těchto hrubých nečistot se využívají zařízení česle, lapáky písku, štěrku, tuků a olejů. U malých ČOV se obvykle nevyužívají lapáky štěrku, tuků a olejů.

Česle

Toto zařízení slouží jako první mechanický článek k odstranění hrubých nečistot z vody a také chrání části ČOV (např. čerpadla) před poškozením. Česle jsou obvykle vyráběny z ocelových tyčí jako mříž. Podle vzdálenosti tyčí od sebe se rozdělují na hrubé 40 - 100 mm (obr.3), střední 20 - 40 mm a jemné 5 - 20 mm (obr.4). U malých ČOV mohou být jemné česle nahrazeny jednoduchými síťovými česli. Česle jsou stírány ručně nebo strojně. Nečistoty zachycené na česlech jsou shrabky, které se ukládají do popelnic či kontejnerů na shrabky a později se odvázejí k zneškodnění. Česle se musí stírat obvykle 1x až 2x denně [3] [7] [8].

Obrázek č. 4 Jemné česle



Obrázek č. 3 Hrubé česle

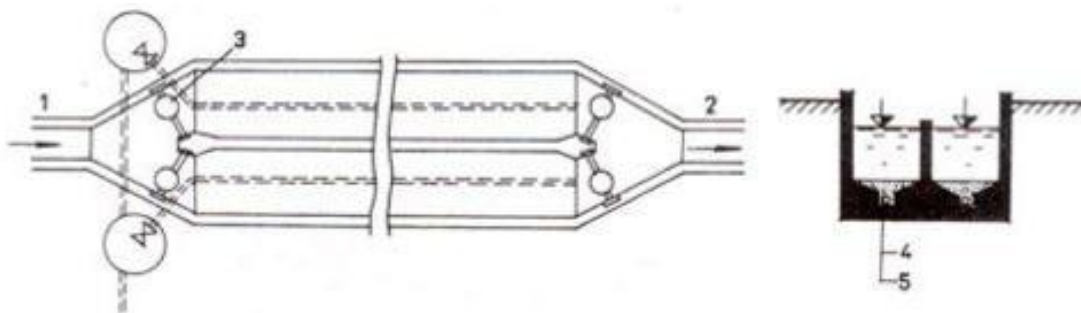


Zdroj: http://homen.vsb.cz/hgf/546/Materialy/Radka_2010/mc.html

Lapák písku

Lapáky písku (obr.5) jsou zařízení, která využívají gravitační sílu a rozdíl hustot k zachytávání těžkých částic písku a minerálních částic o velikosti 0,1 - 0,2 mm. Tyto částice vadí při biologickém procesu čištění a při stabilizaci kalů. Lapáky písku se využívají jenom v systémech kanalizací s přítomností srážkové vody, protože písek a jiné minerální látky se dostávají do stokové sítě s deštěm. Nečistoty z lapáků jsou vyklíženy ručně (1x až 2x týdně) nebo strojně.

Obrázek č. 5 Komerový lapák písku



1. přítok, 2. odtok, 3. stavidlo, 4. filtrační materiál, 5. drenáž

Zdroj: http://homen.vsb.cz/hgf/546/Materialy/Radka_2010/mc.html

Usazovací nádrž

Další část mechanického stupně čištění je usazovací nádrž. Zde se usazují nerozpuštěné organické látky do 0,2 mm. Na dně nádrže sedimentuje tzv. primární kal, který je odčerpáván a odváděn do nádrže s anaerobními podmínkami. Tyto zařízení se navrhují jako nádrže s kontinuálním průtokem odpadní vody [1] [2].

Podle průtoku a tvaru dělíme usazovací nádrže na:

- Pravoúhlé usazovací nádrže s horizontálním průtokem
- Kruhové usazovací nádrže s horizontálním průtokem
- Kruhové usazovací nádrže s vertikálním průtokem
- Pravoúhlé usazovací nádrže s vertikálním průtokem

U malých ČOV se usazovací nádrž nahradí pouze vyrovnávací nádrží. "Jedná se o jakýsi zásobník odpadní vody, kde se vyrovnává koncentrace odpadních látek tak, aby na

samotné čištění voda proudila vždy s podobnou koncentrací znečištění a ve stálém průtoku. Jinak by mohlo dojít k poškození biologického procesu v hlavní části čistírny." [6]

Štěrbínové nádrže (emšerské)

"Tento typ nádrže je speciálním typem podélně protékané usazovací nádrže. Požíval se dříve buď jako samostatná čistírna odpadních vod (pouze mechanická) nebo jako první stupeň venkovské čistírny odpadních vod s biofiltry, která je na obsluhu velmi jednoduchá a údržbu nenáročná. Princip je zhruba tento: ve dně podélně protékané usazovací nádrže je štěrbina, kterou kal propadá do objemného kalového prostoru, kde dochází nejen k zahuštění a akumulaci kalu, ale i k jeho vyhnívání a metanizaci.

Jsou to tedy nádrže, které mají nad sebou sedimentační a vyhnívací prostor. Jsou odděleny tzv. mezidnem, ve kterém je štěrbina. Mezidno je tvořeno šikmými stěnami (min. sklon stěn 1,4 : 1), aby se usaditelné látky posouvaly ke štěrbině a padaly do vyhnívacího prostoru. Štěrbina musí být zakrytá, jelikož bubliny plynu z vyhnívacího prostoru by pronikaly do sedimentačního prostoru a narušovaly by sedimentaci. Vyhníly kal se přetlakem vypouští na kalová pole." [7]

6.2.2 Biologické stupeň čištění

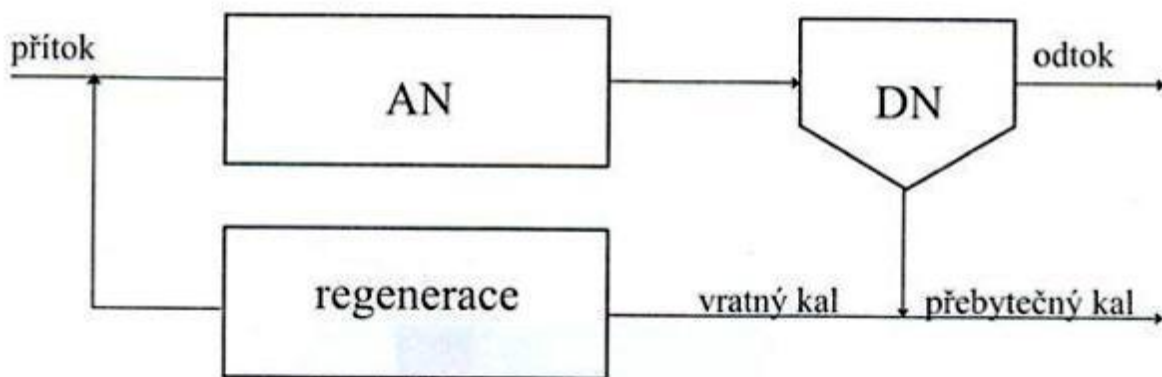
Druhou fází je biologické čištění, které má za úkol odstranit rozpuštěné znečišťující látky v odpadních vodách tak, že nejsou schopny sedimentace. Procesy probíhají v biologickém reaktoru (aktivační nádrž, na biologických filtrech a biodiskách) za pomoci působení mikroorganismů (především bakterií). Aktivačním činitelem v tomto procesu je biologická kultura mikroorganismů, která tyto látky rozkládá, přeměňuje a využívá jako zdroj energie za pomoci složitých biologických, biochemických procesů. Při biologickém čištění odpadních vod jsou hlavním mechanismem pro odstranění znečištěné vody oxidačně - redukční reakce. Lze je rozdělit kultivační podmínky podle redoxního potenciálu (mV):

- aerobní - jedná se o rozklad organických látek za přítomnosti kyslíku- vznik CO_2 , H_2O a probíhá důležitý proces nitrifikace
- anoxické - zde se rozkládají molekuly N^{+4} nebo N^{+3} (bez kyslíku) denitrifikace
- anaerobní -zde probíhá likvidace primárního a aktivního kalu [1] [2][7] [8] [16]

Aktivační proces

Aktivační proces (obr.6) je nejrozšířenější způsob biologického čištění. Principem tohoto způsobu je vytvoření aktivního kalu v provzdušněné nádrži. Aktivní kal je směs mikroorganismů (bakterií, plísní, hub, sinic aj.), která zabezpečuje biologické čištění odpadních vod v aktivační nádrži. Aktivační nádrž je uměle provzdušněná nádrž, kde probíhá základní proces biologického čištění. Odpadní voda po mechanickém stupni čištění přitéká do aktivační nádrže, kde se promíchává s recyklovaným aktivovaným kalem a je provzdušňována. O to se starají nejčastěji speciální čerpadla a dmychadla. Po dostatečné době styku s aktivním kalem je odpadní voda přečerpána do dosazovací nádrže. Kde se aktivovaný kal separuje od vyčištěné vody. Následně se část zahuštěného aktivovaného kalu vrací zpět na začátek procesu do aktivační nádrže. Protože během tohoto procesu kalu pořád přibývá tak část musí být odstraňována ve formě přebytečného aktivovaného kalu. Takto vyčištěná voda je již vypouštěna do vodního toku nebo ještě následuje dočištění [1][2][3][7][8][16].

Obrázek č. 6 Schéma aktivace s regenerací vratného kalu



Zdroj: http://homen.vsb.cz/hgf/546/Materialy/Radka_2010/mc.html

Biofiltry

Dalšími, ale méně využívanými biologickými procesy čištění, jsou systémy formou pevných nosičů biomasy biofiltry a biodisky.

"Biologické filtry (biofiltry) jsou nádrže vyplněné kusovým materiálem, který je zkrápěn mechanicky předčištěnou odpadní vodou. Po určité době zapracování se na náplni vytvoří slizovitý povlak mikroorganismů." [7]

Ke zkrápění se nejčastěji využívá zařízení tzv. Sergerovo kolo, které zajišťuje rovnoměrné zkrápění vody po celém povrchu vyplněného materiálu (štěrka, vápenec...). Odpadní voda stéká a prochází materiálem k biofiltru. U obvyklých konstrukcích je biofiltr provzdušňován přírodním vzduchem mezi větracími okénky. Toto zařízení se využívá u malých zdrojů znečištění s malou koncentrací. Při větší koncentraci odpadní vody se navrhuje umělá ventilace k dostatečnému provzdušnění a odvodu zápachu. Když odpadní voda projde náplní a roštem je odváděna do sběrné jímky, kde se vzniklou biomasou, je odváděna do dosazovací nádrže [7] [16].

Biodisky

"Jedná se o zařízení skládající se z kotoučů osazených v několika centimetrových vzdálenostech na pomalu se otáčející hřídeli. Kotouče jsou z plastických hmot. Při otáčecí zasahují přibližně jednou polovinou do odpadní vody. Na biologickém povlaku vytvořeném na povrchu kotoučů dochází ke stejným pochodům jako na náplni biologických filtrů.

Za biologickými diskami musí být vždy zařazena dosazovací nádrž, v níž se oddělí biologický povlak uvolněný z disků od vyčištěné vody. Biologické disky se používají k čištění odpadních vod z malých aglomerací, max. do 5 000 obyvatel." [7]

Obrázek č. 7 Biologické disky



Zdroj: http://homen.vsb.cz/hgf/546/Materialy/Radka_2010/mc.html

6.2.3 Dočištění

"Dočištění se používá tehdy, vyžadují-li okolnosti vyšší nároky na čistotu vody. Jedná se především o fyzikálně chemické procesy, například filtrace, odstranění dusíku a fosforu.

Nedílnou součástí čistíren je také takzvané kalové hospodářství, kde dochází ke zpracování vzniklé přebytečné biomasy, která může být vhodná například jako přírodní hnojivo." [6]

6.2.4 Kalové hospodářství

Nedílnou součástí čištění odpadních vod patří zpracovávání kalu. U malých ČOV zpracovávání kalu zahrnuje jeho zahuštění, stabilizaci, odvodnění a konečnou likvidaci.

Zahušťování kalu je zařazeno v technologii ČOV bezprostředně po jeho separaci. Zahušťování kalu se provádí gravitačně nebo strojně. Mezi gravitační způsoby patří prostá sedimentace a flotace kalu, u strojních způsobů zahušťování se využívají odstředivky - rotační, pásové, štěrbinové a šnekové. Principem zahušťování kalu je snížení objemového množství kalu tím, že se z něj odčerpá část volné vody. K tomu slouží strojní zařízení

obvykle čerpadla, která tuto vodu přečerpají do usazovací nádrže. Optimální obsah sušiny kalu po zahuštění se uvádí kolem 6 %, protože kal v této koncentraci je ještě v tekutém stavu a může se odčerpávat k dalšímu zpracování.

Vyprodukovaný kal se stabilizuje aerobním nebo anaerobním způsobem. U malých ČOV se upřednostňuje aerobní stabilizace kalu. Tato stabilizaci probíhá přímo jako součást čistícího procesu v aktivační nádrži nebo se probíhá v oddělené kalové nádrži. Pokud se aerobní stabilizace kalu provádí prvním způsobem tak se do technologické linky nezařazuje usazovací nádrž a doba zdržení se zvýší.

"Aerobní stabilizace kalu probíhá v aerobním podmínkách prostřednictvím mikroorganismů, které rozkládají biologicky rozložitelné organické látky obsažené v surovém kalu. Organická hmota je oxidována a na CO₂ a H₂O. Biomasa podílející se na aerobní stabilizaci je v podstatě shodná s biomasou aktivačního procesu." [8]

Dalším krokem je odvodnění kalu. Způsob odvodnění se volí dle velikosti ČOV. Musí se zvolit zařízení podle objemu vyprodukovaného kalu tak, aby způsob byl efektivní. Odvodnění kalu je zařazeno za jeho stabilizaci a slouží k dalšímu snížení obsahu vody a celkového objemu kalu. Odvodnění kalu se provádí, protože konečná likvidace kalu je obvykle poměrně finančně náročná, kvůli snížení nákladů na likvidaci kalu.

U malých ČOV do 500 EO se z důvodu malého množství vyprodukovaného kalu počítá pouze s jeho skladováním (bez odvodnění) v provzdušněné nádrži. V podstatě problematiku kalu lze vyřešit dvěma způsoby:

- vyvážet je ke zpracování na větší komunální ČOV.
- upravit a využívat k na zemědělské půdě - kompostování [1][2][3][8][6].

6.3 Charakteristika jednotlivých druhů ČOV

6.3.1 Žumpa

Žumpa (obr.8) neboli bezodtoková jímka je nádrž určená pro likvidaci splaškových odpadních vod či dalších odpadních vod se škodlivými látkami. Zde se odpadní voda pouze shromažďuje. Odpadní žumpy, jímky či nádrže jsou vyráběny z plastů, betonu či sklolaninátu. Tyto zařízení se využívá v oblastech, kde není možno se připojit na stokovou síť

s čistírnou odpadních vod. Žumpy jsou navrhovány do 50 EO a používají se u chat bez kanalizace, u rodinných domů, v zahrádkářských oblastech atd. Obsah nádrží se musí pravidelně odčerpávat a vyvážet ke zpracování na čistírny odpadních vod nebo lze ho využít jako hnojivo. Jímky lze využívat jako zásobník dešťové vody v zahrádkářských nebo chatařských oblastech. Odpadní jímky se vyrábějí v rozmezí cca 2-25 m³ a velikost zařízení se volí podle produkce odpadní vody v konkrétní lokalitě. Výhodami u těchto zařízení jsou nízká pořizovací cena, odolnost, víceúčelovost, okamžitá použitelnost, není potřeba provádět analýzu odpadní vody a u většiny případů není potřeba žádat o stavební povolení, protože na podzemní stavby do 300m³ zastavěné plochy a hloubky do 3m stačí ohlášení stavebního úřadu. Hlavní nevýhodou jsou poměrně vysoké provozní náklady, protože je nutné pravidelné vyvážení do centrální čistírky odpadních vod [1] [22] [23] [24].

Obrázek č. 8 Žumpa betonová



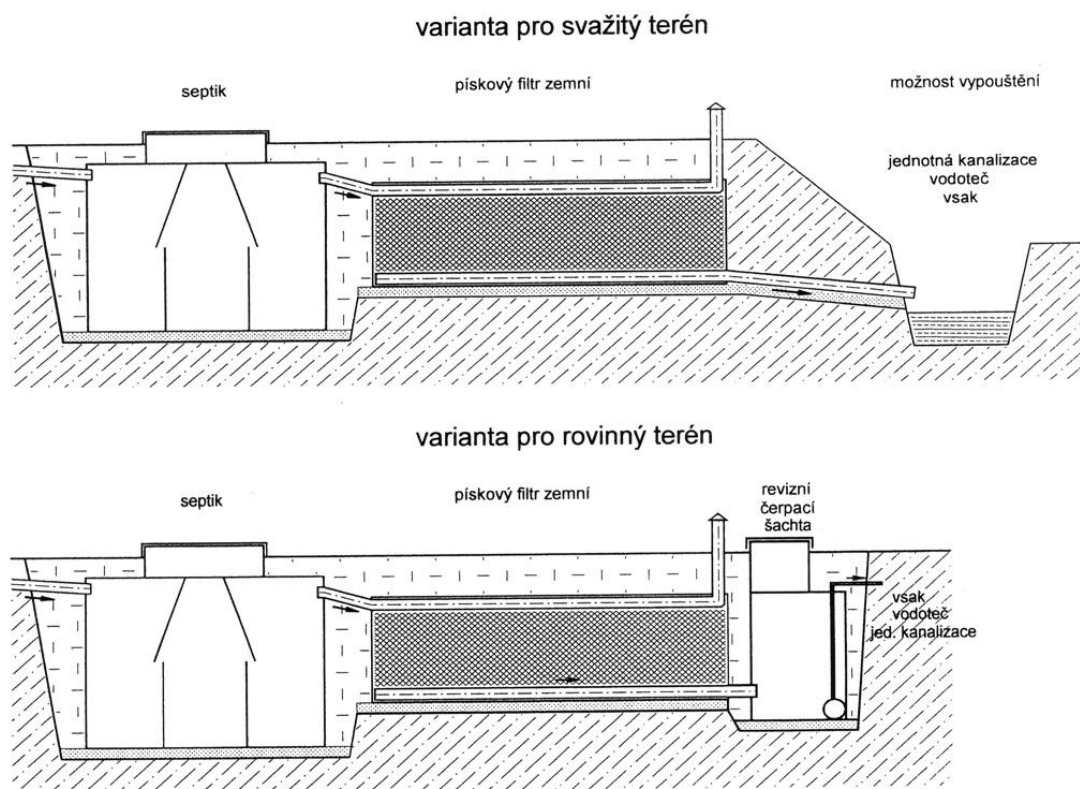
Zdroj: <http://www.db-jimky.cz/zumpy.html>

6.3.2 Septik se zemním filtrem

Septik (obr.9) neboli průtoková jímka je dokonalejší způsob likvidace odpadních vod z malých zdrojů (rodinných domů, rekreační chaty, oproti žumpám pouze neshromažďují odpadní vodu, ale zároveň i předčistíují. Septik je nádrž, v ideálním případě se 3 komorové usazovací jímky, které slouží k postupnému odkalování odpadní vody. Využívají se zde anaerobní biochemické procesy, které slouží k odstranění rozpuštěných or-

ganických látek. Předčištění odpadní vody není dostatečné. Takto vyčištěnou vodu nelze vypouštět do půdy. Z toho důvodu se za septik instaluje zemní filtr (např. pískový, štěrkový), který slouží jako mechanické dočišťovací zařízení. Potom takto zpracovanou vodu lze vypouštět zpět do povrchových vod (potoka, řek...) nebo do podzemních vod. Výhodami u septiků jsou minimální provozní náklady, protože nepotřebují elektrickou energii a není potřeba pravidelné vyvážení odpadní vody (stačí jednou do roka) na rozdíl od vývozu žump. Další výhodou je, že septiky nevyžadují pravidelný přítok odpadních vod na rozdíl většiny ČOV. Lze ho tedy využívat u sezónního bydlení (chat, zahrad...). Nevýhodami jsou větší zastavěná plocha a nutnost vyřízení stavebního povolení i povolení k vypouštění odpadních vod. Potom se musí pravidelně sledovat kvalita vypouštěné vody podle toho jak to stanoví vodoprávní úřad [1] [6] [7].

Obrázek č.8 Septik + zemní filtr

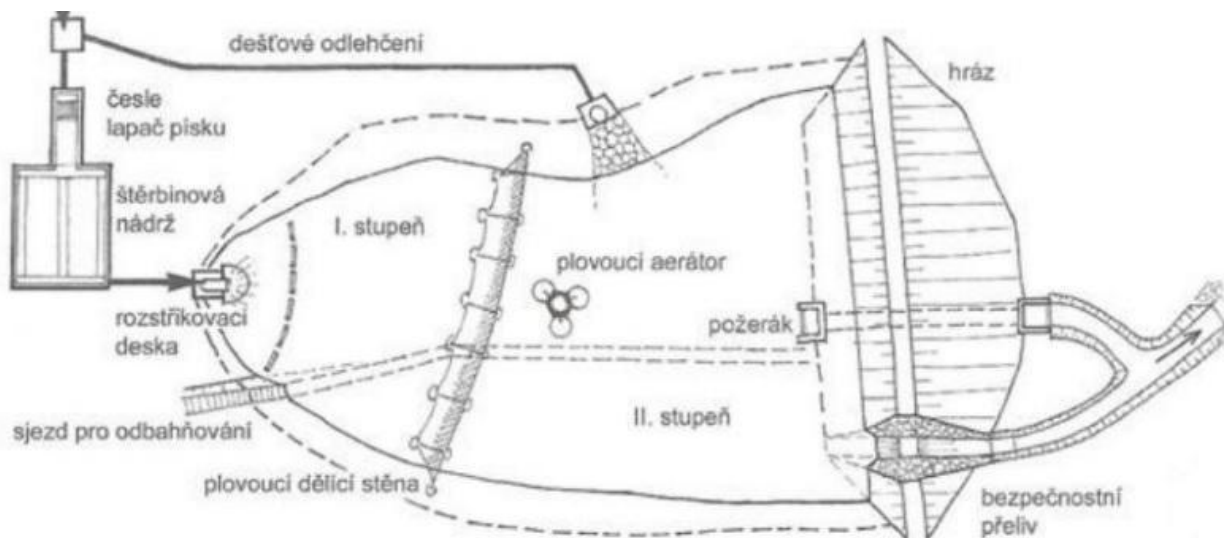


Zdroj: <http://sluzbyaremesla.eu/cs/vyroby/biofiltry-k-septikum>

6.3.3 Stabilizační nádrže

Stabilizační nádrže („biologické rybníky“) (obr. 9) jsou mělké zemní nádrže rybníčního typu, které slouží k biologickému čištění nebo dočišťování odpadních vod. Před stabilizační nádrže je nutné nainstalovat spolehlivé předčištění (septik, usazovací nádrž...), které chrání před rychlým zanášením nádrží. Biologické rybníky s velkým množstvím bahna a kalů mají slabý téměř nulový vliv na kvalitu vody. V některých případech i dokonce negativní. U stabilizačních nádrží se využívají aerobní a anaerobní způsoby čištění. V dnešní době se převažují nádrže s aerobním způsobem čištění. Tyto zařízení fungují podobným způsobem jako přírodní samočistící procesy ve vodních nádržích. V prvotní fázi čištění dochází k usazování nerozpuštěných látek, vázaný fosforu na pevné látky a pomocí bakterií dochází k odstranění organických látek z vody. Druhá fáze je již stupněm dočišťovacím. Intenzita procesů a usazování sedimentů je mírnější než v předešlé fázi. Proto jsou stabilizační nádrže navrhovány dvou a vícestupňové s postupným průtokem. Tyto nádrže jsou poměrně jednoduché zařízení, které jsou provozně, materiálově a energeticky nenáročné. Další výhodou je poměrně vysoká účinnost čištění včetně odstranění choroboplodných zárodků, fosforu i dusíku oproti ostatním zařízením v této kategorii. Dále potřebují minimální obsluhu a mají poměrně malé stavební a provozní náklady. K výstavbě stabilizačních nádrží lze využít stávající i bývalé rybníky nebo terénní prohlubně. Vhodné využití naleznou jako biologický stupeň čištění v malých obcích, restaurací, hotelů aj., ale využívají se také k dočišťování odpadních vod za mechanicko-biologickými čističkami. Na druhou stranu jsou zde velké nároky na plochu, možnost zápachu, nelze ovlivňovat čistící proces a musí se pravidelně odstraňovat řasy a sedimenty [1] [2] [16].

Obrázek č. 9 Objekty a vybavení čistírny odpadních vod se stabilizační nádrží

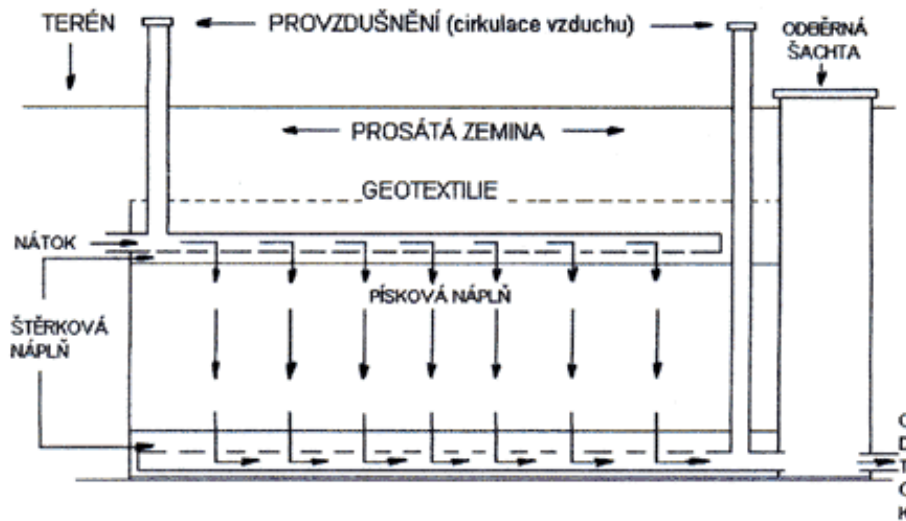


Zdroj: Pošta J. Čistírny odpadních vod 2005

6.3.4 Čistírny na způsob zemního filtru

Zemní filtr (obr. 10) je zařízení, které je obvykle instalováno pod povrchem půdy v izolované zemi jámě. Na povrchu filtrační náplně (písku, šterku...) zemního filtru žijí mikrobiální bakterie, které slouží k odstraňování nebo snižování koncentrace organických látek za přítomnosti O_2 . Jemné náplně filtru slouží jako mechanické zařízení k zachytávání nerozpuštěných látek a hrubší náplně se spíše využívají k biologickým a chemickým procesům. Toto zařízení slouží jako druhý stupeň k biologickému čištění odpadní vody po předčištění v septiku nebo jiných usazovacích nádržích. Také najde uplatnění za mechanicko-biologickými čistírnami jako dočišťovací zařízení. Častěji se však zemní filtry slouží jako hlavní zařízení k biologickému čištění v centralizovaných ČOV malých obcí. Ale v těchto případech je nezbytné spolehlivé mechanické předčištění (stabilizační, štrbinové nádrže). Výhodami zemních filtrů jsou malé nároky na obsluhu, nízké provozní náklady, jednoduchá konstrukce a také nevyžadují elektrickou energii. Díky tomu je vhodné využití v objektech s přerušovaným provozem, jako jsou rekreační objekty (chaty, chalupy, zahrádkářské kolonie...). Na druhou stranu jsou poměrně velké nároky na plochu a na spád, možnost ovlivňovat čištění a také vliv vnějších činitelů, kteří ovlivňují výsledky čištění [1] [2] [6] [7].

Obrázek č. 10 Popis zemního filtru ZF - EK



Zdroj: <http://www.ekocis.cz/zemni-filtry>

6.3.5 Vegetační (kořenové) čistírny

„Kořenová čistírna odpadních vod (KČOV) patří mezi přírodní čistírny, které využívají přirozené biochemické procesy, probíhající ve vodním a mokřadním prostředí, k odstraňování znečišťujících látek z vody. Jedná se tedy o umělý mokřad, což je komplex zvodnělého nebo mělce zaplaveného zemního lože, vegetace, živočichů a vody, který napodobuje přirozené mokřady. Kořenové čistírny tedy využívají samočistící pochody, které probíhají v porézním půdním prostředí pomocí mikroorganismů a za spoluúčasti rostlin.“[5]

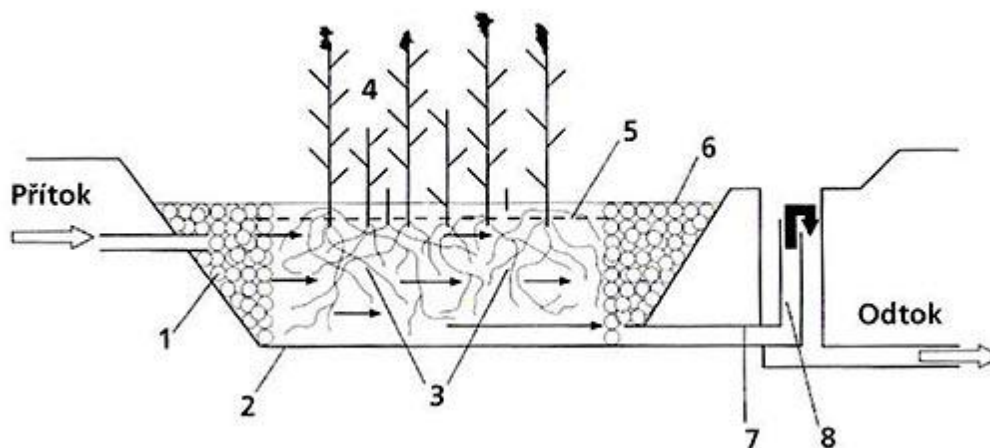
Vegetační čistírny (obr.11) jsou jedním ze způsobů, které se využívají u čištění odpadních vod malých obcí. Tyto zařízení jsou obvykle využívána jako základní stupeň biologického čištění a před vegetační čistírnu je nezbytné vždy zařadit mechanické předčištění. U malých zdrojů splní účel septik, u větších zdrojů se obvykle navrhuje úplné mechanické čištění (česle, lapák písku, štěrbínová nádrž). Při nedostatečném předčištění se neodstraní nerozpuštěné látky, které pak mají za následek ucpání filtračního lože.

Mechanicky předčištěná voda se přivádí do zemní jímky, která je vyplněná filtračním materiálem (filtrační lože). Filtrační lože je tvořeno nejčastěji pískem, štěrskem nebo drceným kamenivem. Zde dochází k zachytávání a k rozkládání nerozpuštěných

látek a k odstraňování organických látek s využíváním aerobních a anaerobních organismů [2] [6] [7] [16].

„Jako hlavní přednosti kořenových čistíren se uvádějí minimální spotřeba el. energie a nízké provozní náklady, možnosti nárazového přetížení, malé nároky na technologické zařízení, způsobilost čistit i velmi ředěné odpadní vody. K nevýhodám patří poměrně vysoké nároky na plochu, závislost čistícího účinku na klimatických podmínkách a především možnost ucpání filtračního systému.“[1]

Obrázek 11 Schéma kořenové čistírny odpadních vod



Zdroj: Švehla P. Odpadní vody 2004

1. rozvodná zóna vyplněná hrubým kamenivem, 2. nepropustná bariéra, 3. filtrační lože, 4. mokřadní vegetace, 5. hladina vody ve filtrační loži, 6. sběrná zóna vyplněná hrubým kamenivem, 7. sběrná drenáž, 8. odtoková šachta s nastavitelnou výškou hladiny

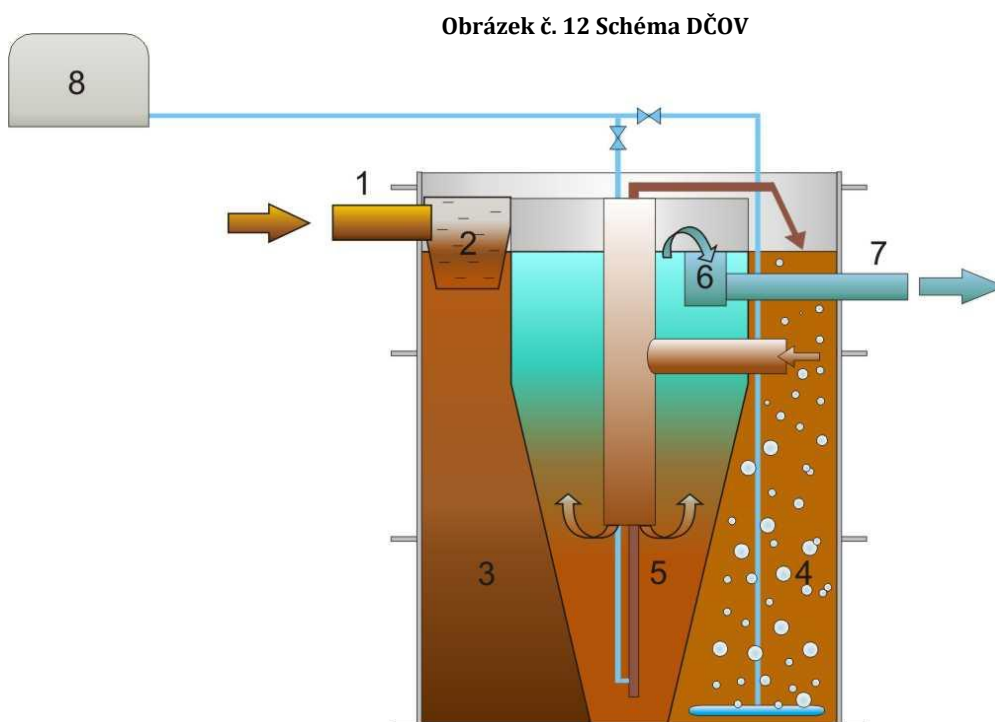
6.3.6 Domovní čistírny odpadních vod

Domovní ČOV slouží k likvidaci odpadních vod z malých zdrojů znečištění. Tyto zařízení se využívají k mechanicko-biologickému čištění splaškových vod z rodinných domů, rekreačních objektů, penzionů, hotelů, jídelen apod. Domovní ČOV se obvykle dodávají jako již hotová nádrž z plastů, nerezů nebo laminátu přímo od výrobce. U těchto zařízení probíhá obvykle čistící proces ve třech fázích. První fáze je mechanické předčištění. Zde se zbavujeme hrubých a jemných nečistot pomocí česel, lapačů aj. V druhé fázi dochází k biologickému čištění, které se dělí podle toho, zda organické látky jsou rozkládány za přítomnosti kyslíku (aerobně) nebo bez kyslíku (anaerobně). Také se někdy využívá kombinace obou způsobů.

Nádrže se vyrábějí válcového nebo hranatého tvaru podle velikosti ČOV. Lze DČOV rozdělit na tři technologické způsoby čištění s kontinuální, diskontinuální průtokem a systém TOPAS [7] [21] [22] [23] [24].

Kontinuální průtok

Vnitřek nádrže (obr.12) je rozdělen stěnami do několika samostatných zón obvykle na usazovací, aktivační a dosazovací zónu. Odpadní voda přitéká přes mechanické předčištění do usazovací nádrže, kde dochází usazení hrubých nečistot. Poté je odpadní voda zbavená hrubých nečistot vedena do aktivační nádrže, kde dochází k biologickému stupni čištění (aktivovaný kal se promíchává s odpadní vodou). Dále je směs kalu a odpadní vody odčerpána do dosazovací nádrže, kde dochází k separaci kalu a vody. Kal se usazuje na dno a vyčištěná voda přes nornou stěnu do odtoku. Aktivovaný kal je vrácen zpět do aktivační zóny, protože množství aktivovaného kalu v průběhu čistícího procesu narůstá je přebytečný kal odčerpáván pomocí fekálního vozu nebo přečerpáván do usazovací nádrže [6] [7] [21].



Zdroj: <http://www.ekomonitor.cz>

1. Přítok odpadních vod, 2. Separátor shrabků, 3. Sedimentační nádrž, 4. Aktivační nádrž,
5. Dosazovací nádrž, 6. Přelivný žlab, 7. Odtokové potrubí z čistírny odpadních vod,
8. Dmychadlo

Diskontinuální průtok

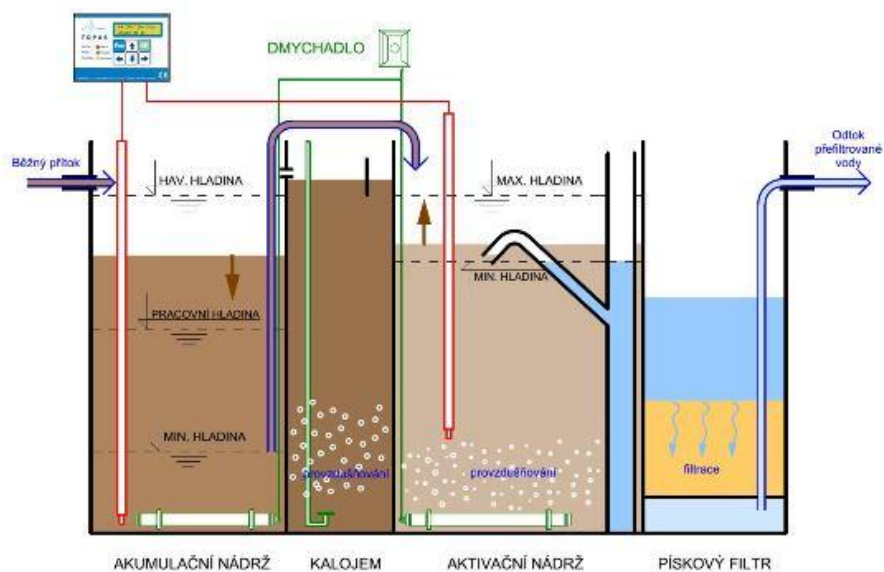
"Z vyrovnávací nádrže, kde voda získá potřebnou koncentraci znečištění, putuje takto upravená znečištěná voda do aktivační nádrže, kde probíhá stejný proces jako u předchozího typu. Po jeho proběhnutí se zastaví provzdušňování a vyčištěná voda se odčerpá a pustí se buď do vodoteče (potoka či řeky), do drenážního zálivkového systému, kanalizace. Po té se znovu napustí aktivační nádrž a proces se opakuje. Ve srovnání s předchozím systémem odpadá dosazovací nádrž." [6]

Systém TOPAS

"Hlavní rozdíl od ostatních aktivačních systémů je především v aktivační nádrži. Ta funguje jako primární sedimentace a vyrovnávací nádrž a zároveň se zde shromažďuje přebytečný kal. Díky výborné vyrovnávací funkci lze tento systém využít i k nemovitosti, kde předpokládáme nárazový přítok znečištěné vody. Z této nádrže je voda přečerpána do aktivační nádrže, na kterou pak navazuje kónická dosazovací nádrž. Usazený kal z této nádrže pak propadá zpět do aktivační nádrže. Nad tímto kalem pak zůstává již jen vyčištěná voda, která pak gravitačně odtéká. Toto nové technologické řešení si neklade v podstatě žádné nároky na obsluhu, čímž velice dobře splňuje požadavky většiny zákazníků." [6]

Obrázek č. 13 ČOV TOPAS v průtočné fázi

FÁZE PRŮTOČNÁ - Plnění aktivační nádrže



Zdroj: <http://topolwater.cz/domovni-cov-funkce.htm>

Výhody:

- minimální náklady na provoz
- vysoká účinnost
- jednoduchá konstrukce

6.3.7 Kontejnerové (balené) ČOV

Balené ČOV se využívají zejména u malých zdrojů znečištění do 500 EO jako satelitní městečka, hotely, penziony, zahrádkářské oblasti, malé obchodní firmy aj. Kontejnerové ČOV slouží k čištění komunálních splaškových vod ze sociálních zařízení, z bytových jednotek a biologicky rozložitelných průmyslových odpadních vod.

Balené ČOV se obvykle dodávají jako již hotová nádrž z polypropylenu popř. polyetylenu přímo od výrobce. Méně používané jsou nádrže z betonu či z ocelového plechu. Nádrže mají válcovitý nebo hranatý tvar. Za balené ČOV se obvykle považují větší čističky než DČOV. Vnitřek nádrže je rozdělen stěnami do několika samostatných zón obvykle na usazovací, aktivační a dosazovací zónu stejně jako u DČOV. Podle technologického řešení lze kontejnerové ČOV rozdělit na:

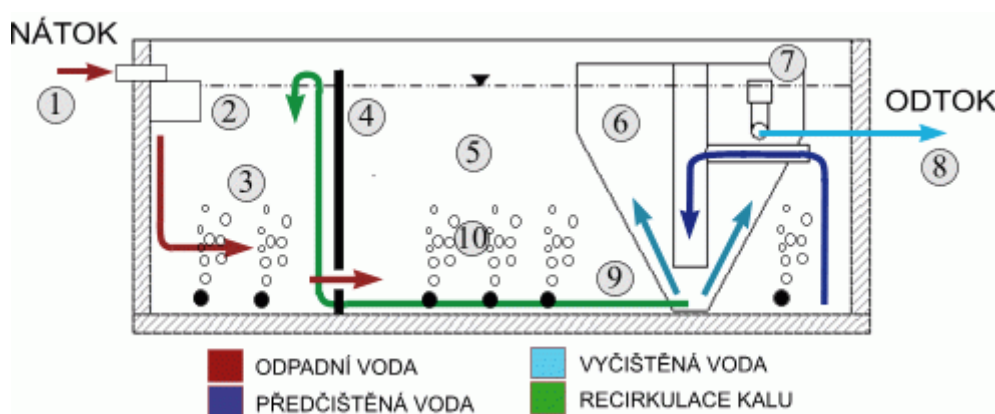
- Klasická průtočná aktivační ČOV
- ČOV se sekvenčními fázovými reaktory
- ČOV s membránovým bioreaktorem

Klasická průtočná aktivační ČOV

Tento typ čistíren pracuje na stejném principu jako DČOV a je vyráběn jako kompaktní kontejner ve většině případů vyráběn z polypropylenu. Kontejner (obr.14) je rozdělen přepážkami do několika samostatných zón obvykle na akumulární část (někdy zde probíhá denitrifikace) pro částečnou anaerobní stabilizaci kalu, celoplošně provzdušněnou aktivační část a dosazovací část. Odpadní voda přitéká přes mechanické předčištění do usazovací nádrže, kde dochází usazení hrubých nečistot. Poté je odpadní voda zbavená hrubých nečistot vedena do aktivační nádrže, kde dochází k biologickému stupni čištění (aktivovaný kal se promíchává s odpadní vodou) i nitrifikaci. Dále je směs kalu a odpadní vody odčerpána do dosazovací nádrže, kde dochází k separaci kalu a vody. Kal se usazuje na dno a vyčištěná voda přes normou

stěnu do odtoku. Aktivovaný kal je vracen zpět do aktivační části, protože množství aktivovaného kalu v průběhu čistícího procesu narůstá je přebytečný kal odčerpáván do kalové jímky [7] [21] [22] [23].

Obrázek č. 14 Schéma Balené ČOV



Zdroj:<http://www.sekerka.biznysweb.cz/cz/cistirny-odpadnich-vod/balene-cistirny-odpadnich-vod/>

1. nátok, 2. nátokovýkoš nebo česle, 3. denitrifikační prostor, 4. přepážka, 5. nitrifikační (aktivační) prostor, 6. dosazovací prostor, 7. odtokový žlab, 8. odtok, 9. recirkulace kalu, 10. provzdušňování

ČOV se sekvenčními fázovými reaktory

Tento typ čistíren pracuje na principu aktivace se sekvenčním fázovým reaktorem, kde proces separace probíhá také v aktivační nádrži. Dosazovací nádrž je z technologické linky vypuštěna. Jedná se o systém s diskontinuálním provozem, kdy celý proces biologického čištění probíhá v jedné nádrži. Jednotlivé fáze čistícího procesu plnění s provzdušněním, separace, odtok čisté vody a kalu na sebe bezprostředně navazují. Mechanicky předčištěná voda nejprve vtéká do usazovací (akumulační) části odkud je čerpán do aktivační nádrže, kde na sebe jednotlivé fáze cyklicky navazují. Vyčištěná voda je odčerpávána pryč z nádrže a kal je

přečerpán zpět do usazovací nádrže. Tento typ ČOV je vhodný pro objekty s nevyrovnanými průtoky [6] [7] [16].

ČOV s membránovým bioreaktorem

Tento typ ČOV se výrazně neliší od klasické průtočné aktivační ČOV. Pracuje v podstatě na stejném principu.

Čistírnu tvoří nádrž, která je rozdělena stěnami do několika samostatných zón obvykle na usazovací, aktivační a dosazovací zónu. Odpadní voda přitéká přes mechanické předčištění do usazovací nádrže, kde dochází usazení hrubých nečistot. Poté je odpadní voda zbavená hrubých nečistot vedena do aktivační nádrže s membránovým modulem, kde dochází k biologickému stupni čištění (aktivovaný kal se promíchává s odpadní vodou). Potom tato aktivovaná směs je filtrována přes membránový filtr, kde dochází k separaci aktivovaného kalu a vyčištěné vody. Aktivovaný kal je vrácen zpět do aktivační zóny, protože množství aktivovaného kalu v průběhu čistícího procesu narůstá je přebytečný kal odčerpáván pomocí fekálního vozu nebo přečerpáván do usazovací nádrže [21].

7 Návrh řešení a dosažené výsledky

V této kapitole je podrobně popsán návrh rekonstrukce ČOV pro obchodní centrum Metro Nitra. V navrhovaném řešení se jedná pouze o výměnu stávající technologie ČOV za technologii novou, při využití spodní stavby stávající ČOV. Návrh technického řešení vychází z požadovaných limitů, které je nutno zabezpečit pro vypouštění těchto odpadních vod do recipientu. Návrh předpokládá využití všech stávajících nádrží bez stavebních zásahů. Stávající nevyhovující technologie bude kompletně demontována. Veškeré práce při výměně budou probíhat v rámci stávajících objektů. Jedná se pouze o výměnu technologických zařízení při využití stávajících železobetonových nádrží.

Při zpracování návrhu se vycházelo z těchto podkladů:

- Technologické podklady společnosti ENVI-PUR s.r.o.
- Podklady firmy METRO NITRA
- Dokumentace stávající ČOV - vypracované od firmy BIOCOPACT s.r.o.

7.1 Charakteristika stavby - lokalizace

Firma Metro Nitra, jak už napovídá název, se nachází v krajském městě Nitra na jihu Slovenska v ulici Hlohovecká 332/11. Areál ČOV se nachází na jihovýchodním okraji areálu firmy Metro Nitra. Stavba ČOV je zakryta lehkým kovovým zastřešením – otevřený přístřešek. Vyčištěné odpadní vody jsou odváděny do místního recipientu – pravostranný přítok řeky Nitry.

7.2 Technický popis stávající ČOV

ČOV pro areál firmy byla realizována v roce 2000. Jedná se o monoblokovou ČOV. Vlastní čistící proces probíhá v aktivační nádrži. K separaci kalu dochází ve vertikální dosazovací nádrži. Kombiblok je doplněn o objekt hrubého předčištění, čerpací jímku a kalové hospodářství. Technologické zařízení je osazeno do železobetonové dělené vany – nádrž je zapuštěná do terénu.

V areálu ČOV není provozní budova, dmyhadla a elektrický rozvaděč je umístěn vedle ČOV. Nad ČOV je zbudováno lehké kovové zastřešení – otevřený přístřešek.

Měření množství objemu vypouštěných vod je měřeno na měrném žlabu – Thomsonův přeliv, který je umístěn na odtokovém potrubí z ČOV.

Mechanické zatížení a opotřebení jednotlivých komponentů bylo již několikrát příčinou oprav a rekonstrukcí. Provoz vykazuje hygienické závady, má sklon přecházet do anaerobního režimu a bývá občas doprovázen zápachem.

Stavební stav železobetonové vany se jeví jako dobrý.

Stávající zařízení je funkční jen při enormních nárocích na obsluhu. Další provoz za těchto podmínek bude přinášet velké obtíže, což při nárocích na kvalitu vyčištěné vody a její sledování v souladu s legislativou může způsobit provozovateli objektu problémy ve vztahu k orgánům ŽP. Proto se navrhuje provést rekonstrukci ČOV.

Tabulka 4 Množství odpadních vod

Zdroj	Hodnota
Data o spotřebě pitné vody 2014 – průměr	11,90 m ³ .den ⁻¹
Data o spotřebě pitné vody 2014 – medián	12,29 m ³ .den ⁻¹
Průtok čistírnou – odhad ze záznamů obsluhy	10-15 m ³ .den ⁻¹

Zdroj: [19]

Tabulka 5 Limity dle platného vodoprávního rozhodnutí

Parametr	Hodnoty „p“	Hodnoty „m“
CHSK _{Cr}	80 mg.l ⁻¹	120 mg.l ⁻¹
BSK ₅	15 mg.l ⁻¹	40 mg.l ⁻¹
NL	20 mg.l ⁻¹	40 mg.l ⁻¹

Vysvětlivky:

„p“ - přípustné koncentrace, které mohou být překročeny v povolené míře.

„m“ - maximální koncentrace, které jsou nepřekročitelné. [19]

7.3 Celková koncepce technického řešení

Návrh technického řešení vychází z požadovaných limitů, které je nutno zabezpečit pro vypuštění těchto vod do recipientu. Technický návrh řešení je zpracován na základě parametrů tak, aby kapacita čistírny zajistila vyčištění požadovaného množství odpadních vod v požadované kvalitě. Z monitoringu a dostupných podkladů bude navržena mechanicko-biologická ČOV pro stav 100EO. Hydraulické zatížení ČOV bude $15\text{m}^3.\text{den}^{-1}$. ČOV bude určena pro úplné čištění odpadních vod z areálu firmy METRO NITRA. Návrh předpokládá využití všech stávajících nádrží bez stavebních zásahů (dojde pouze k vyčerpání a vyčištění nádrží a kontrole stávajícího stavu, případně budou doporučeny drobné opravy-sanace železobetonových nádrží). Stávající nevyhovující technologie bude kompletně demontována. Navrhovaná technologie (D-N systém) bude pracovat na stejném principu jako stávající technologie, návrh ale bude odpovídající současným poznatkům a trendům.

7.4 Parametry ČOV a vyčištěné vody

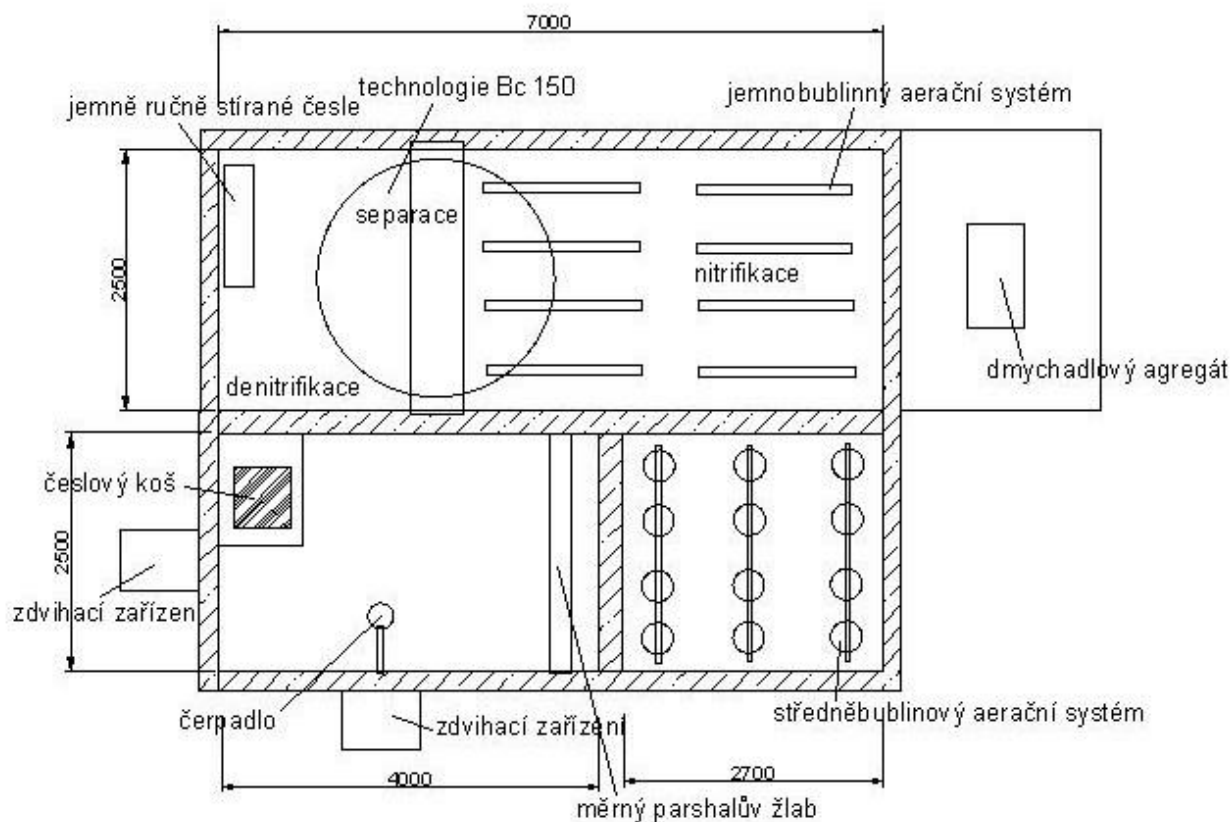
V tabulce č. 6 je porovnání požadovaných hodnot ukazatelů vyčištěné vody s předpokládanými dosaženými hodnotami na odtoku navrhované ČOV Biocleaner.

Tabulka 6 Požadované hodnoty ukazatelů

Ukazatele	Hodnoty „p“	Hodnoty „m“	ČOV BioCleaner
BSK ₅	15 mg.l ⁻¹	40 mg.l ⁻¹	15-20 mg.l ⁻¹
CHSK _{cr}	80 mg.l ⁻¹	120 mg.l ⁻¹	55-75 mg.l ⁻¹
NL	20 mg.l ⁻¹	40 mg.l ⁻¹	15-25 mg.l ⁻¹

Zdroj:[19] [21]

Obrázek č.15 Technologický návrh ČOV



Zdroj: Vlastní

7.5 Popis ČOV

7.5.1 Všeobecné údaje

Stávající technologické vybavení od výrobce BIOCOMPACT s.r.o. je velmi poruchové a na hranici životnosti a je navržena výměna stávající technologie ČOV za novou, při využití spodní stavby stávající ČOV a stávajících nadzemních objektů. K odvodu odpadních vod bude využita stávající stoková síť. Mechanicko-biologická ČOV typu BIO CLEANER je navržena pro stav pro 100EO. ČOV se skládá ze souboru hrubého předčištění, z kompaktního biologického stupně (předřazená denitrifikace, nitrifikace s vestavěnou dosazovací nádrží) a kalové jímky. V návrhu se předpokládá s možností nerovnoměrného zatížení ČOV, při kterém však výrobce vždy garantuje požadovanou účinnost čistírny. Výrobce této technologie společnost ENVI-PURT, s.r.o. Tábor garantuje výstupní parametry vyčištěné vody již od 20 %

vstupního zatížení až k maximálnímu krátkodobému přetížení 120 %. Veškeré stavební práce budou probíhat v areálu ČOV na soukromém pozemku firmy.

7.5.2 Mechanické předčištění - vyrovnávací jímka

Odpadní voda z celého objektu je přiváděna kanalizační přípojkou do areálu ČOV do objektu mechanického předčištění – vyrovnávací nádrže. Objem nádrže je dostatečný pro pokrytí denních i hodinových maxim a rovnoměrně rozloží nátok do celého dne. Současný těžký a pro manipulaci nevhodný česlicový koš bude demontován a nahrazen lehčím s velkou průlinou – 30mm, aby docházelo k zachycení jen opravdu nejhrubších nečistot. Koš bude uchycen na kolejnicích a manipulace s ním bude pomocí vrátku. Do nádrže bude osazeno čerpadlo s plovákovým spínačem (druhé jako suchá rezerva). Čerpadlo bude také na vodičích kolejích a vrátku. Oba vrátky pak budou umístěny na obslužné lávce.

Obrázek č. 16 Česlicový koš



Zdroj: ENVI-PUR s.r.o.

7.5.3 Biologické čištění - Biologický reaktor

Navržená technologie pracuje na principu nízkozáťažového aktivačního procesu s aerobní stabilizací kalu, nitrifikací a předřazenou denitrifikací – tzv. D-N systém. Jedná se o velmi rozšířenou robustní technologii používanou prakticky po celém světě. Vzhledem k její relativní jednoduchosti je velmi využívána právě pro menší zdroje, společnost ENVI-PUR s.r.o. tento princip nabízí pro čistírny s velikostí od 4EO do řádově jednotek tisíc EO. Princip čistírny tak zůstane zachován stejný, jako stávající technologie, návrh ale bude odpovídající moderním trendům a současným poznatkům.

Ze stávající nádrže bude demontována technologická vestavba a osazena nová příčka oddělující denitrifikační a nitrifikační nádrž a oválná dosazovací nádrž s odtokovým objektem

a systémem stahování plovoucích nečistot. Míchání denitrifikační nádrže bude zajištěno hrubobublinnými aeračními elementy, nitrifikace bude vystrojena jemnobublinnými aerátory.

V aktivační nádrži, která bude z technologického hlediska rozdělena na denitrifikaci, separaci (dosazovací nádrž), nitrifikaci, dochází k vlastnímu biologickému čištění odpadní vod. Biologicky odbouratelné organické látky jsou částečně oxidovány na CO_2 a H_2O a část se spotřebuje na syntézu zásobních látek a nových buněk.

Odstraňování nerozpustných látek probíhá koagulaci a sorpci na shlucích mikroorganizmů (vloček) tvořících směsnou kulturu. Látky takto zachycené mohou být dále rozkládány, nebo inertní a tvoří součást vloček.

Biologická oxidace amoniakálního dusíku – nitrifikace – probíhá ve dvou stupních. V prvním se amoniakální dusík oxiduje na dusitany (NO_2). Ve druhém stupni jsou dusitany oxidovány na dusičnany (NO_3). Obě reakce provádějí nitrifikační bakterie. Protože jsou nitrifikační bakterie pomalu rostoucími organizmy – jejich růstové rychlosti jsou o řád nižší než u organotrofních bakterií aktivovaného kalu – vyžaduje nitrifikace dlouhé stáří kalu, což výrazně zvyšuje potřebný objem aktivačních nádrží.

Protože dusičnany a dusitany jsou v přírodních vodách nežádoucí je nutno je dále redukovat na plynný dusík. Dochází k tomu biologickým procesem – denitrifikací. Dusičnanový nebo dusitanový dusík je využíván v anoxických podmínkách denitrifikačními bakteriemi jako konečný akceptor elektronů, má tedy stejnou úlohu jako molekulární kyslík při oxické respiraci. Konečnými produkty jsou N_2 nebo N_2O .

Provzdušnění aktivačních nádrží je zajištěno jemnobublinným provzdušňovacím systémem s elementy, které jsou osazeny na výškovém stavitelném rozvodovém nerezovém jeklu, kotveným do dna nádrží. Dodávku tlakového vzduchu pro aktivační nádrže zajišťuje stávající dmychadlový agregát, umístěný na betonové ploše vedle ČOV.

Aktivovaný kal se od vyčištěné odpadní vody separuje v dosazovací nádrži, která má tvar komolého kužele a je vložena do aktivační nádrže. Aktivační směs protéká dosazovací nádrží vertikálně. Vločky aktivovaného kalu jsou schopny prosté sedimentace. Aktivační směs přitéká do uklidňovacího válce, který zasahuje poměrně hluboko do spodní zkosené části nádrže, stoupá k hladině, kde se oddělují vločky kalu a přes nornou stěnu a pilovité přepady přepadá vyčištěná voda, která dále gravitačně protéká přes měrný objekt do recipientu.

Recirkulace vratného aktivovaného kalu je zabezpečena pomocí mamutkového čerpadla vratného kalu.

Z dosazovací nádrže je umožněn odtah plovoucích nečistot a vyfletovaného kalu z hladiny a to samostatnou mamutkou s výtlakem do aktivace, jejíž čerpání je ovládáno elektromagnetickými ventily přes řídicí systém ČOV. Míchání hladiny vzduchu v dosazovací nádrži je ze společné větve PP svody. Optimálního nastavení lze dosáhnout při pozorování ve zkušebním provozu a nastavit ručně pomocí ventilů.

V případě poruchy elektromagnetických ventilů bude možné veškeré potrubí, na kterých budou umístěny elektromagnetické ventily ovládat ručně.

7.5.4 Kalová jímka

Množství aktivovaného kalu v průběhu čistícího procesu narůstá. Když překročí koncentrace kalu v biologických linkách optimální hodnotu, část kalu se ze systému odtahuje do kalové nádrže. K odtahu kalu je využíváno mamutkové čerpadlo přebytečného kalu, jehož ovládání je zajištěno pomocí elektromagnetických ventilů přes řídicí systém ČOV.

Kalová nádrž je provzdušněná, aby bylo docíleno aerobní stabilizace kalu. Gravitační zahuštění je zajištěno zařízením pro stahování odsazené kalové vody. Odsazena kalová voda je z kalové jímky čerpána zpět do vyrovnávací nádrže a odtud je čerpána na začátek biologického stupně čištění. Pro tento účel návrh počítá s instalací obslužné lávky.

Kalová nádrž je provzdušňována středobublinnými aerobními elementy. Dodávku tlakového vzduchu pro kalovou nádrž zajišťuje stávající dmychadlo ze společného rozvodu vzduchu.

Z kalové nádrže bude kal odvážen k dalšímu zpracování. Pro možnost odvozu přebytečného kalu pomocí fekálního vozu přímo z kalové jímky bude sloužit odběrné potrubí DN 100, které je vyústěné na vnější straně nádrže s osazenou příslušnou koncovkou k savici fekálního vozu.

Produkce zahuštěného kalu se pohybuje cca 0,18 m³/den. Objem kalové jímky je cca 16 m³. Velikost kalové jímky odpovídá cca 90 dní produkci kalu z biologického reaktoru.

7.6 Elektro-technická část

V návrhu je zahrnuta technologická elektroinstalace a návrh SŘTP pro poloautomatické řízení celého objektu čistírny odpadních vod v areálu firmy METRO NITRA.

Návrh se nezabývá elektrickou přípojkou ČOV, pojistnou skříní, elektroměrový rozvaděč, přívodní kabel do hlavního el. rozvaděče a hromosvod. Toto zařízení se ponechá původní.

Projekt obsahuje pouze řídicí systém (ŘS) pro ČOV, poruchových a havarijních stavů a dálkový přenos vybraných provozních a poruchových hlášení pomocí GSM modemu.

Čistírna bude osazena automatizovaným systémem řízení se záznamovou jednotkou, která umožní snížení požadavků na obsluhu a stabilitu čistícího procesu při zachování přijatelných provozních nákladů. Chod dmyhadla bude řízen oxysondou, chod čerpadla ve vyrovnávací nádrži plovákovým systémem. Řídicí a záznamová jednotka bude vybavena GSM modulem pro zasílání chybových hlášení na vybraná telefonní čísla formou sms. Pro měření průtoku bude použit Parschalův žlab s ultrazvukovým snímačem hladiny.

7.7 Obsluha ČOV

V následující tabulce 7 jsou shrnuty činnosti, které musí zajistit obsluha ČOV. V tomto návrhu bude obsluhu ČOV zajišťovat jeden pracovník v rozsahu cca 2-3 hodiny týdně.

Tabulka 7 Popis činností pracovníka ČOV

Interval						Činnost
denně	týdně	měsíčně	pololetně	ročně	jiny	
x						kontrola řídicí jednotky a chodu ČOV
	x					kontrola a čištění česlicového koše
	x					kontrola hladiny a čistoty vody v dosazovací nádrži
	x					kontrola funkce technologie-čerpadla, vzduchotechniky...
		x				měření koncentrace kalu
				x		celková údržba a vyčištění reaktoru
			x			odčerpání kalu
					x	odebrat vzorky odpadní vody na přítoku, odtoku a kalu
				x		překontrolovat stav kanalizace
				x		provést kontrolu výtokového objektu

7.8 Předpokládaný harmonogram postupu prací

V tabulce 8 je navržen předpokládaný harmonogram prací pro rekonstrukci ČOV v areálu firmy METRO NITRA.

Tabulka 8 Harmonogram prací

Pracovní operace	Pracovní dny						
	1	2	3	4	5	6	7
vyčerpání vody a kalu ze dvou nádrží	■						
čištění	■				■		
demontáž - technologie	■	■			■		
odčerpávání vody a kalu z 3. nádrže	■		■		■		
dovoz a příprava materiálu		■					
montáž / osazení		■	■	■	■	■	
vrtání			■				
provedení zkoušek							■

1.den

Nejprve proběhne vyčerpání vody a kalu ze dvou nádrží. Následovat bude vyčištění těchto nádrží a demontáž stávající technologie (vzduchotechnika aj.). Následovat bude postupné odčerpání odpadní vody ze třetí nádrže pomocí fekálního vozu a následný odvoz k dalšímu zpracování. Odhadovaný průtok čistírny je zhruba 10 - 15 m³/den.

2.den

Následovat bude dovoz a složení potřebného materiálu. Dále bude pokračovat demontáž stávající technologie (vzduchotechnika, elektrorozvody...) a odmontování stávajícího zábradlí. Oprava, jestli bude potřeba, železobetonové nádrže a demontáž oddělovacích stěn. Proběhne příprava na montáž nové technologie popř. již samotná montáž.

3.den

Další den ráno proběhne vyvrtání potřebných prostupů. Dále bude následovat osazení česlí, držáků na norné stěny a pomocné lavičky pro montáž dosazovací nádrže. Následně bude provedena samotná montáž nádrže a také provzdušnění. Také proběhne osazení norných stěn. Pokračovat se bude v odčerpávání odpadní vody.

4.den

Nyní proběhne osazení a propojení rozvaděčů s provzdušňovacím systémem i dmychadlem. Také se bude osazovat čerpadlo odsazené vody. Dále proběhne vybetonování patek zdvihacích zařízeních.

5.den

Na začátku tohoto dne se provede odstavení dosud odčerpávané nádrže, její vyčerpání a vyčištění. Dále bude následovat demontáž stávající technologie a hned bude navazovat montáž nové - osazení česlového koše a vodících elementů, osazení měrného parschalova žlabu, osazení čerpadla a také zdvihacích zařízení.

6.den

Montáž rozvaděče a elektroinstalace. Dále montáž zábradlí a pochozí lávky.

7.den

Dokončení elektroinstalace a montáže zábradlí. Provedení komplexních zkoušek zařízení. Uvedení do provozu.

7.9 Porovnání stávající a nové dosazovací nádrže na zatížení

Čistírna odpadních vod, která má být inovována, nevyhovuje maximálnímu zatížení vyprodukovaného areálem firmy METRO NITRA. V původní čistírně byla dosazovací nádrž o objemu 9 m³. Ve výpočtu bude čistírna posouzena na navrhované zatížení 100 EO.

Výpočet Sdn1:

$$Q_{\max} = 5,5 \text{ m}^3 \cdot \text{h}^{-1}$$

$$n = 1 \text{ ks}$$

$$v = 2 \text{ m}^3 \cdot \text{m}^{-2} \cdot \text{h}^{-1}$$

$$S_{\text{dn1}} = \frac{Q_{\max}}{\frac{n}{v}} [\text{m}^2]$$

kde: Sdn1 ... plocha dosazovací nádrže č. 1 [m²]

Qmax ... maximální průtok [m³ .h⁻¹]

n ... počet linek na ČOV [ks]

v ... povrchové hydraulické zatížení DN [m³ .m⁻².h⁻¹]

$$S_{\text{dn1}} = \frac{5,5}{\frac{1}{2}} = 2,75 \text{ m}^2$$

Tabulka 9 Hodnoty pro DN

<i>Uspořádání průtoku DN</i>	<i>střední doba zdržení Θ [h]</i>	<i>povrchové hydraulické zatížení v [m³.m⁻².h⁻¹]</i>
<i>horizontální průtok nádrží</i>		
- za biofiltry	1,6	2,0
- za aktivaci	1,8	1,6
<i>vertikální průtok nádrží</i>		
- za biofiltry	1,2	2,5
- za aktivaci	1,6	2,0

Zdroj: http://kzei.fsv.cvut.cz/pdf/COV_cv_3.pdf

V druhém výpočtu plochy dosazovací nádrže (Sdn2) je potřeba vypočítat srovnávací objem kalu VKAN a potom tuto hodnotu vložit do grafu č.1 a následně odečíst povrchové hydraulické zatížení hladiny vpv.

$$X = 3,5 \text{ kg} \cdot \text{m}^{-3}$$

$$KI = 110 \text{ mg} \cdot \text{l}^{-1}$$

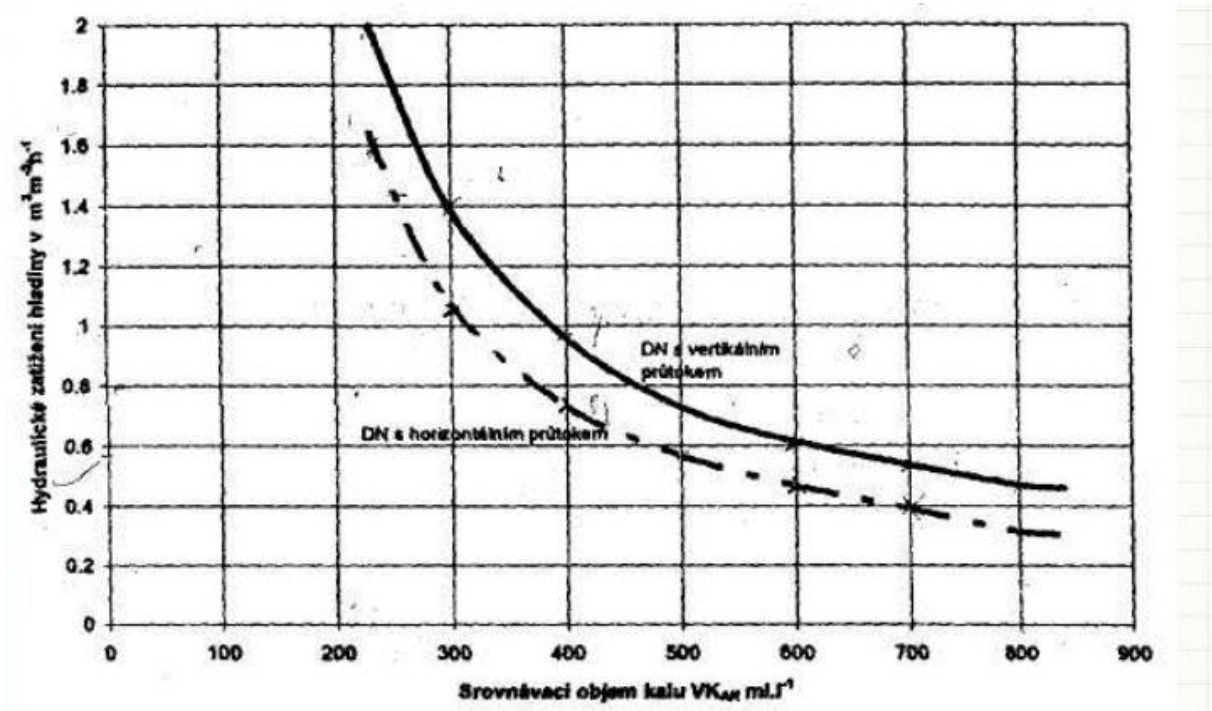
$$VKAN = X \cdot KI \text{ [ml.l}^{-1}\text{]}$$

kde: VKAN ... srovnávací objem kalu [ml.l⁻¹]

X ... koncentrace sušiny aktivovaného kalu [kg.m⁻³]

KI ... kalový index [mg.l⁻¹] VKAN = 3,5 · 110 = 385 ml.l⁻¹

Tabulka 10 Graf - hydraulické zatížení DN v závislosti na srovnávacím objemu kalu



Zdroj: http://kzei.fsv.cvut.cz/pdf/COV_cv_3.pdf

$$Q_{\max} = 5,5 \text{ m}^3 \cdot \text{h}^{-1}$$

$$n = 1 \text{ ks}$$

$$V_{pv} = 1.1 \text{ m}^3 \cdot \text{m}^{-2} \cdot \text{h}^{-1}$$

$$S_{dn1} = \frac{Q_{\max}}{\frac{n}{v}} \text{ [m}^2\text{]}$$

kde: S_{dn2} ... plocha dosazovací nádrže č. 2 [m²]

Q_{max} ... maximální průtok ČOV [m³·h⁻¹]

n ... počet linek na ČOV [ks]

vpv ... povrchové hydraulické zatížení [$\text{m}^3 \cdot \text{m}^{-2} \cdot \text{h}^{-1}$]

$$\text{Sdn2} = \frac{5.5}{1.1} = 5 \text{ m}^2$$

Výpočet Sdn3:

$$Q_{\text{max}} = 5,5 \text{ m}^3 \cdot \text{h}^{-1}$$

$$n = 2 \text{ ks } X = 3,5 \text{ kg} \cdot \text{m}^{-3}$$

$$NA = 4,0 \text{ kg} \cdot \text{m}^{-3} \cdot \text{h}^{-1}$$

$$\text{Sdn3} = \left(\frac{Q_{\text{max}}}{n} \cdot X \right) / NA \text{ [m}^2\text{]}$$

kde: Sdn3 ... plocha dosazovací nádrže č. 3 [m^2]

Q_{max} ... maximální průtok ČOV [$\text{m}^3 \cdot \text{h}^{-1}$]

n ... počet linek na ČOV [ks]

X ... koncentrace sušiny aktivovaného kalu [$\text{kg} \cdot \text{m}^{-3}$]

NA ... nerozpuštěné látky [$\text{kg} \cdot \text{m}^{-3} \cdot \text{h}^{-1}$]

$$\text{Sdn3} = 5.5 / 2 \cdot 3,5 \cdot 4,0 = 4,8 \text{ m}^2$$

Výpočet maximální plochy jedné dosazovací nádrže S_{max} :

$$\text{Sdn1} = 2,75 \text{ m}^2 \quad \text{Sdn2} = 5 \text{ m}^2 \quad \text{Sdn3} = 4,8 \text{ m}^2$$

$$S_{\text{max}} = \max (\text{Sdn1}, \text{Sdn2}, \text{Sdn3}) \text{ [m}^2\text{]}$$

kde: S_{max} ... maximální plocha z Sdn1, Sdn2 a Sdn3 [m^2]

Sdn1 ... plocha dosazovací nádrže č. 1 [m^2]

Sdn2 ... plocha dosazovací nádrže č. 2 [m^2]

Sdn3 ... plocha dosazovací nádrže č. 3 [m^2]

$$S_{\max} = 5\text{m}^2$$

Potřebná plocha pro jednu dosazovací nádrž je 5 m² , na původní čistírně se nachází dosazovací nádrž o ploše 3,4m² . Původní dosazovací nádrže tedy nevyhoví plánovanému zatížení.

Výpočet objemu dosazovací nádrže VDN:

$$Q_{\max} = 5,5 \text{ m}^3 \cdot \text{h}^{-1}$$

$$n = 1 \text{ ks}$$

$$\Theta = 1,6 \text{ h}$$

$$\eta = 0,8$$

$$\text{VDN} = Q_{\max} n \cdot \Theta \eta [\text{m}^3]$$

kde: VDN ... objem jedné dosazovací nádrže [m³]

Q_{max} ... maximální průtok na ČOV [m³ .h⁻¹]

n ... počet linek na ČOV [ks] ... doba zdržení v dosazovací nádrži [h]

η ... účinnost dosazovací nádrže

$$\text{VDN} = (5,5 \cdot 1,6) / 0,8 = 11 \text{ m}^3$$

Objem, který by vyhověl navrhovanému zatížení, má hodnotu 11 m³, ale objem jedné dosazovací nádrže v původní čistírně je 9 m³. Proto je nutné inovovat.

Posouzení doby zdržení DN sk:

$$\text{VDN} = 9 \text{ m}^3$$

$$\eta_{\text{sk}} = 0,8$$

$$Q_{\max} = 5,5\text{m}^3 \cdot \text{h}^{-1}$$

$$n = 1 \text{ ks}$$

$$\Theta_{sk} = (VDN \cdot n \cdot \eta_{sk}) / (Q_{max} / n) [h]$$

kde: Θ_{sk} ... skutečná doba zdržení v dosazovací nádrži [h]

VDN ... původní objem jedné dosazovací nádrže [m³]

η_{sk} ... skutečná účinnost dosazovací nádrže [-]

Q_{max} ... maximální průtok ČOV [m³ .h⁻¹] n ... počet linek na ČOV [ks]

$$\Theta_{sk} = 9 \cdot 0,8 / 5,5 = 1,3h \quad \Theta_{sk} > 1,6 h \Rightarrow \text{podmínka nevyhovuje}$$

Posouzení povrchového hydraulického zatížení DN vsk:

$$Q_{max} = 5,5 \text{ m}^3 \cdot \text{h}^{-1}$$

$$SDN = 3,4 \text{ m}^2$$

$$n = 1 \text{ ks}$$

$$v_{sk} = (Q_{max} / n) / SDN \text{ m}^3 \cdot \text{m}^{-2} \cdot \text{h}^{-1}$$

kde: v_{sk} ... skutečné povrchové hydraulické zatížení [m³ .m⁻².h⁻¹]

Q_{max} ... maximální průtok ČOV [m³ .h⁻¹] n ... počet linek na ČOV [ks]

SDN ... původní plocha jedné dosazovací nádrže [m²]

$$v_{sk} = 5,5 / 3,4 = 1,62 \text{ m}^3 \cdot \text{m}^{-2} \cdot \text{h}^{-1} \quad v_{sk} < 1,6 \text{ m}^3 \cdot \text{m}^{-2} \cdot \text{h}^{-1} \Rightarrow \text{podmínka nevyhovuje}$$

Návrh dosazovací nádrže

Dosazovací nádrž bude navržena tak, aby vyhověla požadované ploše a požadovanému objemu.

1) Výpočet plochy jedné dosazovací nádrže Sdn

$$\text{Výpočet Sdn1: } Sdn1 = 2,75 \text{ m}^2$$

Výpočet S_{dn2}: S_{dn2} = 5m²

Výpočet S_{dn3}: S_{dn3} = 4,8m²

2) Výpočet maximální plochy jedné dosazovací nádrže S_{max}

$$S_{\max} = 5\text{m}^2$$

3) Výpočet objemu jedné dosazovací nádrže

$$\text{VDN } Q_{\max} = 5,5 \text{ m}^3 \cdot \text{h}^{-1}$$

$$n = 1 \text{ ks}$$

$$\Theta = 1,6 \text{ h}$$

$$\eta = 0,8$$

$$\text{VDN} = 5,5 \cdot 1,6 / 0,8 = 11 \text{ m}^3$$

4) Navržený objem a plocha jedné dosazovací nádrže VDN-n a SDN-n

Objem dosazovací nádrže VDN-n:

$$\text{VDN-n} = 1,3^2 \times \pi \times 2,2 = 12,2\text{m}^3$$

$$\text{VDN } Q_{\max} = 5,5 \text{ m}^3 \cdot \text{h}^{-1}$$

Výpočet zdržení v dosazovací nádrži:

$$12,2 / 5,5 = 2,21 \text{ h } \Theta_{\text{sk}} > 1,8 \text{ h} \Rightarrow \text{podmínka vyhovuje}$$

$$\text{Plocha dosazovací nádrže SDN-n: SDN-n} = 1,3^2 \times \pi = 5,3 \text{ m}^2$$

Posouzení povrchového hydraulického zatížení v_{sk}:

$$v_{\text{sk}} = 5,5 / 5,3 = 1,1 \text{ m}^3 \cdot \text{m}^{-2} \cdot \text{h}^{-1} v_{\text{sk}} < 1,6 \text{ m}^3 \cdot \text{m}^{-2} \cdot \text{h}^{-1} \Rightarrow \text{podmínka vyhovuje}$$

Z výpočtů vyplývá, že nově navržená dosazovací nádrže splňuje rozměrové podmínky.

7.10 Energetická náročnoststrojní technologie

$$Ne = P \cdot e \cdot T \text{ [Kč]}$$

kde P.....příkon zařízení (kW)

e.....jednotková cena na elektrickou energii

T.....,doba provozu

cena za 1 kW.h-14,40 Kč

Tabulka 11 Výpočet spotřeby energie stávající technologie

Technologie	počet [ks]	příkon [kW]	hodiny [h]	spotřeba[kW.h-1.d]
Ponorné kalové čerpadlo	1	4,2	0,6	2,52
Ponorné kalové čerpadlo	1	1,6	24	38,4
Ponorné kalové čerpadlo	2	1,9	8	30,4
Soustrojí dmyhadla	2	3,5	12	84
Ponorné míchadlo	1	2,2	12	26,4
el. Servohon	4	0,14	12	6,72
Solenoidový ventil	2	0,1	12	2,4
Indukční průtokoměr	1	0,2	13	2,6
Dmyhadlo- stávající	1	2,2	24	52,8
celkem	15	16,04	117,6	193,44

Celkové roční náklady $193,44 \cdot 365 \cdot 4,40 = 310\,600$ Kč

Tabulka 12 Výpočet spotřeby energie navrhované technologie

Technologie	počet ks	příkon kW	hodiny	spotřeba
Ponorné kalové čerpadlo- mamutkové	1	3,7	0,6	2,22
Ponorné kalové čerpadlo	1	0,8	24	19,2
Ponorné kalové čerpadlo	2	1,8	8	28,8
Soustrojí dmyhadla	2	3	12	72
Mechanické předčištění	1	1,8	6	10,8
Ponorné míchadlo	1	1,8	12	21,6
Přenosné kalové čerpadlo	1	0,55	2	1,1
el. servopohon	4	0,12	12	5,76
Solenoidový ventil	2	0,1	12	2,4
Indukční průtokoměr	1	0,2	13	2,6
Dmyhadlo- stávající	1	2,2	24	52,8
celkem	17	16,07	125,6	166,48

Energetická náročnost v tabulce je jenom předpokládaná průměrná denní spotřeba elektrické energie. Skutečné údaje budou známy až po zkušebním provozu ČOV.

Průměrné roční náklady na energii: $167 \cdot 365 \cdot 4,40 = 268\,202$ Kč

7.11 Odběr vzorků, postupy a vyhodnocení

Hlavním úkolem odběrů vzorků odpadních vod je sledování znečištění vody, která přitéká na ČOV a odtéká. Cílem odběrů vzorků je měření znečištění vody na vstupu a měření vypuštěné vody do recipientu.

Četnost odběrů a pracování s nimi je přesně stanoveno v Nařízení č. 143/2012 Sb. o postupu pro určování znečištění odpadních vod, provádění odečtů množství znečištění a měření objemu vypouštěných odpadních vod do povrchových vod a dále v technických normách a předpisech.

Druhy vzorků lze rozdělit na dva základní druhy dle postupu odběru:

- Vzorek prostý (bodový) - jedná se o nahodilý jednorázový odběr OV. Je vybrán dle času a místa
- Vzorek směsný (slévaný) - jedná se o směsný vzorek získaný sléváním více vzorků ve stejných poměrech, odebíraných v určitém intervalu. Dle zákona rozdělujeme několik typů:
 - dvouhodinový směsný vzorek složený z 8 odběrů stejného objemu, odebíraných v intervalu 15 minut
 - 24 směsný vzorek složený z 12 odběrů stejného objemu, odebíraných v intervalu 2 hodin
 - 24 směsný vzorek složený z 12 odběrů v objemově průtoku úměrných, odebíraných v intervalu 2 hodin

Protokoly o odběru vzorků odpadní vody se archivují trvale nejméně po dobu 5 let. Je to důležité pro jejich využití k porovnávání znečištění např. v určitém období, vývoj trendů aj. K zajištění kvalitních vzorků je nezbytné, aby odběr vzorků provedl zkušený a kvalifikovaný personál. Ten má za úkol při odběru vzorků docílit, aby byly vytvoře-

ny vždy poměrně stejné podmínky. Je to z důvodů minimalizace chyb, které mohou za-
příčinit nepřesné výsledky.

7.11.1 Odběr vzorků

Pro čistírnu v areálu METRO NITRA je stanoveno provádět odběr vzorků mini-
málně čtyřikrát ročně. Odběry vzorků musí být rozloženy do celého roku.

Jedná se o vzorek směsný (slévaný), který je dvouhodinový a složený z osmi od-
běrů stejného objemu odebíraných v intervalu 15 minut. Odebírání vzorků probíhá na
dvou místech. Měření množství objemu vypouštěných vod je měřeno na měrném žlabu -
Thomsonův přeliv, který je umístěn na odtokovém potrubí ČOV.

Tabulka 13 Naměřené hodnoty Květen 2015

Stanovení	Jednotky	Výsledek	
		přítok	odtok
BSK ₅	mg . l ⁻¹	112,4	6,9
CHSK _{Cr}	mg . l ⁻¹	211	45
NL	mg . l ⁻¹	85	6

Zdroj: Metro Nitra

$$\text{účinnost BSK}_5: \quad \text{BSK}_5 = \frac{(112,4-6,9)}{112,4} \cdot 100 = 93,86\%$$

$$\text{účinnost CHSK}_{Cr}: \quad \text{CHSK}_{Cr} = \frac{(211-45)}{211} \cdot 100 = 78,67\%$$

$$\text{účinnost NL:} \quad \text{NL} = \frac{(85-6)}{85} \cdot 100 = 92,94\%$$

Tabulka 14 Naměřené hodnoty Srpen 2015

Stanovení	Jednotky	Výsledek	
		přítok	odtok
BSK ₅	mg . l ⁻¹	164	16
CHSK _{Cr}	mg . l ⁻¹	384	68
NL	mg . l ⁻¹	185	18

Zdroj: Metro Nitra

$$\text{účinnost BSK}_5: \quad \text{BSK}_5 = \frac{(164 - 16)}{164} \cdot 100 = 90,24\%$$

$$\text{účinnost CHSKCr}: \quad \text{CHSKCr} = \frac{(384 - 68)}{384} \cdot 100 = 82,29\%$$

$$\text{účinnost NL}: \quad \text{NL} = \frac{(185 - 18)}{185} \cdot 100 = 90,27\%$$

Tabulka 15 Naměřené hodnoty Listopad 2015

Stanovení	Jednotky	Výsledek	
		přítok	odtok
BSK₅	mg . l⁻¹	148	17,6
CHSK_{Cr}	mg . l⁻¹	321	74
NL	mg . l⁻¹	168	13

Zdroj: Metro Nitra

$$\text{účinnost BSK}_5: \quad \text{BSK}_5 = \frac{(148 - 17,6)}{148} \cdot 100 = 88,11\%$$

$$\text{účinnost CHSKCr}: \quad \text{CHSKCr} = \frac{(321 - 74)}{321} = 76,95\%$$

$$\text{účinnost NL}: \quad \text{NL} = \frac{(168 - 13)}{168} \cdot 100 = 92,26\%$$

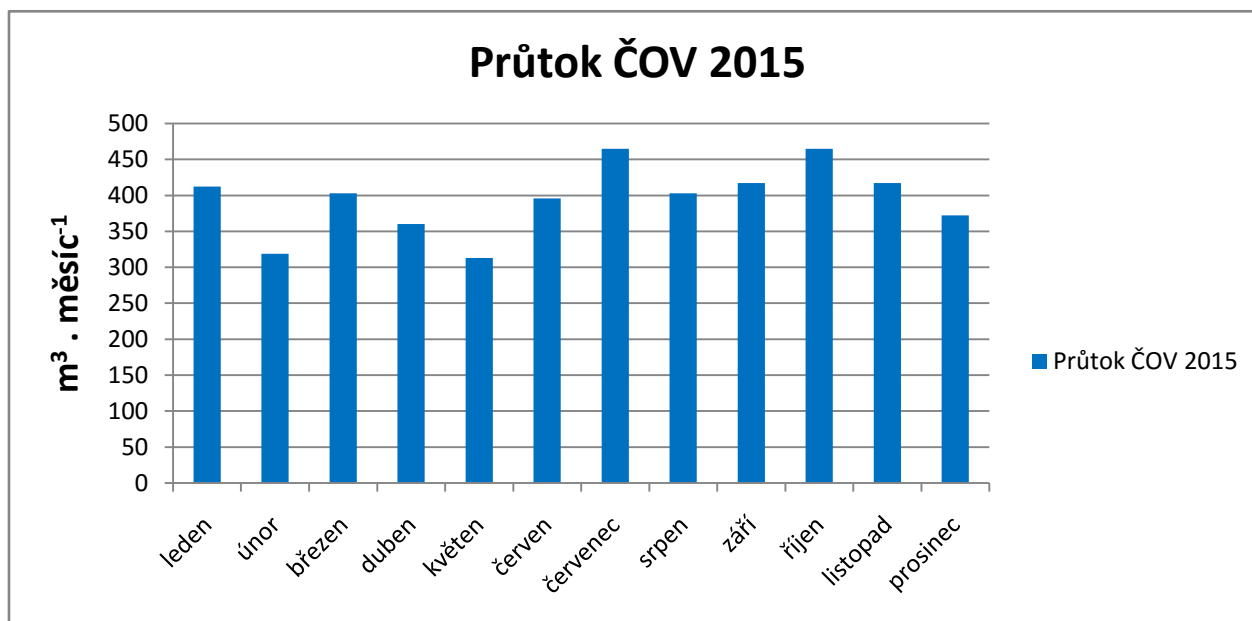
Tabulka 16 Přípustné hodnoty znečištění

Parametr	Hodnoty „p“	Hodnoty „m“	Bilanční hodnoty kg.rok ⁻¹
CHSK _{Cr}	80 mg.l ⁻¹	120 mg.l ⁻¹	500
BSK ₅	15 mg.l ⁻¹	40 mg.l ⁻¹	130
NL	20 mg.l ⁻¹	40 mg.l ⁻¹	130

Zdroj: Metro Nitra

Z tabulek je patrné, že ČOV splňuje povolené limity.

Tabulka 17 Průměrné hodnoty průtoku ČOV za rok 2015



Zdroj: Metro Nitra

7.12 Ekonomické zhodnocení

7.12.1 Investiční náklady

Tabulka 18 Investiční náklady

Položka	Cena (Kč)
Technologie + montáž	1 080 000
Demontáž stávající technologie	15 687
Stavební práce - vrtání, chemická úprava betonové nádrže aj.	20 844
Čerpání odpadní vody z nádrže	37 800
Likvidace vody + sedimentů	28 242
Odvoz kovošrotu včetně nakládky	2 619
Celkem	1 185 192

7.12.2 Provozní náklady

Provozní náklady závisí na zvoleném programu systému. U navržené ČOV se předpokládá denní spotřeba elektrické energie cca 167 kW/h/d. Cena elektřiny na Slovensku je cca 4,40 Kč/kWh, lze denní i roční provozní náklady technologické linky spočítat.

Denní provozní náklady technologické linky: 744 Kč

Roční provozní náklady technologické linky: 268 202 Kč

Dále také musíme započítat provozní náklady na jednoho pracovníka a nesmíme zapomenout na odčerpání kalu jeho odvezení a zneškodnění (dle velikosti jímky 4x ročně)

Náklady na zaměstnance: 2 h . týden⁻¹ x 52 (týdny) x 200 Kč/h = 20800 Kč

Odvoz a odčerpání kalu: cca 16 m³ x 432 x 4 = 27 648 Kč

Celkové roční provozní náklady: 268 202 + 20 800 + 27 648 = 316 650 Kč

7.12.3 Stávající provozní náklady

1) Roční náklady na energii:	310 600 Kč
2) Odvoz kalů 4x ročně	27 648 Kč
3) obsluha ČOV	90 000 Kč
4) další náklady na provoz (opravy)	110 000 Kč
<hr/>	
Celkem	538 248 Kč

Stávající provoz je velmi ovlivněn častými poruchami, opotřebením jednotlivých zařízení ČOV. Stávající technologie je funkční jenom při enormních nárocích na obsluhu. To je promítnuto i ve velkých provozních nákladech.

7.12.4 Prostá doba návratnost investice

Zjednodušeně doba návratnosti je počet let, za které se nám vrátí naše investované náklady. Prostá doba návratnosti je nejjednodušší a v praxi velmi používaná forma výpočtu.

$$TN_p = \frac{IN}{CF}$$

kde: IN náklady na investici (investiční výdaj),

CF roční peněžní tok (v tomto případě úspora nákladů)

TN_p prostá doba návratnosti

celkové náklady na rekonstrukci ČOV 1 185 192 Kč

úspora nákladů za rok

221 598 Kč

Úsporu nákladů vypočítáme jednoduchým vztahem stávajících a předpokládaných provozních nákladů.

CF = stávající provozní náklady - předpokládané provozní náklady po rekonstrukci

CF = 538 248 - 316 650 = 221 598 Kč

TN_p = 1 185 192 / 221 598 = 6 let

Tabulka 19 Návratnost investice

Rok	CF [Kč]	zůstatek investice [Kč]
0	0	1 185 192
1	221 598	963 594
2	221 598	741 996
3	221 598	520 398
4	221 598	298 800
5	221 598	77 202
6	221 598	+ 144 396

Z tabulky č.19 je patrné, že do pokrytí kapitálového výdaje po pátém roce zbývá 77 202 Kč. Na tuto částku se bude muset vydělávat dle vztahu:

TN_p = 5 let + 77 202 / 221 598 = 5,35 let

7.12.5 Diskontní doba návratnosti

Diskontní doba návratnosti na rozdíl od metody předešlé je založen na diskontovaném peněžním toku, který zohledňuje časovou hodnotu peněz. V našem případě jsem zvolil diskontní sazbu 7 %. Výsledky pro jednotlivé roky jsou uvedené v tabulce č. 20.

kde: IN investiční náklady

CF cash flow (úspora nákladů)

DF diskontní faktor

výpočet $DF = 1/(1 + \text{diskontní sazba})^n$

n rok, který se počítá

Tabulka 20 Diskontní doba návratnosti investic

Rok	IN	CF	DF	DCF	IN - DCF
0	1 185 192	0	1	-1 185 192	-1 185 192
1		221 598	0,934579	207100,9	-978 091
2		221 598	0,873439	193552,3	-784 539
3		221 598	0,816298	180890	-603 649
4		221 598	0,762895	169056,1	-434 593
5		221 598	0,712986	157996,3	-276 596
6		221 598	0,666342	147660,1	-128 936
7		221 598	0,62275	138000,1	9 064
8		221 598	0,582009	128972,1	138 036

Diskontní doba návratnosti (DDN) je vždy delší než prostá doba návratnosti, ale důležité je, aby DDN byla kratší než životnost zařízení, do které chceme investovat. DDN se v našem případě rovná necelých 7 let a životnost našeho zařízení je minimálně 30 let.

7.12.6 Čistá současná hodnota (ČSH)

ČSH je metoda, která vyjadřuje celkovou současnou (diskontovanou) hodnotu všech peněžních toků, které jsou spojené s investicí. Když vyjde kladně lze investici provést.

Výpočet ČSH:

$$\text{ČSH} = \sum(\text{čistý výnos} \cdot q^n) - \text{kapitálová investice} \quad [18]$$

$$\text{ČSH} = 221\,598 \cdot \frac{(1,07)^{30} - 1}{(1,07 - 1) \cdot 1,07^{30}} - 1\,185\,192 = 1\,564\,627 \text{ Kč}$$

Výsledek kladný lze investici přijmout.

8 Závěr

Úkolem této diplomové práce je se seznámit s problematikou čištění odpadních vod a navrhnout vhodnou inovaci technologické linky odpadních vod na konkrétní ČOV s technicko-ekonomickým posouzením.

V první části tato práce pojednává o problematice čištění odpadních vod z malých zdrojů znečištění. Jsou zde charakterizovány odpadní vody a jejich složení, důležité ukazatele pro stanovení koncentrace znečištění odpadních vod a následně jsou popsány jednotlivé technologické linky a technologické zařízení používaná při čištění.

V rámci praktické části se tato diplomová práce zabývá návrhem rekonstrukce stávající technologie ČOV. Za tímto účelem byla vybrána technologická linka ČOV v areálu firmy Metro Nitra. ČOV pro areál firmy byla realizována v roce 2000. Jedná se o linku s mechanicko-biologickým čištěním, která je osazená do železobetonové dělené nádrže. I když je linka poměrně nová, tak z důvodů mechanického zatížení a opotřebení jednotlivých komponentů již proběhlo několik oprav a rekonstrukcí. Stávající zařízení funguje jen při vysokých nárocích na obsluhu. Proto se navrhuje provést rekonstrukci ČOV.

V této diplomové práci je návrh technologického řešení, které splňuje všechny požadované limity pro vypouštění vod do recipientu. Návrh předpokládá s využitím stávajících nádrží bez stavebního zásahu. Je navržena pouze výměna zařízení a jiné uspořádání technologické linky. Navrhovaná linka pracuje na mechanicko-biologickém principu nízkozatěžované aktivace s aerobní stabilizací kalu - tzv. D-N systém. Tato technologie se využívá skoro po celém světě zejména pro malé zdroje znečištění. Firma ENVI-PUR s.r.o. tento princip využívá u čistíren velikostí od 4 EO až do řádově jednotek tisíc EO. Nová čistírna je navržena pro 100 ekvivalentních obyvatel. Na přítoku do čistírny je navrhován česlový koš, který se používá k zachycení pouze hrubých nečistot. Dále odpadní voda přitéká do vyrovnávací nádrže, kde dochází k sedimentaci nerozpuštěných organických látek. Po mechanickém předčištění protéká voda aktivační nádrží, kde dochází k samotnému biologickému čištění. Obsah aktivační nádrže je složen z aktivovaného kalu a odpadní vody - aktivační směs. Biologické čištění probíhá na přírodním principu za pomoci mikroorganismů a nižších organismů. Biologicky odbouratelné látky jsou částečně oxidovány na CO_2 a H_2O . Dále je voda odváděna do dosazovací nádrže, kde dochází k separaci aktivačního kalu od vyčištěné vody, která přepadá přes nornou stěnu a

dále gravitačně protéká přes měrný objekt do recipientu. Takto navržená ČOV splňuje základní parametry pro 100 EO, které jsou prověřeny výpočtem plochy a objemu dosazované nádrže.

Zkoušky vzorků odpadních vod se provádí čtyřikrát ročně a uchovávají se minimálně po dobu 5 let. Rozbory se provádí dle platných zákonů, norem a předpisů v akreditované laboratoři. Dvouhodinové vzorky jsou složeny z osmi slévaných objemově stejných dílčích odběrů, které se provádí v intervalu 15 minut. Z výsledků je patrné, že stávající ČOV nepřekračuje stanovené limity. Ale provoz za těchto podmínek přináší provozovateli velké problémy, nejenom s dodržением kvality vyčištěné vody, ale i s většími provozními náklady. V loňském roce byl naměřen průtok vody 4 800 m³ za rok.

Z ekonomického hlediska při porovnání provozních nákladů se investice do rekonstrukce ČOV jeví jako efektivní. Při pořízení investice vychází úspora kolem 40 % na provozních nákladech. Na základě kritéria diskontní doby návratnosti investice vyplývá, že investice bude splacena do 7 let. Při minimální životnosti technologie ČOV, která je 30 let je to poměrně krátká doba. Čistá současná hodnota vychází kladně, tím je investice přípustná. Pokud se provede investice, bude přínos v hodnotě 1 564 627 Kč.

Z dosažených výsledků vyplývá, že tento návrh je jedním z nejvhodnějších řešení pro rekonstrukci stávající ČOV a tencej z technologického hlediska jednoduché instalace, ale i z hlediska ekonomického pro nízkou energetickou náročnost a poměrně nízké pořizovací a provozní náklady. Nemůžeme ani opomenout lepší vliv na životní prostředí díky moderní technologii s vysokou účinností.

Seznam použitých zdrojů

- [1] ŠVEHLA, Pavel, Pavel TLUSTOŠ a Jiří BALÍK. *Odpadní vody*. Praha: Česká zemědělská univerzita v Praze, Katedra agrochemie a výživy rostlin, 2004, 106 s., ISBN 80-213-1169-X.
- [2] POŠTA, Josef. *Čistírny odpadních vod*. Vyd. 1. V Praze: Česká zemědělská univerzita, Technická fakulta, 2005, 211 s., ISBN 80-213-1366-8
- [3] JÁGLOVÁ, Veronika a kol. *Zneškodňování odpadních vod v obcích do 2000 ekvivalentních obyvatel: Metodická příručka* [online]. Praha, 2009 [cit. 2016-03-27]. Dostupné z: http://www.opzp2007-2013.cz/soubor-ke-stazeni/14/4345-20090406_metodicka_prirucka_zneskodnovani_odpadnich_vod.pdf
- [4] Decentralizované čištění odpadních vod. *Deník veřejné správy* [online]. 2008 [cit. 2016-03-27]. Dostupné z: <http://www.dvs.cz/clanek.asp?id=6348344>
- [5] SOMMER, Ladislav. *Malé čistírny odpadních vod: Vodovody, kanalizace*. Praha: Agrospoj, 1993. ISBN 80-708-4059-5.
- [6] Technologie domovních čistíren odpadních vod. *Čistička* [online]. [cit. 2016-03-27]. Dostupné z: <http://www.cisticka.info/potrebuji-chci-cisticku/technologie-domovnich-cistiren-odpadnich-vod/>
- [7] Úprava a čištění odpadní vody. *VSB* [online]. Ostrava, 2010 [cit. 2016-03-27]. Dostupné z: http://homen.vsb.cz/hgf/546/Materialy/Radka_2010/mc.html
- [8] HLAVÍNEK, Petr et al. *Stokování a čištění odpadních vod: Čištění odpadních vod*. Brno: VUT, fakulta stavební, 2006, 142 s.
- [9] BŘEZOVÁ, Kateřina. *Zneškodňování odpadních vod v malých obcích*. In: *Vaševěc* [online]. 2011 [cit. 2016-03-27]. Dostupné z: <http://vasevec.parlamentnilisty.cz/blogy/zneskodnovani-odpadnich-vod-v-malych-obcich>
- [10] Rozdělení - čistírny odpadních vod. *Čističky odpadních vod: Největší informační portál o čističkách odpadních vod* [online]. 2015 [cit. 2016-03-27]. Dostupné z: <http://www.cistickaodpadnichvod.cz/rozdeleni>

- [11]Zákon 254/2001 Sb., o vodách a o změně některých zákonů (vodní zákon)
- [12]Zákon č. 274/2001 Sb., o vodovodech a kanalizacích pro veřejnou potřebu o změně některých zákonů (zákon o vodovodech a kanalizacích)
- [13]Zákon č. 185/2001 Sb., o odpadech a o změně některých dalších zákonů
- [14]Zákon č. 183/2006 Sb., o územním plánování a stavebním řádu (stavební zákon)
- [15]Nařízení vlády č. 401/2015 Sb., o ukazatelích a hodnotách přípustného znečištění povrchových vod a odpadních vod, náležitostech povolení k vypouštění odpadních vod do vod povrchových a do kanalizací a o citlivých oblastech
- [16] DOHÁNYOS, Michal, Nina STRNADOVÁ a Jan KOLLER. *Čištění odpadních vod*. Vyd. 1. (dot.). Praha: Vysoká škola chemicko-technologická, 1995. ISBN 80-708-0207-3.
- [17] CHUDOBA, Jan, Jiří WANNER a Michal DOHÁNYOS. *Biologické čištění odpadních vod: vysokoškolská příručka pro vysoké školy chemicko-technologické*. 1. vyd. Praha: SNTL, 1991. Ochrana životního prostředí. ISBN 80-030-0611-2.
- [18]ROSOCHATECKÁ, E., et al.: Cvičení z ekonomiky podniků. Praha, ČZU v Praze, 2010, 129 s., ISBN 978 – 80 – 213 – 1470 - 2
- [19]*Provozní řád ČOV Metro Nitra*. Nitra, 2015
- [20]POLLERT, Jaroslav. *Sedimentační nádrže cvičení* [online]. In: . Praha: ČVUT, 2012 [cit. 2016-03-31]. Dostupné z: http://kzei.fsv.cvut.cz/pdf/COV_cv_3.pdf
- [21]*ENVI-PUR: Čistírny odpadních vod a úprava vody* [online]. [cit. 2016-03-31]. Dostupné z: <http://www.envi-pur.cz/cz/>
- [22]*Asio: čištění a úprava vod* [online]. [cit. 2016-03-31]. Dostupné z: <http://www.asio.cz>
- [23]*Aquimpex* [online]. [cit. 2016-03-31]. Dostupné z: <http://www.aquaimpex.cz>
- [24]*Fortex AGS* [online]. 2016 [cit. 2016-03-31]. Dostupné z: <http://www.fortex.cz/#>

Seznam obrázků

Obrázek č. 1 Decentralizovaný systém.....	22
Obrázek č. 2 Centralizovaný systém ČOV.....	23
Obrázek č. 3 Hrubé česle.....	25
Obrázek č. 4 Jemné česle.....	25
Obrázek č. 5 Komerový lapák písku.....	26
Obrázek č. 6 Schéma aktivace s regenerací vratného kalu.....	28
Obrázek č. 7 Biologické disky.....	30
Obrázek č. 8 Žumpa betonová.....	32
Obrázek č. 9 Objekty a vybavení čistírny odpadních vod se stabilizační nádrží.....	35
Obrázek č. 10 Popis zemního filtru ZF - EK.....	36
Obrázek 11 Schéma kořenové čistírny odpadních vod.....	37
Obrázek č. 12 Schéma DČOV.....	38
Obrázek č. 13 ČOV TOPAS v průtočné fázi.....	39
Obrázek č. 14 Schéma Balené ČOV.....	41
Obrázek č. 15 Technologický návrh ČOV.....	46
Obrázek č. 16 Česlový koš.....	47

Seznam tabulek

Tabulka 1 Přehled nejdůležitějších zákonů této problematiky	11
Tabulka 2 Emisní standardy ukazatelů přípustného znečištění odpadních vod.....	14
Tabulka 3 Charakteristika znečišťujících látek v odpadních vodách.....	17
Tabulka 4 Množství odpadních vod	44
Tabulka 5 Limity dle platného vodoprávního rozhodnutí	44
Tabulka 6 Požadované hodnoty ukazatelů.....	45
Tabulka 7 Popis činností pracovníka ČOV	50
Tabulka 8 Harmonogram prací.....	51
Tabulka 9 Hodnoty pro DN.....	53
Tabulka 10 Graf - hydraulické zatížení DN v závislosti na srovnávacím objemu kalu	54
Tabulka 11 Výpočet spotřeby energie stávající technologie	59
Tabulka 12 Výpočet spotřeby energie navrhované technologie.....	59
Tabulka 13 Naměřené hodnoty Květen 2015	61
Tabulka 14 Naměřené hodnoty Srpen 2015.....	61
Tabulka 15 Naměřené hodnoty Listopad 2015	62
Tabulka 16 Přípustné hodnoty znečištění	62
Tabulka 17 Průměrné hodnoty průtoku ČOV za rok 2015.....	63
Tabulka 18 Investiční náklady	64
Tabulka 19 Návratnost investice.....	66
Tabulka 20 Diskontní doba návratnosti investic	67

Přehled zkratk

BSK ₅	biochemická spotřeba kyslíku (5 dní inkubace)
ČOV	čistírna odpadních vod
ČSN	česká technická norma
ČSN-EN	převzatá (harmonizovaná) evropská norma
DČOV	domovní čistírna odpadních vod
EO	ekvivalentní obyvatel
mg/l	miligram na litr
N	dusík
NL	nerozpuštěné látky
P	fosfor
CHSK	chemická spotřeba kyslíku
CHSK _{cr}	chemická spotřeba kyslíku v dichromanu draselném
CHSK _{mn}	chemická spotřeba kyslíku v manganistanu draselném
C _{org}	organický uhlík
RL	rozpuštěné látky
VL	veškeré látky
Cl	chlór
S	síra
Fe	železo
Mn	mangan

Ca

vápník

Mg

hořčík